János Kornai

Mathematische Methoden bei der Planung der ökonomischen Struktur

J. Kornai

MATHEMATISCHE METHODEN BEI DER PLANUNG DER ÖKONOMISCHEN STRUKTUR

In diesem Buch werden die mathematischen Methoden der volkswirtschaftlichen und zweiglichen Planung – in erster Linie der Fünf- und Zehnjahrpläne, der langfristigen Planung – behandelt. Als Grundlage dienten die praktischen Erfahrungen der bereits durchgeführten und der gegenwärtigen Forschungen. Der Verfasser war bestrebt, Methoden auszuarbeiten, die auch bei den derzeitigen Planungs-, statistischen und rechentechnischen Gegebenheiten in Ungarn angewendet werden können. Die Probleme der mathematischen Planung werden aus ökonomischer Sicht besprochen, wobei die volkswirtschaftliche Interpretation der mathematischen Modelle und Verfahren in den Vordergrund rückt. Diese Annäherung an das Problem ermöglicht, daß die Grundideen und die Anwendungsmethoden der mathematischen Planung auch jenen Planern und Wirtschaftsleitern verständlich werden, die über keine spezielle mathematische Vorbildung verfügen.

Es werden die Anwendung der linearen und nichtlinearen Programmierungsmodelle bei der Erarbei-

JÁNOS KORNAI

Mathematische Methoden bei der Planung der ökonomischen Struktur

JÁNOS KORNAI

Mathematische Methoden bei der Planung der ökonomischen Struktur

Unter Mitarbeit von
TAMÁS LIPTÁK
und
PÉTER WELLISCH

Mit 62 Abbildungen und 55 Tabellen

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST 1967

Titel der Originalausgabe

Kornai János

A gazdasági szerkezet matematikai tervezése
Lipták Tamás és Wellisch Péter közreműködésével
Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó
Budapest 1965

Lektoren: Dr. rer. oec. habil. Erich Langner
Dr. rer. nat. Georg Wintgen

Übersetzung von Miklós Kenedi

Gemeinschaftsausgabe mit dem Verlag Die Wirtschaft, Berlin
Der Vertrieb dieses Exemplares ist nur in Ungarn gestattet

© Akadémiai Kiadó, Budapest 1967
Printed in Hungary

Vorwort zur deutschen Ausgabe

Die Wissenschaft wird immer mehr zur unmittelbaren Produktivkraft. Sie bestimmt und durchdringt alle Seiten des Reproduktionsprozesses. Die daraus resultierende schnellere technische und ökonomische Entwicklung muß in der Prognose, in den prognostischen Materialien der strukturbestimmenden Erzeugnisse und der Programmplanung erfaßt werden, um eine hohe Effektivität im Perspektivplanansatz zu gewährleisten. Mit mathematischen Methoden und kybernetischen Modellen wird es unter Ausnutzung der elektronischen Datenverarbeitung immer mehr möglich, die Entwicklungsrichtung der Wirtschaft zu berechnen und sie somit vorausschauend zu bestimmen. Für die praktische Anwendung der Modelle und Methoden in der volkswirtschaftlichen und zweiglichen Planung fehlen bisher ausreichende Kenntnisse und Erfahrungen, und die bisher erschienene Literatur informiert noch zu wenig über die in vielen Ländern angestellten Überlegungen und Versuche auf diesem Gebiet.

Daher ist die Bekanntgabe der Erfahrungen eines großen Kollektivs von ungarischen Wissenschaftlern und Planungspraktikern aus allen Zweigen der Volkswirtschaft besonders wertvoll.

In dem vorliegenden Werk wird eine Methode zur mathematischen Optimierung der Perspektivpläne der Volkswirtschaft und der Zweige dargestellt. Die zur Erprobung der Methoden aufgestellten Pläne für einige Zweige erwiesen sich als besser als die mit konventionellen Methoden aufgestellten, und ihre Ziele wurden von den entsprechenden Ministerien als Empfehlungen für die Perspektivplanung herausgegeben.

Es ist deshalb außerordentlich zu begrüßen, daß das Buch des Leiters dieses Kollektivs, des Wirtschaftswissenschaftlers Dr. János Kornai, nun auch in deutscher Sprache vorliegt. Es faßt die theoretischen Untersuchungen und praktischen Erfahrungen des Autors und der Mitverfasser, der Mathematiker Tamás Lipták und Péter Wellisch, mit der Anwendung mathematischer Methoden bei der Planung der ungarischen Volkswirtschaft zusammen.

Obwohl in dem Werk von den ungarischen Wirtschaftsverhältnissen ausgegangen wird, lassen sich die gewonnenen Erkenntnisse in jedem anderen sozialistischen Land anwenden, da immer das Wesentliche und damit das Verallgemeinerungsfähige herausgearbeitet wird.

Das Buch ist seinem Wesen nach ein Ökonomiebuch, in dem ökonomische Probleme behandelt und mit Hilfe von mathematischen Methoden gelöst werden.

Hervorzuheben ist, daß der Autor gegenüber den konventionellen Planungsmethoden nicht überheblich ist. Diese Methoden werden im Gegenteil mit großer Sorgfalt untersucht und vom Standpunkt der gesamtvolkswirtschaftlichen Optimierung bewertet. Dadurch wird dem Wirtschaftspraktiker der Zugang zum gewiß nicht leichten Inhalt des Buches vereinfacht und andererseits der Mathematiker leicht und verständlich in die Probleme der Planung eingeführt. Hervorzuheben ist auch, daß der Verfasser die wirtschaftspolitische Zielstellung nicht a priori unterstellt, sondern sie einer kritischen Analyse unterzieht. Besonderer Wert wird auf die Begründung der Wahl der Zielfunktion und die Bestimmung ihrer Koeffizienten gelegt, wobei alle bekannten Ansätze der marxistischen und nichtmarxistischen Ökonomen diskutiert, neu durchdacht und ausgewertet werden.

Die notwendige Berücksichtigung des stochastischen Elementes in der Planung kommt in den Empfindlichkeitsuntersuchungen und in der in diesem Buche zum ersten Male dargestellten Sicherheitsoptimierung sowie in den Regressions- und Korrelationsuntersuchungen zur Koeffizientenbestimmung zum Ausdruck. Auch die ausführliche Darstellung der mit den Namen Kornai und Lipták verbundenen »Zweiebenenplanung«, die nach der Auffassung von Kornai nicht nur eine mathematische Methode, sondern auch eine Organisationsmethode der Planung ist, muß hervorgehoben werden. Schließlich enthält das Buch einige wichtige neue Ansätze, Erfahrungen und Lösungsmethoden in der Anwendung der nichtlinearen Optimierung.

Insgesamt ist das Werk ein Beitrag zur Entwicklung der sozialistischen ökonomischen Theorie; viele seiner Ergebnisse sind praxeologischer Natur, das heißt für jede nach rationellen Gesichtspunkten geleitete Wirtschaftseinheit gültig.

Voraussetzung für das volle Verständnis des Buches ist die Kenntnis der Grundlagen der Planung (Perspektiv- und Jahresplanung), der Grundbegriffe der linearen Optimierung, wie sie unter anderem das bekannte Lehrbuch von Krekó vermittelt, der Grundbegriffe der mathematischen Statistik und der Elemente der Differential- und Integralrechnung.

Berlin, November 1966 Erich Langner/Georg Wintgen

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 15
Bezeichnungen und Abkürzungen 23

I. TEIL: TRADITIONELLE PLANUNGSMETHODEN UND INPUT-OUTPUT-TABELLEN 27

1. Das traditionelle Planbilanzsystem 29
1.1. Die wichtigsten Bilanzgruppen 29
1.2. Zur Konsistenz des Indexsystems 34
1.3. Der Plan als Gleichungssystem 36
1.4. Die Plankoordinierung 40

2. Die traditionellen Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen 45
2.1. Die zentrale Genehmigung der Hauptinvestitionen 45
2.2. Die Kennziffer g_n 46

3. Die Input-Output-Tabellen 50
3.1. Die wichtigsten Definitionen 50
3.2. Die Berechnung der vollen externen Aufwendungen 52
3.3. Die Kriterien der Sektorenzerlegung 54
3.4. Die nach Adressaten zerlegte »Schachbrettbilanz« 55
3.5. Die nach Zweigen gegliederte Bilanz 58
3.6. Die nach Produkten gegliederte Bilanz 60
3.7. Die Kontrolle der Plankonsistenz 61
3.8. Sonstige Input-Output-Tabellen 61

4. Anhaltspunkte für die mathematische Planung 64

II. TEIL: ZWEIGLICHE OPTIMIERUNGSMODELLE 67

5. Auswahl der Produktionsvarianten — Modell der Baumwollindustrie 69
5.1. Die Entscheidungsprobleme 69
5.2. Die Optimierungssphäre 70
5.3. Die Aktivitäten und die Variablen des Modells 73
5.4. Die äußeren Einschränkungen 75
5.5. Die inneren Einschränkungen 78
5.6. Die Zielfunktion 81
5.7. Mathematische Zusammenfassung des Optimierungsproblems 83
5.8. Ergebnisse der Optimierung der Baumwollindustrie 84

6. Die Proportionen der Produktion, des Exports und des Imports Das Modell der Chemiefaserindustrie 90

6.1. Die Entscheidungsprobleme 90
6.2. Die Optimierungssphäre 92
6.3. Die Aktivitäten 93
6.4. Die Einschränkungen 94
6.5. Die Zielfunktion 97
6.6. Ergebnisse der Optimierung der Chemiefaserindustrie 98

7. Die Abhängigkeit der Kosten vom Umfang der Aktivitäten 99

7.1. Problemstellung und Überblick 99
7.2. Vereinfachende Voraussetzungen 100
7.3. Klassifizierung der Kostenfunktionen unter mathematisch-rechentechnischem Gesichtspunkt 102
7.4. Die für die verschiedenen Arten der Aktivitäten kennzeichnenden Kostenfunktionen 109
7.5. Berücksichtigung der Vorteile der Massenproduktion beim Modell der Chemiefaserindustrie 113
7.6. Bestimmung der Parameter der Funktion 119

8. Erster Vergleich mit den traditionellen Methoden 122

8.1. Größere Auswahlmöglichkeit 122
8.2. Die Auswahl auf Grund einfacher Rangordnung 126
8.3. Die Bilanzmethode und die Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit 128
8.4. Die Beziehung des zweiglichen Optimierungsmodells zum traditionellen Planbilanzsystem 130
8.5. Die rechentechnischen Grenzen 131

III. TEIL: DIE BEHANDLUNG VON UNSICHEREN DATEN 135

9. Die Schwierigkeiten bei der Ermittlung von technischen und Kostenangaben 137

9.1. Die Struktur der Daten 137
9.2. Unbeabsichtigte und tendenziöse Schätzungsfehler 139
9.3. Die Verbesserung der Objektivität der Schätzungen 146

10. Empfindlichkeitsuntersuchungen — Parametrische Optimierung 149

10.1. Berechnungsserien 149
10.2. Die parametrische Optimierung 150
10.3. Einige Beispiele aus der Praxis 153
10.4. Die »Umgebung« des Optimums 156
10.5. Die Bedeutung der Empfindlichkeitsuntersuchungen 157

11. »Pessimistische« und »optimistische« Rangordnungen 158
11.1. Das Problem der Entscheidung mit einer unsicheren Konsequenz 158
11.2. Die »von-bis«-Form der Schätzungen 159
11.3. Die Rangordnungen in der Chemiefaserindustrie 161
11.4. Die erste Auswahl 163
11.5. Die Sicherheitsrangordnung der Varianten 164
11.6. Die Mängel des Verfahrens 167

12. Sicherheitsoptimierung (Mitverfasser: *Tamás Lipták*) 169
12.1. Übersicht 169
12.2. Die Berechtigung der Anwendung von Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung 169
12.3. Unsicherheit und Wahrscheinlichkeit 173
12.4. Modell der Sicherheitsoptimierung 176
12.5. Die ökonomische Interpretation der Sicherheitsoptimierung 179

13. Sicherheit und Risiko 182
13.1. Graphische Darstellung der Sicherheitsstrategie 182
13.2. Die typischen Ansichten der Wirtschaftsleiter 183
13.3. Die Berechtigung der Risikoscheu 187

14. Stochastische Berechnungen in der Praxis 191
14.1. Ergänzende Voraussetzungen 191
14.2. Einengung des Problems 192
14.3. Die wichtigsten Berechnungen 193
14.4. Die Auswirkungen der Konzentration der Aktivitäten 197
14.5. Eine methodologische Bemerkung 199

15. Zweiter Vergleich mit den traditionellen Methoden 201

IV. TEIL: DIE KALKULATORISCHEN BEWERTUNGEN 205

16. Allgemeine Verrechnungsprinzipien des kalkulatorischen Preissystems 207
16.1. Die Rolle der Verrechnungsprinzipien 207
16.2. Die allgemeine Formel des kalkulatorischen Preises 207
16.3. Der Anwendungsbereich der Außenhandelspreise 210
16.4. Die Aufwandsdynamik 213
16.5. Der weitere Verlauf der Abhandlung 216

17. Die Bestimmung des vollen Produktionsfondsbedarfs und des vollen Lohninhalts 217
17.1. Übersicht 217
17.2. Die Anwendung der volkswirtschaftlichen Input-Output-Tabelle 218

17.3. Vereinfachende Voraussetzungen im Zusammenhang mit den I-O-Tabellen 221
17.4. Die partielle »Rückwärtsrechnung« 225
17.5. Die traditionelle »Realkostenberechnung« 226
17.6. Die offizielle Methodologie der Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen 229

18. Versuche zur Bestimmung des kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und des kalkulatorischen Lohnfaktors 231

18.1. Die Ziele der Analyse 231
18.2. Die aggregierte volkswirtschaftliche Produktionsfunktion 233
18.3. Die Definition und Existenz des kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und des kalkulatorischen Lohnes 237
18.4. Das Verhältnis des Produktionsfondsabgabefaktors zum Lohn 243
18.5. Erster Versuch: Beobachtung des »Kapitalmarktes« 244
18.6. Zweiter Versuch: Folgerung aus Planvarianten 249
18.7. Dritter Versuch: Folgerung aus der Verteilung des Nationaleinkommens 250
18.8. Vierter Versuch: Folgerung aus der volkswirtschaftlichen Wachstumsrate — Beschreibung des Modells 253
18.9. Vierter Versuch: Folgerung aus der volkswirtschaftlichen Wachstumsrate — Sätze 257
18.10. Fünfter Versuch: Statistische Untersuchung 260
18.11. Sechster Versuch: Bestimmung der kalkulatorischen Bewertungen mit mathematischer Optimierung 263
18.12. Verrechnungsprinzipien 263
18.13. Allgemeine Folgerungen 266
18.14. Empfindlichkeitsuntersuchungen 267

19. Importmaterialkosten—Außenhandelspreise 272

19.1. Übersicht 272
19.2. Was soll als Außenhandelspreis betrachtet werden? 273
19.3. Charakteristische Tendenzen der Preisentwicklung 274
19.4. Die Preisentwicklung bei neuen Erzeugnissen 276
19.5. Anhaltspunkte für die Schätzung 283
19.6. Indirekte Importmaterialkosten 291

20. Der kalkulatorische Devisenkurs 292

20.1. Die Notwendigkeit eines einheitlichen Devisenkurses 292
20.2. Der ökonomische Inhalt des Devisenkurses 295
20.3. Bestimmung des Devisenkurses mit Hilfe der I-O-Tabelle 296
20.4. Die Devisenkursempfindlichkeit des Programms 298

21. Dritter Vergleich mit den traditionellen Methoden 300

21.1. Abweichung von den aktuellen Preisen 300
21.2. Das zweckmäßige Verhältnis der kalkulatorischen zu den aktuellen Preisen 304

V. TEIL: DIE VERBINDUNG DER VOLKSWIRTSCHAFTLICHEN MIT DER ZWEIGLICHEN OPTIMIERUNG 307

22. Die zentrale Richtwertzahl als Parameter 309

22.1. Praktische Beispiele aus den zweiglichen Untersuchungen 309
22.2. Ökonomische »Experimente« 315
22.3. Übersicht über die Empfindlichkeitsuntersuchungen bei den zweiglichen Optimierungen 317

23. Die Verbesserung des Volkswirtschaftsplanes 322

23.1. Konsistenzuntersuchungen 322
23.2. Die Umverteilung der Ressourcen zwischen zwei Sektoren 323

24. Das volkswirtschaftliche Modell der »Zweiebenenplanung« (Mitverfasser: *Tamás Lipták*) 329

24.1. Übersicht 329
24.2. Imitation des üblichen Ablaufs der Planung 331
24.3. Das zentrale Modell 332
24.4. Das primale Sektorenmodell 334
24.5. Das duale Sektorenmodell 338
24.6. Der Ablauf der Optimierung 340
24.7. Eingehende Beschreibung des Algorithmus 342
24.8. Spieltheoretische Interpretation der Aufgabe 349
24.9. Die Behandlung der Investitionen im Modell 351

25. Die Zukunft der Planung auf mehreren Ebenen 354

25.1. Aspekte des Modells der Zweiebenenplanung 354
25.2. Die rechentechnischen Eigenschaften des Algorithmus 354
25.3. Die erste Versuchsberechnung 356
25.4. Das »pyramidenartige« Netz der Optimierungsmodelle 358
25.5. Die Planung auf mehreren Ebenen als Simulation der wirtschaftlichen Planung 363

26. Die Schattenpreise 366

26.1. Die Angleichung der Schattenpreise 366
26.2. Die Relativität der Optimalität der Schattenpreise 367
26.3. Die Anwendung der Schattenpreise außerhalb des Modells 368
26.4. Der Produktionsfondsabgabefaktor und der Zinsfuß 370

27. Das Optimalkriterium 372

27.1. Die Ausrichtung des Optimalkriteriums auf die wirtschaftspolitischen Ziele 372
27.2. »Gewichtung« und »absolute Aufgabe« 376
27.3. Der Ablauf der Planung und das Modell 381

27.4. Die »Anspannung« der wirtschaftspolitischen Aufgaben 382
27.5. Die Kontrolle der Realisierbarkeit der Aufgabe 385
27.6. Effiziente Programme 386
27.7. Gibt es für die Wirtschaftsleitung ein »Präferenzsystem«? 389
27.8. Wirtschaftspolitisch annehmbare Programme 392
27.9. Die Zielfunktion als Stimulus eines Mehrergebnisses 397
27.10. Lohnt sich die Optimierung? 400

ANHÄNGE

Anhang A: Näherungslösung der konkaven Minimierungsaufgabe 403

A. 1. Übersicht 403
A. 2. Die Methode des »zufälligen Weges« 404
A. 3. Die »Krümmung« der Zielfunktion 405

Anhang B: Aus den Unterlagen für die Optimierung der Chemiefaserindustrie 407

B. 1. Beispiel zur Vorhersage der Entwicklung der Weltmarktpreise 407
B. 2. Korrelationsschätzungen 411
B. 3. Der Erwartungswert und die Streuung der stochastischen Kostenfunktion 412

Anhang C: Die Wirkung der Konzentration bzw. der Zersplitterung der Aktivitäten (Von *Tamás Lipták*) 415

Anhang D: Formeln, die auf dem Zinseszins beruhen 418

D. 1. Die Formel für die Produktionsfondsabgabe 418
D. 2. Die Verzinsung der Investitionskosten 418
D. 3. Die diskontierte Kostensumme 420
D. 4. Der in den Zinseszinsformeln angewandte Zinsfuß 421

Anhang E: Beweis der Sätze, die mit dem Produktionsfondsabgabefaktor zusammenhängen (Von *Péter Wellisch*) 423

Anhang F: Statistische Untersuchung der makroökonomischen Wachstumsprozesse (Mitverfasser: *Péter Wellisch*) 427

F. 1. Zweck der Untersuchung 427
F. 2. Das Wachstum des Nationaleinkommens, des Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl 428
F. 3. Wichtige Produktionsverhältniszahlen 431
F. 4. Die Zeitreihen für die Verwendung des Nationaleinkommens 434
F. 5. Regressionsanalyse 436
F. 6. Zur Schätzung der Parameter der Produktionsfunktion 442

Anhang G: Überblick über die Diskussion der Produktionsfondsabgabe 445
G. 1. Das Ziel des Überblicks 445
G. 2. Ansichten, bei denen der Produktionsfondsabgabefaktor von der Produktion des Nationaleinkommens abgeleitet wird 446
G. 3. Ansichten, bei denen der Produktionsfondsabgabefaktor von der Verteilung des Nationaleinkommens abgeleitet wird 448
G. 4. Verteilung und Optimalität 450
G. 5. Sonstige Fragen der Diskussion 452

Anhang H: Das allgemeine mathematische Modell der »Zweiebenenplanung«: die Optimierung auf zwei Ebenen: (Von *Tamás Lipták*) 454
H. 1. Einleitung 454
H. 2. Die volle zentrale Informationsaufgabe 455
H. 3. Die Sektorenzerlegung 455
H. 4. Bewertbare zentrale Programme 457
H. 5. Erzeugendenmengen 458
H. 6. Die Zweiebenenaufgabe 460
H. 7. Das zugehörige polyedrische Spiel 461
H. 8. Die Regularität 464
H. 9. Das fiktive Abspielen 466
H. 10. Der Abschluß der Iteration; δ-optimale Lösung 468
H. 11. Die Angleichung der Schattenpreise 468
H. 12. Eine allgemeine Zerlegungs- und Einbettungs-Technik 469

Literaturverzeichnis 473
Tabellen 483
Namenverzeichnis 485
Sachverzeichnis 489

Vorwort

In der Planung der sozialistischen Wirtschaft nimmt die Perspektivplanung den wichtigsten Platz ein. Die Fünfjahrpläne – und die eine noch längere Periode umfassenden Pläne von fünfzehn bis zwanzig Jahren – setzen die grundlegenden Proportionen der Wirtschaft fest; sie betreffen die führenden und sich am schnellsten entwickelnden Wirtschaftszweige; sie bestimmen die Richtung des technischen Fortschritts und sie legen fest, für welche Zwecke die für Investitionen bestimmten Anteile des Nationaleinkommens verwendet werden sollen. Zwar können tausende kurzfristige »kleine« Entscheidungen günstiger oder weniger vorteilhaft sein, die Auswahl der Entscheidungen ist hier aber von vornherein begrenzt. Die Entscheidung muß notwendigerweise innerhalb der Plangrenzen, die mittels der langfristigen Pläne festgelegt wurden, getroffen werden; die Wahl muß sich auf die verschiedenen Nutzanwendungsmöglichkeiten der Grundfonds beschränken, durch die die in den Perspektivplänen festgelegten Investitionen zu schaffen sind.

Seit Jahren beschäftigen sich viele Wirtschaftswissenschaftler und Praktiker mit der Erforschung neuer Methoden der Perspektivplanung in den sozialistischen Ländern, unter anderem auch in Ungarn. So entstand beispielsweise zur besseren Begründung der Perspektivpläne die in der Praxis angewandte, offiziell vorgeschriebene Methodik der Wirtschaftlichkeitsberechnung der Investitionen. Aber die zur Zeit zur Verfügung stehenden Methoden sind noch unzulänglich; an Hand zahlreicher offizieller Dokumente wurde die Aufmerksamkeit auf die Wichtigkeit der Weiterentwicklung dieser Methoden in Ungarn und gleicherweise in den anderen sozialistischen Ländern gelenkt.

Das vorliegende Buch, in dem die Ergebnisse einer fast sechs Jahre lang dauernden Forschungsarbeit zusammengefaßt sind, soll zur Verbesserung der Perspektivplanung beitragen. Es behandelt die Weiterentwicklung der Perspektivplanungsmethoden mit Hilfe moderner Mittel der Mathematik und Rechentechnik.

1958 begannen wir im Auftrage des ungarischen Ministeriums für Leichtindustrie mit unseren Untersuchungen, deren Ergebnis die Ausarbeitung des Fünfjahr-Investitionsplanes der Baumwollwebereien mit Hilfe der linearen Optimierung war. Das war in Ungarn der erste bahnbrechende Versuch, den perspektivischen Investitionsplan eines ganzen Industriezweiges mit Hilfe von mathematischen Methoden und elektronischen Rechenmaschinen aufzustellen.

Seitdem wurden weitere Untersuchungen, die sich auf zwei ganze Industriezweige erstrecken, beendet; im Auftrage des ungarischen Ministeriums für Schwerindustrie haben wir mit Hilfe der nichtlinearen Optimierung den Fünfzehnjahrplan

für die ungarische Kunstfaserproduktionsentwicklung und mit linearer Optimierung den Zehnjahrplan der Bauxit-Aluminiumindustrie ausgearbeitet.

Auf Grund der ersten positiven Erfahrungen, die bei den Optimierungen von Industriezweigen erworben wurden, konnten unsere Forschungen erweitert werden. Im Auftrage des ungarischen Landesplanungsamtes stellten wir ein mathematisches Modell für die Zwecke der langfristigen volkswirtschaftlichen Planung auf. Diese Arbeit ist noch nicht vollendet; die ersten experimentellen Rechnungen werden gegenwärtig durchgeführt.

Im vorliegenden Buch sind die Erfahrungen dieser Forschungen dargestellt.[1] Es soll aber nicht eine spezielle Lehre für die Baumwoll- oder Chemieindustrie gegeben, sondern die allgemeine Methodik dieser Untersuchungen behandelt werden. Bei diesen Forschungen wurden schon von Beginn an zwei miteinander verbundene Ziele verfolgt, und zwar das unmittelbare Ziel, eine praktische Hilfe für die staatlichen Institutionen zur Durchführung der Planungsarbeiten zu leisten, und das entfernt liegende Ziel, Methoden auszuarbeiten, die bei analogen Aufgaben regelmäßig angewandt werden können.

Die Wirtschaftswissenschaft umfaßt ein äußerst weites Forschungsgebiet und viele Disziplinen. Wir möchten die Sphäre der ökonomischen Forschungen, in die diese Arbeit eingereiht werden soll, in wenigen Zügen umreißen.

Wie alle Wissenschaften, besitzt auch die ökonomische Wissenschaft die grundlegende Aufgabe, die Erscheinungen der Wirklichkeit darzustellen, zu systematisieren und einzuordnen und davon ausgehend die wesentlichen Zusammenhänge und Gesetze aufzuzeigen. (Unter wissenschaftlichen Gesetzen sind hier die in der Wirklichkeit *notwendigerweise* zur Geltung gelangenden wesentlichen Tendenzen und Zusammenhänge zu verstehen.)

Die Wirtschaftswissenschaft besitzt aber auch eine andere wichtige Aufgabe: Empfehlungen und Hinweise für das ökonomische und rationale Verhalten in der Praxis zu geben. Es sind die Fragen zu beantworten, wie die Produktionskräfte rationell verteilt und angewandt, wie mit den wirtschaftlichen Ressourcen, die in beschränktem Maße zur Verfügung stehen, zweckdienlich gewirtschaftet und wie durch die günstigste Kombination der Ressourcen das höchste wirtschaftliche Resultat erzielt werden kann. Eine sehr wichtige Aufgabe der ökonomischen Wissenschaft ist *die wissenschaftliche Untersuchung des ökonomischen Verhaltens.*[2]

[1] Im Jahre 1962 erschien mein Buch: »A beruházások matematikai programozása« (Mathematische Optimierung von Investitionen) (Siehe [75]). Es faßte die Forschungserfahrungen der Jahre 1958 bis 1961 zusammen. Der vorliegende Band wendet die im o. g. Buch bereits dargestellten Ergebnisse an; es ergänzt und korrigiert sie zum Teil auf Grund der Erfahrungen, die in den letzten drei Jahren gesammelt wurden. Dementsprechend umfaßt der vorliegende Band einen weit ausgedehnteren Problemkreis, und es werden gewisse allgemeine Fragen der Theorie und Methodologie viel tiefgehender behandelt.

Die in eckigen Klammern eingeschlossenen Zahlen deuten auf die laufende Nummer der im Literaturverzeichnis angeführten bibliographischen Angaben hin.

[2] Die »Rationalisierung« der Produktion, die Suche nach den wirtschaftlichsten Kombinationen der Ressourcen entwickelte sich gleichzeitig mit der kapitalistischen Wirtschaft.

Die auf die Prinzipien des ökonomischen Verhaltens bezogenen theoretischen Feststellungen können nicht als wissenschaftliche Gesetze betrachtet werden. (Sie sind keine *notwendigerweise* sich verwirklichenden Tendenzen, deren Durchdringen in der Wirklichkeit beobachtet werden kann.) *Es sind bedingte Empfehlungen* für Leiter oder Institutionen von der Form: »Wenn dies oder jenes ökonomische Ziel verfolgt wird, so ist diese oder jene Entscheidung zu treffen, um das gesteckte Ziel am besten erreichen zu können«.

Bei der wissenschaftlichen Untersuchung des ökonomischen Verhaltens stützen wir uns auf die Analyse der Realität und auf die durch die Wissenschaft erkannten Gesetze, da das wirtschaftliche Leben sich nicht im luftleeren Raum, sondern in einem gesellschaftlich-wirtschaftlichen System abspielt. Die auf ökonomisches Verhalten ausgerichteten Empfehlungen werden nur dann angewandt, wenn sie zu verwirklichen sind, d.h., wenn sie den realen Bedingungen und den notwendigerweise zur Geltung kommenden Tendenzen entsprechen. Die wirklichkeitsanalysierenden und gesetzerschließenden Forschungen der Wirtschaftswissenschaft sind demnach nicht identisch mit den Prinzipien des ökonomischen Verhaltens – wie wichtig auch ihre gegenseitigen Beziehungen sind. Es handelt sich um zwei verschiedene Arten des Herangehens an die Wirtschaftserscheinungen.

Neuerdings wird von Ökonomen der sozialistischen Länder, besonders von *O. Lange*, die Bezeichnung P r a x e o l o g i e[1] gebraucht. Als Praxeologie wird die wissenschaftliche Disziplin bezeichnet, die sich mit den Prinzipien des ökonomischen, rationalen Verhaltens befaßt.[2] In ihrem Untersuchungsbereich liegen derartige Begriffe und Probleme, wie Entscheidung, Grenzen der Auswahl, Ziel

---

Die Organisiertheit der Betriebe erreichte unter den kapitalistischen Produktionsverhältnissen einen sehr hohen Stand.

Die immense Entwicklung der Produktivkräfte erfordert es, daß die Wirtschaftlichkeit, die Rationalität, die Organisiertheit, die Planmäßigkeit auch im Ausmaße der Gesamtheit der Gesellschaft beachtet werden muß. Die bekannten Worte von *Karl Marx:* »... der vergesellschaftete Mensch, die associirten Producenten, diesen ihren Stoffwechsel mit der Natur rationell regeln, unter ihre gemeinschaftliche Kontrolle bringen, statt von ihm als von einer blinden Macht beherrscht zu werden; ihn mit dem geringsten Kraftaufwand und unter den, ihrer menschlichen Natur würdigsten und adäquatesten Bedingungen vollziehn« weisen auf diese Bedeutung der *Rationalität* und *Wirtschaftlichkeit* der Gesamtheit der Gesellschaft hin. (Siehe »Das Kapital« Bd. III, siebenter Abschnitt, Kapitel 49, [121].)

[1] In diesem Buch werden die mit einem speziellen Inhalt angewandten Begriffe an der Stelle ihrer Definition bzw. ihrer ersten Erläuterung durch Sperrdruck hervorgehoben. In der Regel erfolgt die Definition dort, wo der Begriff zum ersten Mal auftaucht; in einzelnen Fällen ist es jedoch zweckmäßiger, eine detaillierte Erläuterung erst bei der späteren Abhandlung zu geben.

Über die mit einem speziellen Inhalt verwandten Begriffe gibt das Register eine Übersicht.

Ein großer Teil dieser Begriffe ist entweder bei der mathematischen Optimierung oder in der Literatur der sozialistischen Planung allgemein gebräuchlich; der kleinere Teil der Begriffe wurde zum Zwecke der hier vorliegenden Darlegungen gebildet.

[2] Der Begriff »Praxeologie« existiert bereits seit längerer Zeit. *O. Lange* hatte sich bei den Erläuterungen zur Praxeologie hauptsächlich auf die Werke des polnischen Philosophen *T. Kotarbiuski* gestützt. Die Werke von *O. Lange* bilden eine wesentliche Grundlage der hier erörterten Gedanken. (Siehe [97], Kapitel 5.)

und Mittel, das Verhältnis zwischen Ergebnis und Aufwand, Wirksamkeit, Optimalität usw.

Der Begriff der Praxeologie wird nicht allgemein anerkannt (auch die Bezeichnung ist anfechtbar). Dieser Begriff ist jedoch geeignet, um eine Untersuchungsrichtung anzudeuten, die eigentlich nicht nur ein Teil der Wirtschaftswissenschaft ist, sondern – in bestimmten Zusammenhängen – das Gebiet der ökonomischen Erscheinungen überschreitet und sich mit dem ökonomischen und rationalen menschlichen Verhalten im allgemeinen befaßt, mit ökonomischen Prinzipien (und mit Methoden der ökonomischen Berechnung), die auch in anderen Sphären – in der Verwaltung, der Kriegsführung usw. – Verwendung finden können.

Selbstverständlich hatten die die menschliche Tätigkeit erforschenden Wissenschaften – die Wirtschaftswissenschaft, die Soziologie, die Kriegswissenschaft – immer einen »praxeologischen« Gesichtspunkt: die Forscher machten in der Regel auch praktische Vorschläge für ökonomisches und rationales Verhalten. Eine neue Erscheinung in diesem Zusammenhang ist die *Quantifizierung*, die exakte mathematische Formulierung der grundlegenden Prinzipien des ökonomischen Verhaltens und die Durchführung ökonomischer Berechnungen mit Hilfe der modernen Rechentechnik.

Im Zeichen dieser Bestrebungen entwickelten sich in den vergangenen Jahrzehnten derartige Disziplinen der wissenschaftlichen Forschung, wie *Entscheidungstheorie*, *»activity analysis«* (Aktivitätsanalyse), *Operationsforschung*, *»management science«* (Leitungswissenschaft). Zum Teil kann auch die *Kybernetik* (insofern sie sich mit den Problemen der Regelung und der Informationsströme der gesellschaftlichen Organisation befaßt) hierzu gezählt werden. In der Regel fassen die Initiatoren und führenden Vertreter dieser Forschungsrichtungen, Wissenschaftszweige und wissenschaftlichen Strömungen ihre eigene Tätigkeit nicht als den Teil eines großen Ganzen (sagen wir der »Praxeologie«) auf. Die Bezeichnungen der Wissenschaftszweige heben selbst das eine oder andere Moment hervor (Entscheidung, Tätigkeit, Operation, Leitung, Regulierung usw.). Heute wird in den erwähnten unterschiedlichen wissenschaftlichen Forschungszweigen und Strömungen noch unter verschiedenen Benennungen an den Kapiteln und Teilergebnissen einer Wissenschaft gearbeitet, für die noch kein zusammenfassendes System fertiggestellt wurde, deren Umrisse sich zwar noch nicht allzu scharf, aber doch schon erkennbar abzeichnen.

Die Gesamtheit all dieser Forschungsrichtungen (also die Praxeologie) tritt nicht *an die Stelle* einer der traditionellen Wissenschaften. Sie ist meiner Meinung nach einerseits eine selbständige Grundwissenschaft, die ihren eigenen klar definierbaren Gegenstand und ihre eigene Untersuchungsmethode besitzt. Andererseits ist sie – ähnlich wie die anderen Grundwissenschaften, z. B. die Mathematik und die Statistik – eine Hilfswissenschaft für andere Wissenschaften und vor allem für die Wirtschaftswissenschaft.

Diese kurzgefaßte Übersicht der neuen wissenschaftlichen Richtungen bietet jetzt schon die Gelegenheit, unsere Forschungsarbeiten einzureihen. Unsere Arbeit ist *von »praxeologischem« Charakter:* denn sie befaßt sich mit ökonomischen

Berechnungen, mit der zweckdienlichen, rationellen Verteilung und Nutzanwendung der Produktivkräfte und den in beschränktem Maße zur Verfügung stehenden ökonomischen Ressourcen.

In der sozialistischen Wirtschaft ist die Analyse der gesellschaftlichen Produktionsverhältnisse von großer Bedeutung. In unserer Arbeit wurde davon Abstand genommen. Sie beschränkt sich auf das Problem, welche Planungsmethoden und welche ökonomischen Berechnungen *bei gegebenen Produktionsverhältnissen* anzuwenden sind, um eine günstige Verteilung und einen rationellen Aufwand der Produktivkräfte zu ermitteln.

Nach der Skizzierung der Grundrichtung unserer Untersuchungen möchten wir ihren Gegenstand näher umreißen und besonders andeuten, womit wir uns in dieser Arbeit *nicht* beschäftigen.

1. Wir befassen uns ausschließlich mit der Perspektivplanung der sozialistischen Planwirtschaft. Wir gehen immer von den *augenblicklichen* Gegebenheiten der *ungarischen* Planwirtschaft aus. (Dabei hoffen wir, daß wir auf Grund dieser Untersuchungen zu einigen nützlichen Ergebnissen gelangt sind, die auch über dieses spezielle Gebiet hinaus anwendbar sind.)

2. In unserem Buche befassen wir uns mit der Planung der S t r u k t u r der Produktion und des Außenhandels: welche Produkte zweckmäßigerweise herzustellen sind, in welcher Menge, mit welcher Technik, mit welchen Aufwendungen, mit welchen Kombinationen von Ressourcen; welche Investitionen erwünscht sind; was, wieviel und wohin es sich lohnt zu exportieren, wieviel und woher importiert werden muß. Die Entscheidungen, die auf die aufgeworfenen Fragen eine Antwort geben, nennen wir S t r u k t u r e n t s c h e i d u n g e n.

Die Perspektivplanung beantwortet nicht nur diese Fragen, sondern sie umfaßt sowohl die *zeitliche* Reihenfolge und Terminierung der ökonomischen Tätigkeit, als auch ihre *territoriale* Bestimmung. Wir untersuchen in unserem Buche – von einzelnen Kapiteln abgesehen – nicht die Planung der Dynamik der ökonomischen Tätigkeit und berühren überhaupt nicht die territoriale Planung.

3. Eine zulässige und oft zum Ziel führende Methode ist die Suche nach »idealen« Planungsmethoden (z. B. das ideale Planbilanzsystem, das ideale Preissystem usw.). In unserer Arbeit streben wir nicht danach. Wir untersuchen ausschließlich, wie man in Ungarn augenblicklich und in den nächsten Jahren unter den gegebenen Bedingungen (die statistischen Möglichkeiten, die rechentechnischen Kapazitäten, die persönlichen Bedingungen usw. einbegriffen) die Methoden der Planung verbessern kann. Unsere Vorschläge enthalten demgemäß im Vergleich zu den »idealen« Methoden zahlreiche Konzessionen im Interesse der Realisierbarkeit. Sehr oft haben wir bewußt auf das theoretisch »elegantere« Herangehen verzichtet. Wenn die Methode in der Praxis nicht anwendungsfähig war, dann wählten wir eine einfachere – aber realistischere – Lösung. An die erarbeiteten Methoden stellen wir nur die Forderung, daß sie zumindest um einen Grad besser sein sollen, als die bisherigen.

Den beschriebenen Methoden kann unserer Meinung nach Vertrauen geschenkt werden, da sie größtenteils von uns mit positiven Ergebnissen erprobt

wurden bzw. ihre Erprobung zur Zeit im Gange ist. Auf Grund der Erfahrungen sind wir der Meinung, daß die Verfahren sehr bald Allgemeingut werden können.

4. Aus dem Charakter unserer Untersuchungen ergibt sich, daß wir die *Beschreibung* der traditionellen Planungsmethoden nicht als Hauptaufgabe betrachtet haben. Es ist trotzdem erforderlich, daß wir die in der Praxis angewandten Planungsmethoden an einigen Stellen des Buches wenigstens kurz skizzieren und sie mit mathematischen Methoden vergleichen. Die Beschreibung erfolgt aber ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

Gleichzeitig möchten wir auch einen kurzen Einblick in den gegenwärtigen Stand des »Einbaus« von mathematischen Methoden in den Planungsprozeß gewähren und die typischen Entwicklungsschwierigkeiten aufzeigen. Zum beschreibenden Teil des Buches gehören auch die Berichte über die ersten Erfahrungen der Anwendung mathematischer Methoden in der ungarischen Volkswirtschaft.

5. Das Buch besitzt keinen theoriehistorischen Charakter. Es wäre zwar eine wichtige und interessante Aufgabe, eine Übersicht, Auswertung und Kritik der theoretischen Literatur der Perspektivplanung zu geben. Aber dies konnte nicht unsere Aufgabe sein. Daher beschränken wir uns darauf – sofern wir Feststellungen anderer Verfasser verwenden –, sie zu zitieren. (Es gibt nur eine einzige Ausnahme: Im Anhang geben wir eine kurze Übersicht und Auswertung der Diskussion über die Produktionsfondsabgabe.)

6. Der Verfasser ist kein Mathematiker, und er war nicht bestrebt, wissenschaftliche Ergebnisse in der Mathematik zu erzielen. Wenn aus den kollektiven Forschungen auch auf mathematischem Gebiet beachtenswerte Ergebnisse erreicht wurden, so ist dies den teilnehmenden Mathematikern zu verdanken sowie der Tatsache, daß die in der Praxis aufgeworfenen Fragen auch die Mathematik wie andere Wissenschaften fördern.

Unsere Arbeit ist kein Lehrbuch der Mathematik. Wir geben keine Darlegung über die angewandten mathematischen Sätze und Rechenverfahren, wir weisen nur auf die betreffende Fachliteratur hin. Aber eine ausführlichere Erörterung einzelner mathematischer Probleme – beispielsweise der mathematische Beweis von Sätzen, die Beschreibung rechentechnischer Verfahren usw. – war dennoch erforderlich. Diese werden im Anhang dargelegt. Das Buch fordert vom Leser keine allzu große mathematische Vorbildung: wenn auch eine gewisse Kenntnis des Umgangs mit Vektoren und Matrizen, mit den elementaren Begriffen der linearen Algebra, der Analysis und der Wahrscheinlichkeitsrechnung notwendig ist. Mit unserer Arbeit möchten wir den Ökonomen und den Planern bei der mathematischen Formulierung der ökonomischen Probleme, bei der Konstruktion mathematischer Modelle behilflich sein. Man könnte auch sagen: bei der Aneignung der »mathematischen Denkweise«, damit sie ihre Resultate von exakt formulierten Definitionen ausgehend abzuleiten lernen.

Unsere Arbeit richtet sich außer an Ökonomen, die Mathematik anwenden, auch an den interessierten Mathematiker, der ähnliche Probleme zu lösen hat,

wenn er die realen, mit Hilfe der Mathematik darstellbaren und analysierbaren Zusammenhänge des Wirtschaftslebens untersuchen will.

7. Zum Schluß noch einige Worte über den Aufbau des Buches. Wir waren bestrebt, vom Einfachen zum Komplizierten vorzugehen. Am Anfang des Buches sind einfachere ökonomische Probleme von geringer mathematischer Schwierigkeit und leicht übersichtliche Modelle dargestellt, und erst allmählich erfolgt dann ein Übergang zur Untersuchung komplexer Fragen.

Das Buch enthält mehrere Anhänge: Auseinandersetzungen von mathematischem und rechentechnischem Charakter, statistische Datenaufstellungen, Literaturzusammenstellungen zu einigen Problemen usw. Im allgemeinen haben wir hier Materialien gruppiert, die dem Charakter nach von den Grundzügen des Buches abweichen, oder deren Abhandlung den einheitlichen Gedankengang des Werkes unterbrochen hätte. Der Leser erhält auch ohne das Studium der Anhänge eine ausreichende Übersicht über das Hauptthema des Buches; die Anhänge sind für den Leser, der sich für spezielle Fragen interessiert, bestimmt.

* * *

An unseren Untersuchungen nahmen wirtschaftswissenschaftliche Theoretiker, Praktiker der Planung, Betriebsökonomen, Ingenieure des untersuchten Industriezweiges, Experten des Außenhandels, ferner Statistiker, Mathematiker und Rechentechniker aktiv teil. Eines der Kennzeichen der Wissenschaft unserer Zeit sind die gemeinsamen Bemühungen von Experten verschiedener Fachgebiete bei gemeinsamen Forschungen. Hierbei wird die geistige Leistung aller nicht einfach addiert, sondern durch den produktiven Gedankenaustausch, der von der verschiedenen Fachkenntnis und Behandlungsweise der Teilnehmer bestimmt wird, vervielfacht.

Es ist schwer abzugrenzen, wie groß der Anteil des Einzelnen an den Ergebnissen der kollektiven Forschung ist. Der Verfasser war bemüht, im Buche seinen persönlichen Beitrag zur gemeinsamen Arbeit kenntlich zu machen. Da er die früher bereits erwähnten drei Untersuchungen geleitet hatte, wurde ihm die theoretische Begründung der Methodik, die allgemeine ökonomische Formulierung der Modelle hauptsächlich übertragen.

An einigen Stellen des Buches spiegeln sich darüber hinaus die Gedanken anderer Mitglieder der Forschungsgruppen wider. Ich habe nach Möglichkeit in solchen Fällen darauf hingewiesen. Ich möchte an dieser Stelle meinen Dank all denen aussprechen, die an den drei Untersuchungen, die die Grundlage dieses Buches bilden, mitwirkten und auch jenen, die mir bei der Arbeit auf andere Weise behilflich waren.

Vor allem muß ich die Mitwirkung meiner Mathematik-Mitarbeiter *Tamás Lipták* (Rechenzentrum der Bauindustrie) und *Péter Wellisch* (Textil-Forschungs-Institut) hervorheben. Ohne ihre schöpferische Mitwirkung hätten die Untersuchungen zu keinem Ergebnis geführt. Sie waren mir bei den mathematischen Formulierungen einzelner Zusammenhänge und bei der Durchführung numeri-

scher Berechnungen behilflich. Sie gaben mir bei der Durchsicht des Manuskripts zahlreiche wertvolle Ratschläge, und sie haben bei der Abfassung einzelner Kapitel *als Mitverfasser* bzw. *als Verfasser* mitgewirkt.

Ich bin *Béla Martos* (Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften) und *Dr. Mária Augustinovics* (Landesplanungsamt), die das Manuskript durchgesehen und zahlreiche nützliche Ratschläge für Verbesserungen gegeben haben, zu großem Dank verpflichtet. In den verschiedenen Phasen der Arbeit, besonders bei den zu einzelnen Teilforschungen angefertigten Berichten, haben *Dr. András Bródy* (Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften), *Dr. György Cukor* (Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften), *Dr. András Nagy* (Institut für Markt- und Konjunkturforschung), *Dr. Tamás Nagy* (Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften) und *Judit Rimler* (Rechenzentrum der Ungarischen Akademie der Wissenschaften) durch ihre Anmerkungen zur früheren und jetzigen Fassung des Buches große Hilfe geleistet.

Mein besonderer Dank gilt *Miklós Kenedi*, dem Übersetzer des Buches, für seine sorgfältige und gewissenhafte Arbeit. Überaus verbunden bin ich *Dr. habil. Erich Langner* und *Dr. Georg Wintgen*, den Lektoren meines Buches, die durch außerordentlich gründliche Arbeit und hervorragende Sachkenntnis das Buch den deutschprechenden Lesern zugänglicher machten und mit gutem Rat sowie vielen wertvollen Vorschlägen die endgültige Formulierung des Textes förderten. Auch dem deutschen Verlag Die Wirtschaft und dem ungarischen Akadémiai Kiadó bin ich dankbar, daß sie die deutschsprachige Publikation meines Werkes ermöglichten.

Zum Schluß spreche ich meinen Dank für die Unterstützung aus, die mir das Rechenzentrum der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, deren Mitarbeiter ich bin, bei der Anfertigung meines Buches angedeihen ließ.

Budapest, im Januar 1965

János Kornai

Bezeichnungen und Abkürzungen

Bezeichnungsprinzipien

1. Das Bezeichnungssystem des vorliegenden Buches verfolgt den Zweck, die Erkennbarkeit des ökonomischen Inhalts der Symbole zu erleichtern. Deshalb erhalten gleiche oder miteinander verwandte ökonomische Begriffe womöglich überall gleiche oder ähnliche Bezeichnungen. Ein und dasselbe Symbol entspricht jedoch trotz aller Sorgfalt nicht immer dem gleichen Begriff (z. B. bezeichnet r_j einmal sämtliche, das andere Mal nur die proportionalen Betriebskosten); die konkreten Definitionen der Bezeichnungen werden an den entsprechenden Stellen des Buches angegeben. Das Verzeichnis der Bezeichnungen weist in diesen Fällen mit der Bemerkung »Begriffsfamilie« (abgekürzt: BF) darauf hin, daß es sich hier um ein gemeinsames mathematisches Symbol für nicht vollkommen gleiche, sondern für miteinander verwandte Begriffe einer ökonomischen Begriffsfamilie handelt.

Zur leichteren Erkennbarkeit des ökonomischen Inhalts des Symbols werden in einzelnen Fällen Abkürzungen als unterscheidende Indizes benutzt (z. B. »nat« für Angaben in Naturaleinheiten, »$« für in Dollar angegebene Daten usw.).

2. Das Bezeichnungssystem verwendet womöglich die konventionellen Bezeichnungen, die in der mathematischen und in der mathematisch-ökonomischen Literatur schon fest eingebürgert sind.

Diese beiden Bestrebungen widersprechen sich zum Teil. Deshalb war es in einzelnen Fällen unvermeidbar, mehrere ökonomisch verschiedene Begriffe mit dem gleichen Symbol zu bezeichnen. Innerhalb ein und desselben Kapitels wurde das jedoch vermieden.

Das Bezeichnungssystem des rein mathematischen Anhangs H weicht etwas von den hier angeführten Bezeichnungen der übrigen Teile des Buches ab.

Allgemeine Bezeichnungen

Vektoren und Matrizen. Kursive lateinische Buchstaben sowie griechische Buchstaben bezeichnen Skalare. Fettgedruckte Kleinbuchstaben bedeuten Vektoren. Vektoren ohne besonderes Zeichen sind immer Spaltenvektoren; Zeilenvektoren entstehen durch die Transposition der entsprechenden Spaltenvektoren, die Transposition wird durch einen rechts oben an das Symbol gesetzten Strich bezeichnet. (So ergibt z. B. die Transposition des Spaltenvektors $\mathbf{c}$ den Zeilenvektor $\mathbf{c}'$.) Ein fettgedruckter Großbuchstabe (z. b. **A**) bezeichnet eine Matrix. Das nachfolgende Verzeichnis der wichtigsten Bezeichnungen gibt nur die allgemeine

Komponente (bzw. das allgemeine Element) der Vektoren (bzw. der Matrizen) an. Sie wird durch einen kursiven Kleinbuchstaben bezeichnet, für den entsprechenden Vektor bzw. die entsprechende Matrix wird in jedem Fall der gleiche (kleine bzw. große) fettgedruckte Buchstabe verwandt.

Zufällige Variablen. Eine zufällige Variable wird durch einen Groteskbuchstaben, der Erwartungswert der gleichen Variablen durch den entsprechenden Druckbuchstaben bezeichnet. Die Bezeichnung der Streuung (Standardabweichung) der Variablen ist σ; zur Unterscheidung setzen wir das Symbol des Erwartungswertes als Index (z. B. Q_j, Q_j, σ_{Q_j}). Im nachfolgenden Verzeichnis der wichtigsten Bezeichnungen werden nur die Symbole der Erwartungswerte der zufälligen Variablen angeführt.

Mengen. Die Mengen werden durch große Schriftbuchstaben bezeichnet (z. B. $\mathcal{F}$), den Anhang H ausgenommen, wo sie in Groteskbuchstaben gesetzt sind.

Untere und obere Grenzen. Soll sich eine Variable zwischen zwei Grenzen bewegen, so wird das Symbol, das die Variable kennzeichnet, zur Bezeichnung der unteren Grenze mit einem unteren Index 0, die obere Grenze mit einem oberen Index 0 bezeichnet (z. B. $Z_0 \leqq Z \leqq Z^0$).

Optimalität. Ein Stern oben rechts an einem Symbol ist das Kennzeichen der Optimalität (z. B. x_j^*).

Leontiefsche inverse Matrix. $\check{\mathbf{G}} = (\mathbf{E} - \mathbf{G})^{-1}$, wobei $\mathbf{G}$ die quadratische technologische Matrix des Leontiefschen Input-Output-Modells ist. Mit dem gleichen Zeichen ($\check{}$) werden die durch Multiplikation mit der Matrix $\check{\mathbf{G}}$ gewonnenen Größen versehen (z. B. $\check{\mathbf{u}}' = \mathbf{u}' \check{\mathbf{G}}$).

Die wichtigsten Symbole

a_{ij}	der Koeffizient der j-ten Veränderlichen in der i-ten Einschränkung
b_i	die Schranke auf der rechten Seite der i-ten Einschränkung
c_j, C_j, C	Kosten (BF)
C_P	die P-Quantile der zufälligen Variablen C
d_i	externer Ausstoß des i-ten Produkts (BF)
D_{Rbl}, $D_{\$}$	Devisenkurs (Rubel/Forint, Dollar/Forint)
$\mathbf{E}$	Einheitsmatrix
f_{ij}	Outputkoeffizient, der auf die Einheit der j-ten Aktivität entfallende Ausstoß des i-ten Produkts (BF)
$\mathcal{F}$	die Menge der zulässigen Programme
g_{ij}	Materialinputkoeffizient, der auf die Einheit der j-ten Aktivität entfallende Aufwand des i-ten Materials (BF)
$\mathcal{E}$	die Menge der effizienten Programme
h_{ij}	Ressourceninputkoeffizient, der auf die Einheit der j-ten Aktivität entfallende Aufwand der i-ten Ressource (BF)
$\mathcal{H}$	die Menge der wirtschaftspolitisch annehmbaren Programme
H_i	die i-te Kapazitätsschranke (BF)
i	der Zinsfuß

k	die technische Ausstattung
K	das Volumen des Produktionsfonds
$\mathscr{K}$	die Menge der in Frage kommenden Programme
L	die Beschäftigtenanzahl
m, M, n, N	Zahl der Variablen, Aktivitäten, Einschränkungen (BF)
p_j, P_j, P	Investitionskosten, Produktionsfondsbedarf (BF)
P	Sicherheitsniveau
q_j, Q_j, Q	Lohnkosten (BF),
r_j, R_j, R	Betriebskosten (BF),
s_j, S_j, S	Preis, Einnahme, Resultat (BF),
t	die Zeit als Variable,
T	die Länge der Zeitperiode (BF),
u_{ij}	der i-te externe Aufwand, der vom j-ten Sektor verbraucht wird (BF)
v_{ij}	der (Brutto)-Ausstoß des i-ten Produktes durch die j-te Aktivität, die Ausstoßaufgabe (BF)
w_i, W	Ressourcenquote, primärer Aufwand (BF),
w	der effektive je Arbeitskraft gezahlte Durchschnittslohn
x_j	der Umfang der j-ten Aktivität, Programmkomponente (BF)
x	dokumentierte Planzahl
y	die Arbeitsproduktivität
y	Hilfsplanzahl
Y	das Nationaleinkommen
Y_K	differentielle Effektivität des Produktionsfonds
Y_L	differentielle Produktivität der Beschäftigtenanzahl
z_{ij}	die Materialquote des i-ten Materials für den j-ten Konsumenten (BF)
z_i	das i-te wirtschaftspolitische Resultat
α	der Akkumulationsanteil
β	die Elastizität des Nationaleinkommens nach dem Produktionsfonds in der Produktionsfunktion
γ	der Produktionsfondsabgabefaktor
δ	die zulässige Abweichung des Zielfunktionswertes vom optimalen Wert
ζ_i	der Schattenpreis der i-ten Materialquote
η	die Elastizität des Nationaleinkommens nach der Beschäftigtenanzahl
ϑ	Sicherheitsniveau (im nicht-stochastischen Modell)
θ_P	Sicherheitsfaktor mit dem Sicherheitsniveau P (im stochastischen Modell)
κ_i	Schattenpreis der oberen Schranken der i-ten Versorgungsaufgabe
λ	die Zuwachsrate der Beschäftigtenanzahl
λ	der Parameter der parametrischen Optimierung
μ	der Qualitätsparameter des technischen Niveaus in der Produktionsfunktion
ν_i	der Schattenpreis der i-ten Versorgungsaufgabe
π_j	der Degressionsexponent der Investitionskosten der j-ten Aktivität

ϱ	die Zuwachsrate des Nationaleinkommens
ϱ_{ij}	der Korrelationskoeffizient zwischen dem i-ten und dem j-ten Preis
σ	Standardabweichung
σ_i	der Schattenpreis der Schranke der i-ten speziellen Sektoreinschränkung
ψ_j	der Degressionsexponent der Lohnkosten der j-ten Aktivität
ϕ_i	Schattenpreis
χ	die Wirksamkeit des Produktionsfonds
ω	der kalkulatorische Lohn; der Schattenpreis der Quote der Beschäftigtenanzahl
Ω	der kalkulatorische Lohnfaktor

Abkürzungen:

DW-Methode = Dantzig–Wolfe-Methode
FA-Methode = fiktives Abspielen
I-O-Tabellen = Input-Output-Tabellen
LPA = Landesplanungsamt
VZI-Aufgabe = volle zentrale Informationsaufgabe
ZAS = Zentralamt für Statistik

I. TEIL

TRADITIONELLE PLANUNGSMETHODEN UND INPUT-OUTPUT-TABELLEN

Die Anwendung mathematischer Methoden bei der Perspektivplanung befindet sich in Ungarn jetzt noch im Stadium des »Betriebsversuches«, wie man das in der technischen Forschung bezeichnet. Die Anwendung ist bereits weit mehr als eine papierne Studie, mehr als ein »Laborversuch«, der unter speziellen und künstlichen Bedingungen durchgeführt wird, da diese Methoden bereits des öfteren erfolgreich in der Praxis erprobt wurden. Zur Massenanwendung, d. h. zur »Großbetriebsanwendung« ist es jedoch noch nicht gekommen. Bei den für den Alltag gebräuchlichen Methoden der Perspektivplanung fehlen bei der Mehrzahl der Gebiete die Mittel der höheren Mathematik. Die prämathematischen Verfahren der Planung werden im weiteren als traditionelle Planungsmethoden bezeichnet.

Obwohl wir im allgemeinen die Methoden nicht bis in alle Einzelheiten analysieren, ist es erforderlich, die traditionellen und mathematischen Methoden von Zeit zu Zeit zu vergleichen und die zwischen ihnen bestehenden Zusammenhänge darzustellen. Um diesen Vergleich zu erleichtern, möchten wir einleitend einige charakteristische Züge der traditionellen Planungsmethoden kurz erläutern.

Die Methoden der Perspektivplanung sind nicht starr und unveränderlich. Die Methodik wird für jeden Plan neu gestaltet und innerhalb einer Periode ist sie in den verschiedenen volkswirtschaftlichen Zweigen und Industriezweigen auch nicht vollkommen gleichartig. Trotzdem besitzt sie einige wichtige Elemente, die, zumindest in ihren Hauptzügen, beständig sind. In den jetzt folgenden Kapiteln möchten wir vor allem diese beschreiben.

Im Kapitel 1 wird das traditionelle Indexsystem der Perspektivpläne und dabei vor allem das sog. Bilanzsystem dargestellt.

Im Kapitel 2 werden die traditionellen Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen beschrieben.

Im Kapitel 3 behandeln wir die Input-Output-Tabellen, die in Ungarn seit einigen Jahren angewandt werden. Die Input-Output-Tabellen können nicht als »traditionelle« Methoden betrachtet werden, da sie mathematische Planungsmethoden sind (wenn es sich auch um die einfachsten und elementarsten Methoden handelt). Da aber unser Buch speziell einer höheren Planungsmethode – der mathematischen Optimierung – gewidmet ist, so werden zweckmäßigerweise die Input-Output-Tabellen als elementare Stufe schon im I. Teil behandelt. Historisch betrachtet wurden sie nämlich – ähnlich wie die in den Kapiteln 1 und 2 dargestellten Methoden – *vor* der Optimierung angewandt. Sie gehören

demnach zu der »Umgebung«, in der die Optimierungsmodelle zum ersten Male auftreten. Ihre Abhandlung im I. Teil ist auch insofern begründet, als in den nachfolgenden Teilen die mathematischen Optimierungsmodelle in vieler Beziehung an die Input-Output-Tabellen anknüpfen.

Zum Abschluß wird im Kapitel 4 die Frage behandelt, wie sich die traditionellen und mathematischen Planungsmethoden zueinander verhalten.

1. Das traditionelle Planbilanzsystem

1.1. Die wichtigsten Bilanzgruppen

Zu Beginn werden einige Seiten des Indexsystems der traditionellen Planung auf volkswirtschaftlicher Ebene dargestellt.

In folgendem wird oft der Begriff Bilanz gebraucht. Eine Bilanz ist die Gegenüberstellung aller Ressourcen und aller Aufwendungen für ein Produkt bzw. eine Produktengruppe oder eine Ressource während einer bestimmten Periode. Eines der zentralen Probleme der sozialistischen Planung besteht darin, das Gleichgewicht aller Bilanzen zu sichern. Vom mathematischen Standpunkt ist jede Bilanz eine einfache Gleichung:

$$\sum_i R_i = \sum_j U_j, \tag{1.1}$$

wobei R_i die i-te Ressource, U_j die j-te Aufwendung ist. Die Bilanz summiert die absoluten Beträge sowohl der Ressourcen als auch der Aufwendungen.

Das Indexsystem kann in sieben Hauptgruppen untergliedert werden:

Erste Gruppe: die synthetischen Bilanzen. Es werden nur die wichtigsten Bilanzen erwähnt.

– Produktion und Verwendung des gesellschaftlichen Gesamtprodukts. Sie beinhaltet, wieviel die einzelnen Volkswirtschaftszweige produzieren, wie die Produktions- und Endverwendung gestaltet sind und welche Anteile der Endverwendung für die Konsumtion der Bevölkerung, für die gesellschaftliche Konsumtion, für den Export, für Investitionen und Rekonstruktionen usw. eingesetzt werden.

– Produktion und Verwendung des Nationaleinkommens. Sie beinhaltet, wie die einzelnen Volkswirtschaftszweige zum Nationaleinkommen beitragen, wie das Nationaleinkommen nach Akkumulation und Konsumtion aufgeteilt wird usw.

– Internationale Zahlungsbilanz. Damit verbunden sind einige synthetische, zusammenfassende Planauflagen des Außenhandels.

– Die Bilanz der staatlichen Geldeinnahmen und Ausgaben, die auf der Grundlage zusammenfassender Planauflagen gebildet werden.

– Die Bilanz der Geldeinnahmen und Ausgaben der Bevölkerung. In diesem Zusammenhang wird vor allem die Übereinstimmung der Kaufkraft der Bevölkerung mit dem Warenfonds untersucht.

Die *zweite Bilanzgruppe* umfaßt die Produktbilanzen (Material, Ausrüstungs- und Konsumgüterbilanzen). Diese Bilanzen werden für die wichtigsten Energieträger, Werkstoffe, Fertigprodukte, Maschinen und Transportdienstleistungen aufgestellt. Zur Zeit wird der neue für 1966 bis 1970 geltende

Fünfjahrplan erarbeitet, in dem insgesamt 650–700 Produktionsbilanzen aufgestellt werden. Die Produkte, Produktengruppen, für die das Landesplanungsamt Bilanzen anfertigt, heißen Bilanzprodukte. (Landesplanungsamt von jetzt ab LPA.) Der Bereich der Bilanzprodukte umfaßt nicht die volle gesellschaftliche Produktion. Das Schema des Produktbilanzsystems ist folgendermaßen gestaltet:

Die Zeilen der Bilanz: Ressourcen und Aufwendungen je eines Produktes. Der Begriff »Produkt« bedeutet manchmal wirklich nur ein einziges spezifisches Produkt: z. B. elektrische Energie. Es kommt aber viel öfter vor, daß unter diesem Begriff eine ganze Produktengruppe, ein aus vielartigen konkreten Erzeugnissen zusammengesetztes Aggregat erfaßt wird. So z. B. die Bilanz der Pumpen, Bilanz der Zemente, wobei offensichtlich verschiedene Pumpentypen, viele Zementarten in einer Bilanz vereinigt sind.

Wo es möglich ist, wird die Bilanz in Naturaleinheiten aufgestellt (z. B. elektrische Energie in kWh, Zement in Tonnen, Industrieholz in Kubikmeter usw.). Wo die Anwendung einer solchen Maßeinheit nicht möglich ist (z. B. im allgemeinen für Maschinen), wird die Bilanz in laufenden Preisen ausgearbeitet. Ein Teil der in Naturaleinheiten dargestellten Bilanzen wird jedoch parallel auch in Forint aufgestellt.[1] Deshalb gibt es in unserer Tabelle 1.1 mehr Zeilen als Produkte.

An der Spitze der Spalten stehen die Adressaten: 1. Adressat, 2. Adressat, . . . , *N*-ter Adressat. In der Sprache der Planer versteht man unter Adressaten die einzelnen Wirtschaftsorgane, zuallererst die eine bestimmte Sphäre des wirtschaftlichen Lebens leitenden Ministerien (z. B. Ministerium für Bauwesen, Ministerium für Leichtindustrie usw.) sowie die ihnen gleichgestellten sonstigen Institutionen (z. B. die Zentrale des Genossenschaftshandels, die Zentrale des genossenschaftlichen Kleingewerbes, die leitenden Organe der geologischen Forschungen usw.). Die Regierung »adressiert« an diese übergeordneten Organe die Plananweisungen. Der Leiter des Organs ist für die Realisierung der Regierungsanweisungen voll verantwortlich. Dieser »adressierende« Charakter der Plananweisungen ist ein Grundprinzip der sozialistischen Planung. Er ergibt sich logisch daraus, daß die Pläne nicht nur die Prognose für die Zukunft, sondern auch die Grundlage für die Regierungsanweisungen sind. Die mit der Produktion und dem produktiven Aufwand zusammenhängenden Planauflagen weisen in dem jetzt in Bearbeitung befindlichen Plan fast 60–70 Adressaten auf. Dies bedeutet natürlich nicht, daß wirklich 60–70 Ministerien oder mit ihnen gleichberechtigte Organe bestehen. Diese große Zahl ergibt sich daraus, daß in den verschiedenen Bilanzen jeweils eine andere Gliederung der Adressaten besteht. Beispielsweise ist in einer Bilanz ein Ministerium (z. B. das Ministerium für Schwerindustrie) der Adressat, in der anderen Bilanz nur eine Abteilung des Ministeriums (z. B. die Chemieindustrie). Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist das Schema der Tabelle 1.1 so dargestellt worden, daß alle 60–70 Adressaten je eine Spalte erhalten.

Betrachten wir in der Bilanz die Ressourcen als Bilanzpositionen mit positivem Vorzeichen, die Aufwendungen als Bilanzpositionen mit negativem Vorzeichen.

[1] Die ungarische Währung heißt Forint (Abk.: Ft). Über die Umrechnung fremder Währungen in Forint siehe Kapitel 20.

TABELLE 1.1

Schema des traditionellen Planbilanzsystems

		1. Produktions-Adressat	. . .	*N*-ter Produktions-Adressat	Außenhandelsministerium			Binnenhandel	Einrichtungen der gesellschaftlichen Konsumtion	Investition und Erhaltung	Bestandsveränderung	Sonstiger Aufwand
					1. Markt	. . .	*R*-ter Markt					
Produktbilanzen	Bilanz für das 1. Produkt											
	. . .											
	Bilanz für das *N*-te Produkt											
Investitionsbilanzen	Investitionsfonds insgesamt											
	. . .											
Arbeitskraftbilanzen	Arbeitskraft insgesamt											
	. . .											
Selbstkosten- und Rentabilitätsauflagen	1. Kostenart											
	. . .											
Außenhandelsauflagen	Exportaufgabe											
	Gemischte Importfonds											

Nehmen wir z. B. die Bilanz der Steinkohle. Diese wird von dem als »Ministerium für Schwerindustrie, Abteilung Bergbau« betitelten Adressaten hergestellt. In der entsprechenden Spalte steht also eine Position mit positivem Vorzeichen. Da das Land Steinkohle einführen muß, steht auch in der Spalte des Außenhandelsministeriums eine positive Zahl. In den meisten Spalten der genannten Zeile stehen Zahlen mit negativen Vorzeichen. In der Spalte der Bestandsveränderung finden wir positive oder negative Zahlen, je nachdem, ob man eine Bestandsminderung oder einen Bestandszuwachs plant.

In den Produktbilanzen erscheinen konkret die Ansprüche möglichst aller Hauptverbraucher und Hauptkonsumenten. Die kleinen Aufwandspositionen werden in der Bilanz nicht einzeln, sondern summiert als Position in der Spalte »Sonstiger Aufwand« berücksichtigt. Z. B. sind in der Plattenbilanz der Maschinenbau, die Bauindustrie und das Verkehrswesen Hauptverbraucher. Daher stehen in den Spalten dieser Adressaten negative Zahlen. In den Spalten der kleineren Verbraucher ist nicht die beanspruchte geringe Menge, sondern nur eine Null angeführt. Beispielsweise verbraucht auch die Leichtindustrie eine geringe Menge Walzstahl – ihr Anspruch erscheint jedoch gemeinsam mit dem geringen Anspruch mehrerer ähnlicher Verbraucher summiert in der residualen Spalte »sonstiger Aufwand«.

Demgemäß umfaßt die Gliederung in Spalten nicht alle Verbraucher – und der in den Zeilen des Produktbilanzsystems erscheinende Bilanzproduktenbereich umfaßt nicht die Gesamtheit der gesellschaftlichen Produktion.

In den Bilanzen der Investitionsgüter gibt es noch eine spezielle Spalte: Aufwand für Investitions- und Erneuerungszwecke. So erscheint z. B. eine Werkzeugmaschine, die in der Maschinenwerkstatt eines zu errichtenden Betriebes der Leichtindustrie montiert wird, nicht in der Spalte des Ministeriums für Leichtindustrie, sondern in der Spalte Investitions-Erhaltung. Die bei bestimmten Adressaten dargestellten Aufwendungen repräsentieren also nur den Produktionsverbrauch. Der dem laufenden Produktionsprozeß dienende Aufwand und der Aufwand für Investitionen kommt in der besonderen Spalte »Investitions-Erhaltung« zum Ausdruck.

In der Tabelle 1.1 werden nicht nur die Produktbilanzen, sondern auch die dritte, vierte, fünfte und sechste Gruppe der Planindexe angeführt.

Die dritte Gruppe: die Verteilung des Investitionsfonds. Die Planer bezeichnen diese in der Regel nicht als Bilanzen. Dem obigen Schema gemäß können wir jedoch auch diese als Bilanzen behandeln, da die zur Verfügung stehenden Ressourcen unter die Verbraucher-Adressaten aufgeteilt werden. Es gibt mehrere Investitionsbilanzen:

– Die Verteilung des Investitionsfonds, der die Gesamtsumme der Investitionen enthält.

– Die besonders angeführten Positionen des Investitionsfonds: der Fonds für Bauleistungen, der Fonds für selbstproduzierte Maschinen, der Fonds für die aus den sozialistischen bzw. kapitalistischen Ländern importierten Maschinen.

– Die Verteilung des Erhaltungsfonds. (Unter E r h a l t u n g wird die Generalreparatur und der Ersatz von Maschinen, Ausrüstungen und Gebäuden verstanden.)

– Bei der Erhaltung werden auch einige Positionen besonders angeführt: z. B. der Maschinenfonds, der zu Erneuerungszwecken dient, Importmaschinenfonds usw.

Die vierte traditionelle Bilanzgruppe bilden die Arbeitskräftebilanzen. In diesen wird eine globale Verteilung der Arbeitskräfte vorgenommen. Diese Verteilung wird jedoch auch tiefer, nach dem Geschlecht, gemäß Qualifikation usw., gegliedert.

Die fünfte Gruppe enthält die Selbstkosten- und Rentabilitätsvoranschläge. Diese werden auch entsprechend den Adressaten festgelegt. Nach den neuesten Vorschriften müssen die Voranschläge in 38 Positionen geplant werden, die in unserem Schema weitere 38 Zeilen beanspruchen. Zur Erläuterung führen wir einige Positionen an:

– Abschreibungen
– Materialkosten
– Lohnkosten
– Lohnsteuer
– Ausgaben für die gesellschaftliche Konsumtion
– Kosten für den technischen Entwicklungsfonds
– Betriebsergebnis
– Umsatzsteuer usw.

Die sechste Bilanzgruppe umfaßt die Außenhandelsplanauflagen, von denen ein Teil ohne besondere Mühe in das Schema 1.1 eingegliedert werden kann:

– Die Export- und Importvoranschläge der Bilanzartikel. Diese werden nicht nur in einer Summe, sondern auch nach Hauptmärkten und Handelsbeziehungen angegeben. Folglich müssen statt eines einzigen Adressaten (des Außenhandelsministeriums) so viele Spalten im Schema angeführt sein, wie Außenhandelsbeziehungen geplant werden.

– Jeder Adressat erhält eine globale Exportauflage. Diese nimmt eine Zeile im Schema ein.

– Jeder Adressat erhält einen »gemischten Fonds« für Import; dadurch wird festgelegt, in welcher Höhe es gestattet ist, insgesamt aus den in der Produktenbilanz nicht verteilten, nicht hervorgehobenen Produkten zu importieren. Dies ergibt eine neue Zeile in unserem Schema.

Der Außenhandelsabschnitt des Planes enthält auch derartige Voranschläge, die zur ersten Gruppe der synthetischen Bilanzen gehören. (Dort wurden sie schon erwähnt.)

Die zweite, dritte, vierte, fünfte und sechste Bilanzgruppe werden zum Unterschied von den zuerst genannten synthetischen Bilanzen im folgenden als spezifizierte Bilanzen bezeichnet. Das Typische der spezifizierten Bilanzen ist, daß gewisse Ausstoßaufgaben (entweder Produkt- oder Reinertragausstoß) bzw. gewisse Aufwendungen (entweder Ressourcen, Produktenaufwand oder summierte Kostenvoranschläge) unter die Adressaten verteilt werden.

Die Tabelle 1.1 bietet einen zusammenfassenden Überblick über die spezifizierten Bilanzen. Nach diesem Schema können die Bilanzen in ein und derselben Tabelle – wir könnten auch sagen: in einer einzigen Matrix – zusammengefaßt

werden. Das Schema wird nur zur besseren Übersicht mitgeteilt (und zur Analogie mit den späteren mathematischen Modellen); in den effektiven Plandokumenten wird in der Regel über jede Bilanz oder Bilanzgruppe eine gesonderte Aufstellung, eine Sondertabelle angefertigt.

Sämtliche synthetischen und spezifizierten Bilanzen werden für das Abschlußjahr des Perspektivplanes bereitgestellt. Darüber hinaus wird ein Teil der Bilanzen – zunächst die Produktbilanzen – auch für die zwischenliegenden Jahre erarbeitet.

Die nächstfolgende *siebente Gruppe* weicht ihrem Charakter nach von den bisherigen wesentlich ab: hier werden nämlich bestimmte Einzelinvestitionsvorhaben dargestellt; z. B. die Errichtung einer neuen Fabrik, die jährlich 30 000 Tonnen Phenol herstellen soll, oder die Rekonstruktion einer bestimmten alten Maschinenfabrik usw. Hier werden nicht nur das Vorhaben festgelegt, sondern auch die wichtigsten technischen und Kostenkennziffern, wie der Zeitpunkt des Beginnes und des Endes der Investition, die Daten der Investitions- und Produktionskosten usw.

Auch dieser Abschnitt des Planes besitzt »Adressaten«: für jedes Investitionsvorhaben ist eine Institution verantwortlich. Zugleich unterscheidet sich dieser Teil des Planes aber wesentlich z. B. von der schon erwähnten Investitionsfonds-Bilanz. Die Investitionsfonds-Bilanz gab an, wie hoch der Anlagefonds 1966 des Ministeriums für Leichtindustrie sein soll, wie hoch der Anlagefonds 1967 insgesamt sein soll usw. Das Ministerium verteilt diese Mittel auf mehrere Arten von Investitionsvorhaben. Der Staatsplan aber hebt einige, die größten und wichtigsten Vorhaben besonders hervor und beauflagt diese auch gesondert.[1]

Über die sieben wichtigsten Gruppen des traditionellen Planindexsystems hinaus gibt es auch noch sonstige Auflagen: z. B. eine Produktionsauflage für Vorrangprodukte, für die keine Bilanz angefertigt wird, oder einige Auflagen der technischen Entwicklung usw.

1.2. Zur Konsistenz des Indexsystems

Das traditionelle Planindexsystem besitzt einige allgemeine Eigenschaften.

Die Initiatoren des Indexsystems haben sich zwei Ziele gesteckt. Sie wollen die Gesamtheit der gesellschaftlichen Produktion, des Umsatzes und der Konsumtion erfassen. Gleichzeitig wollen sie unmittelbar und auch spezifiziert den wichtigsten *Teil* der gesellschaftlichen Produktion, des Umsatzes und der Konsumtion »in die Hand nehmen«: die Verteilung der wichtigsten Produkte und Ressourcen (und zwar in den charakteristischen Sphären des Aufwandes), einige äußerst wichtige Investitionsvorhaben planen und so fort.

Beide Bestrebungen sind zu verstehen. Es wird davon ausgegangen, daß es unmöglich ist, von einer Zentrale aus alle Teilprozesse der Volkswirtschaft zu

[1] Die Planer bezeichnen die Liste der bestätigten Investitionsvorhaben als »Limitverzeichnis«. Die Bezeichnung weist darauf hin, daß es sich um größere Investitionen handelt, die eine bestimmte Wertgrenze überschreiten. Im Kapitel 2 kehren wir noch auf die Einzelgenehmigungen von Investitionen zurück.

überblicken und zu planen. Eben deshalb ist man bestrebt, die Gesamt- und die wichtigsten Teilzusammenhänge zu planen, wobei die unwichtigen bzw. weniger wichtigen Teilzusammenhänge nicht geplant werden.

Dieses doppelte Bestreben ist jedoch mit gewissen Widersprüchen verbunden. Die dargestellte Anhäufung von Plankennziffern bildet kein streng zusammenhängendes System. In den Produktbilanzen erscheinen z. B. in den an das Außenhandelsministerium adressierten Positionen die Haupt-Export- und Importvoranschläge. Doch nicht der *volle* Export und Import – deshalb kann man aus der Produktbilanz nicht unmittelbar Schlußfolgerungen für den Saldo der Außenhandelsbilanz ziehen, da sich auf diese auch der Export und Import der in den Produktbilanzen nicht dargestellten Produkte auswirken. Analog spiegelt die Summe der in den Produktbilanzen an das Innenhandelsministerium adressierten Positionen einen beträchtlichen Teil der Bevölkerungskonsumtion, doch nicht die volle Konsumtion wider. Aus den Angaben kann nicht eindeutig gefolgert werden, ob die Kaufkraft der Bevölkerung und der Warenfonds aufeinander abgestimmt sind, um so weniger, da auch die temporalen Verschiebungen in Betracht gezogen werden müssen; so die Geldvorräte und die Bankeinlagen der Bevölkerung sowie die Warenbestände des Handels.

Zusammenfassend kann gefolgert werden: da die spezifizierten Bilanzen nicht das Ganze der gesellschaftlichen Produktion, des Umsatzes und der Konsumtion umfassen, können demgemäß ihre summierten Positionen mit den analogen Positionen der synthetischen Bilanzen nicht genau übereinstimmen, da es unter ihnen nicht geplante Reste, Residuen gibt. Der nicht eingeplante residuale Teil ist in zahlreichen Zusammenhängen recht beträchtlich.

Bis zu einem bestimmten Grad sind die Beziehungen zwischen den Produktbilanzen und den Investitionsbilanzen ähnlich. In den Investitionsbilanzen sind z. B. die für die einzelnen Adressaten bereitgestellten inländischen Maschinenfonds angeführt. Diese Summe ist aber größer als die Summe der vorgesehenen Positionen für Investitionszwecke in den konkreten Maschinenbilanzen.

Ähnlich ist es auch in der siebenten Gruppe des Planindexsystems für die Beziehungen zwischen den sich auf die Vorranginvestitionsvorhaben beziehenden konkreten Voranschlägen und den Bilanzen. Beispielsweise ist die Summe der Investitionsanforderungen der für das Ministerium der Leichtindustrie bindend vorgeschriebenen Vorranginvestitionsvorhaben kleiner als die Summe sämtlicher für das Ministerium vorgeschriebenen Anlagefonds. Auch hier ist also ein nicht eingeplantes Residuum vorzufinden.

Daraus ergibt sich, daß die verschiedenen Positionen des traditionellen Bilanzsystems nicht genau zueinander passen. In den verschiedenen Abschnitten, den verschiedenen Teilen des Planes werden nicht die gleichen Begriffe und Kategorien verwandt. Die gleichen Prozesse werden durch Kennziffern mit verschiedenem Inhalt dargestellt. So werden z. B. in dem zusammenfassenden Dokument (es wird im Kapitel 2 ausführlicher behandelt), das der Durchführung der Vorranginvestitionsvorhaben vorangeht, die in der neuen Anlage enthaltenen wichtigsten Maschinen in einer anderen Gliederung, einer anderen Zerlegung angeführt als

in den Maschinenbilanzen. Deshalb können diese Angaben bei der Zusammenstellung der Maschinenbilanzen nicht unmittelbar verwendet werden. Ebenso werden im gleichen Dokument die Werkstoffansprüche der neuen Anlage nach dem Beginn der Produktion angegeben. Doch die Gliederung der Werkstoffansprüche kann von den entsprechenden Materialbilanzen abweichen; sie kann stärker oder schwächer aggregiert sein.

Hier handelt es sich nicht darum, ob der Plan ausgeglichen ist oder nicht. Das hängt davon ab, welche Ziffern in die einzelnen Tabellen des Planindexsystems aufgenommen werden. Unsere Feststellungen beziehen sich auf den Umstand, daß die Struktur der traditionellen Planung der Volkswirtschaft kein zufriedenstellend konsistentes System bildet – unabhängig davon, welche Zahlen wir an die einzelnen Stellen des Modells, des Schemas etwa für die Jahre 1962 oder 1968 einsetzen.

1.3. Der Plan als Gleichungssystem

Für die weitere Behandlung werden folgende Bezeichnungen eingeführt:

$x_1, \ldots, x_m$ die bindenden dokumentierten Planzahlen.

Hierzu gehören alle Auflagen des traditionellen Bilanzsystems. Alle Planzahlen, die die Planer zu dokumentieren haben und die auf den vom Landesplanungsamt vorgeschriebenen Tabellen, Formularen, auf Grund genau geregelter methodischer Vorschriften zusammengestellt werden müssen.

Man kann ohne Übertreibung behaupten, daß alle Zahlen, die in den Plandokumenten erscheinen, zur Zeit der Planung noch Unbekannte, noch Veränderliche sind. Selbst solche scheinbar »exogen«, »objektiv« gegebenen Zahlen, wie z. B. die im Landesmaßstab zur Verfügung stehende Anzahl an Arbeitskräften, da sie durch zahlreiche wirtschaftspolitische Mittel (Arbeitslöhne und sonstige Faktoren) gestaltbar und beeinflußbar sind.

$y_1, \ldots, y_n$ die Hilfsplanzahlen.

So nennen wir all die Angaben, die nicht in den offiziell vorgeschriebenen Dokumenten erscheinen, die jedoch für die im Plan dargestellten Zusammenhänge von Bedeutung sind.

Das sind z. B. die verschiedenen residualen Größen, die die Differenz zwischen den aggregierten und den detaillierten hervorgehobenen Planzahlen bilden (beispielsweise der Investitionskostenanspruch der nicht vorrangigen Investitionsvorhaben bei jedem einzelnen Adressaten).

Zu der Kategorie der Veränderlichen des Typs y gehören weiterhin z. B. auch die verschiedenen technologischen Koeffizienten, die bei der Bestimmung der Produktbilanzen in Betracht gezogen werden. Im Augenblick der Planung sind auch diese unbekannt, veränderlich, da sie keine von vornherein festgelegte Größen sind. Sie werden von den Planern auf Grund verschiedener technischer und ökonomischer Erwägungen bestimmt. Doch sind es Hilfsvariablen, da sie nicht zu den zu dokumentierenden Indexen gehören.

Eine spezielle Art von Hilfsplanzahlen sind Daten der in Aussicht genommenen, doch später verworfenen ökonomischen Maßnahmen. Die zahlenmäßigen Angaben der in der Planperiode möglichen und in irgendeiner Phase der Planung vorgeschlagenen, doch zum Schluß abgelehnten Maßnahmen sind nämlich nicht Bestandteil der dokumentierten Planzahlen geworden (z. B. die in abgelehnten Investitionsvorschlägen angeführten Auflagen usw.).

Über einen Teil der Hilfsplanzahlen gibt es irgendeine schriftliche Aufzeichnung im Schreibtisch des einen oder des anderen Planers. (Die Planer nennen sie »Nebenberechnungen«.) Über den anderen Teil der Hilfsplanzahlen gibt es keine schriftlichen Aufzeichnungen, sie existieren – mehr oder minder genau – im Kopf, in den Gedanken des Planers. Die Hilfsplanzahlen brauchen nicht dokumentiert zur werden, in der Regel entscheidet der Planer, ob er die Zahlen aufschreibt oder nicht.

$b_1, \ldots, b_s$, die äußeren Schranken der geplanten Maßnahmen, die als Konstanten angesehen werden. Diese sind zahlenmäßige Kennwerte der äußeren, exogenen Gegebenheiten, deren Größe von außen her gegeben ist, und die nicht von den Planern beeinflußbar sind. Beispielsweise: die Gesamtzahl der arbeitsfähigen Bevölkerung oder das Gesamtgebiet, das für die landwirtschaftliche Nutzung zur Verfügung steht.

Nun *kann der Plan als Gleichungssystem aufgefaßt werden*, in dem es zwei Hauptgleichungstypen gibt.

Den ersten Typ bilden die dokumentierten Plangleichungen. Hierzu können sämtliche synthetischen und spezifizierten Bilanzen gerechnet werden.

In den dokumentierten Plangleichungen sind, wie bereits erwähnt, die Planvariablen, und zwar die dokumentierten und die Hilfsplanzahlen als absolute Zahlen angegeben. Damit die Bilanzen als *simultane* Gleichungssysteme dargestellt werden können – als ein System, in dem in *sämtlichen* Gleichungen *sämtliche* Variablen vorkommen –, ordnen wir den Variablen Koeffizienten zu. Die Koeffizienten α_{ij} bzw. β_{ij} können nur drei verschiedene Werte annehmen. $+1$, wenn die entsprechende Veränderliche wirklich in der Gleichung vorkommt, und zwar als Ressource, -1, wenn die zugehörige Veränderliche wirklich in der Gleichung vorkommt, und zwar als Verbrauch, und 0, wenn die Veränderliche in der Gleichung keine Rolle spielt.

Die dokumentierten Gleichungen können in folgender Form dargestellt werden:

$$\begin{aligned} &\alpha_{11}x_1 + \ldots + \alpha_{1m}x_m + \beta_{11}y_1 + \ldots + \beta_{1n}y_n = 0 \\ &\qquad\qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &\alpha_{r1}x_1 + \ldots + \alpha_{rm}x_m + \beta_{r1}y_1 + \ldots + \beta_{rn}y_n = 0. \end{aligned} \tag{1.2}$$

In den dokumentierten Plangleichungen sind die Veränderlichen des Typs y von residualem Charakter mit Koeffizienten $\beta_{ij} = +1$ oder $\beta_{ij} = -1$ angeführt, die die Differenz zwischen den verschiedenen aggregierten und detaillierten Planzahlen bilden.

Den zweiten Gleichungstyp nennen wir Hilfsplangleichung. Einige Beispiele sollen diese veranschaulichen.

Es soll beispielsweise die dokumentierte Planzahl Nummer 100 die Baumwollstoffproduktion in m^2 im Jahre 1966, die dokumentierte Planzahl Nummer 101 die Baumwollstoffproduktion in Forint im Jahre 1966 ausdrücken. Die beiden dokumentierten Planzahlen sind in je einer dokumentierten Plangleichung, in der in Naturaleinheit geführten Baumwollstoffbilanz und in der in Forint gemessenen Baumwollstoffbilanz, enthalten. Diese zwei Planzahlen werden aber durch eine nicht dokumentierte Hilfsplangleichung

$$x_{101} = y_{50} x_{100} \tag{1.3}$$

verbunden, in der y_{50} eine Hilfsplanzahl ist, die den Preis von 1 m^2 Baumwollstoff bedeutet. Sie ist keine exogen im voraus als Konstante gegebene Zahl, sondern eine Unbekannte, da sie – auch bei festgesetzten Preisen – davon abhängig ist, wie sich der Anteil der verschiedenen Baumwollstoffarten innerhalb der Baumwollstoff-Produktengruppen entwickelt. Die bei den Bilanzen angewandten Durchschnittspreise werden von den Planern geplant, ohne daß sie in der grundlegenden Dokumentation angeführt sind.

Die einfache Preisgleichung des Typs (1.3) ist eine Art der Hilfsplangleichungen.

Ein anderes Beispiel: Die dokumentierten Planzahlen enthalten die Daten für die vorrangigen Investitionsvorhaben. So sei z. B. x_{201} der Kostenvoranschlag eines vorrangigen Investitionsvorhabens des Ministeriums für Leichtindustrie im Jahre 1967, x_{202}, x_{203} und x_{204} seien drei weitere Kostenvoranschläge, x_{300} sei der Gesamtinvestitionsfonds des Ministeriums für Leichtindustrie im Jahre 1967. Dann gilt folgende Hilfsgleichung:

$$x_{201} + x_{202} + x_{203} + x_{204} + y_{300} = x_{300}, \tag{1.4}$$

wobei y_{300} der Kostenvoranschlag der übrigen Investitionen des Ministeriums für Leichtindustrie für das Jahr 1967 ist. Diese Gleichung verbindet also die Position (x_{200}) der Investitionsbilanz für das Jahr 1967 mit den Planzahlen der vorrangigen Investitionsvorhaben.

Ein weiteres Beispiel: Unter den Positionen der Produktbilanz ist die dem Ministerium für Innenhandel übergebene Menge dargestellt. Diese dient der Befriedigung der Nachfrage der Bevölkerung. Zugleich wird in den Selbstkosten- und Rentabilitätsauflagen das Gesamtlohneinkommen eingeplant. Es ist klar, daß zwischen ihnen eine Verbindung besteht. Nehmen wir der Einfachheit halber an, daß – bei festgesetzten Preisen – die Nachfrage Potenzfunktion des Gesamteinkommens der Bevölkerung ist. Es sei z. B. x_{400} die für die Bevölkerung verwertete Schuhmenge für das Jahr 1968, x_{500} das Gesamteinkommen der Bevölkerung im Jahre 1968. Dann gilt

$$x_{400} = a + b x_{500}^{E}, \tag{1.5}$$

wobei E die Einkommenselastizität der Schuhnachfrage bedeutet.

Zum Schluß noch ein Beispiel: Die Produkte können nicht uneingeschränkt im Ausland verwertet werden. Die Nachfrage nach den zum Export angebotenen ungarischen Möbeln ist – bei gegebener Güte und Produktenzusammensetzung – vom Verkaufspreis und von der Marktlage abhängig. Es gibt so eventuell obere Schranken, die durch gewisse Funktionen gekennzeichnet werden können.

Wie aus den Beispielen ersichtlich ist, gibt es bei den einzelnen Planzahlen zahlreiche derartige Zusammenhänge, die in den dokumentierten Plangleichungen nicht zum Ausdruck kommen, die aber bei der Planungstätigkeit in Betracht gezogen werden müssen. Wie aus den vorhergehenden Beispielen ersichtlich ist, wird durch ihre Berücksichtigung der Bereich der Hilfsplanzahlen und der Veränderlichen des Typs y erweitert.

Die mathematische Form der Hilfsplangleichungen kann vielgestaltig sein. Bei den dargestellten einfachen Beispielen traten lineare und Potenzfunktionen auf, doch können viele andere Funktionsarten vorkommen. Da hier nicht auf ihre nähere mathematische Charakterisierung eingegangen werden soll, werden sie in ganz allgemeiner Form zusammengefaßt:

$$\begin{aligned} f_1(x_1, \ldots, x_m, y_1, \ldots, y_n) &= b_1 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ f_s(x_1, \ldots, x_m, y_1, \ldots, y_n) &= b_s. \end{aligned} \tag{1.6}$$

Die in einem Teil der Gleichungen (1.6) enthaltenen Konstanten b_j können auch Null sein.

Da die Mehrzahl der Hilfsplangleichungen des Typs (1.6) von den Planern nicht aufgeschrieben wird, werden diese Zusammenhänge auch nicht exakt mathematisch formuliert. Zumeist sind sie nur annähernd, in Umrissen im Gedächtnis der Planer vorhanden, besonders die in einer komplizierteren mathematischen Form darzustellenden Zusammenhänge. Beispielsweise wissen die Planer, daß der Exportpreis und der Exportverkauf miteinander zusammenhängen; doch wird das von ihnen nicht in der Form einer Nachfragefunktion niedergeschrieben. Oder sie wissen, daß es einen gewissen Zusammenhang zwischen dem Produktionsvolumen und den Kosten gibt, und daß dieser Zusammenhang in vielen Fällen nichtlinear ist; doch wird auch er nicht in der Form einer Kostenfunktion dargestellt. In gewissen Fällen leisten die Planer konkrete und gründliche Vorstudien für die Hilfsgleichungen (z. B. zur demographischen Begründung der Arbeitskräftebilanzen, für die Zusammenhänge zwischen Nachfrage und Einkommen usw.). Dazu werden zahlreiche Ergebnisse der Wissenschaft (in den erwähnten Beispielen die Demographie, die neuzeitliche Marktforschung, Nachfrageanalyse) ausgenutzt. Bei anderen Hilfsgleichungen haben sie hingegen nur vage Vermutungen. Es ist jedenfalls nicht zu bezweifeln, daß die Planer auch Hilfsplangleichungen benutzen, wenn auch der Grad der Begründung, der Überlegung, der Information, die Exaktheit des mengenmäßigen Ausdrucks des Zusammenhanges sehr große Abweichungen aufweisen.

In der gedrängten Vektorschreibweise können wir folgende Zusammenfassung geben.[1] Wir setzen

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_m \end{bmatrix}, \quad \mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_n \end{bmatrix}$$

$$\alpha_i' = [\alpha_{i_1} \ldots \alpha_{im}], \quad \beta_i' = [\beta_{i1} \ldots \beta_{in}], \quad i = 1, \ldots, r .$$

Die Perspektivplanung kann als die Bestimmung eines aus einer außerordentlich großen Anzahl[2] *von Veränderlichen bestehenden Programms* [x, y] *aufgefaßt werden. Die Planer streben an, daß das Programm das Gleichungssystem*

$$\begin{aligned} \alpha_i' \mathbf{x} + \beta_i' \mathbf{y} &= 0 \qquad i = 1, \ldots, r , \\ f_j(\mathbf{x}, \mathbf{y}) &= b_j \qquad j = 1, \ldots, s \end{aligned} \tag{1.7}$$

befriedigt.

1.4. Die Plankoordinierung

Da das traditionelle Planindexsystem schon – in stark verallgemeinerter Form – symbolisch dargestellt wurde, ist es im folgenden leichter, sich auf die einzelnen Elemente dieses Modells zu beziehen.

Der besondere Prozeß, in dem die Planer eine Lösung des Gleichungssystems suchen, das im Modell der traditionellen Planung beschrieben wurde, wird als Plankoordinierung bezeichnet.[3]

Die Plankoordinierung ist ein Prozeß der simultanen Abstimmung der dokumentierten Planzahlen und der Hilfsplanzahlen, mit dem Ziel, sämtliche Plangleichungen, die dokumentierten wie auch die Hilfsplangleichungen, zu erfüllen.

Die Plankoordinierung erfolgt auf verschiedenen Ebenen. Die Koordinierungs-Hauptsektionen des LPA (z. B. die Hauptsektionen für Finanz-, Investitions-, Arbeitswesen usw.) stimmen vertikal ihre zusammengefaßten Zahlen mit den sogenannten Fach-Hauptsektionen und den Ministerien, die für eine bestimmte Sphäre der Produktion, des Umsatzes und der Konsumtion der Volkswirtschaft verantwortlich sind, ab. So werden von oben nach unten die verschiedenen zusammengefaßten Zahlen für Kontingente angegeben und von unten nach oben die

[1] In diesem Buch werden oft Vektoren und Matrizen verwandt, Literatur hierzu z. B. *B. Krekó* [91] in ungarischer und deutscher oder *E. Bodewig* [11] in englischer Sprache.

[2] Gegenwärtig weiß niemand genau, wie viele Variablen und Gleichungen dieses Gleichungssystem umfaßt. Wahrscheinlich wird die Größenordnung der Variablenzahl mit Hunderttausend eher zu niedrig als zu hoch angegeben. (Es ist leicht möglich, daß sie bei einer Million liegt.)

[3] Siehe *A. Bródy*, Band ([15], S. 47–56).

Vorschläge unterbreitet, die eine Konkretisierung, Detaillierung der Kontingente und Abänderung der ursprünglichen Zahlen der Kontingente zum Inhalt haben.

Gleichzeitig erfolgt die Koordinierung auch horizontal. So vereinbaren z. B. die am Ausstoß und Aufwand eines Produktes beteiligten Produktionszweige sowie die Vertreter des Innen- und Außenhandels die Produktion und Verteilung des Produktes.

Die Koordinierung hat viele Formen. Schriftliche Aufzeichnungen und Gegenaufzeichnungen; großangelegte Abstimmungsbesprechungen, in engerem Kreis geführte Verhandlungen der an einer Angelegenheit unmittelbar Interessierten, die schnelle Abänderung von einer Zahl durch telefonische Benachrichtigung usw. An der Koordinierung eines Perspektivplanes sind viele tausende Personen beteiligt.

Nach dem Modell des traditionellen Planes könnte die Plankoordinierung folgendermaßen charakterisiert werden:

Alle Institutionen bzw. Personen, die an der Koordinierung teilnehmen, sind unmittelbar für bestimmte Veränderliche (für dokumentierte oder Hilfsplanzahlen) sowie für bestimmte Plangleichungen (dokumentierte oder Hilfsplangleichungen) verantwortlich. Jeder ist bestrebt, günstige *eigene* Planzahlen zu erhalten, und zwar in dem Sinne, daß der Ausgleich seiner *eigenen* Gleichungen gesichert ist.[1]

Kein einziger Beteiligter der Plankoordinierung vermag das ganze Gleichungssystem zu überblicken. So befassen sich die an der »Spitze« der Planung stehenden Wirtschaftsfunktionäre auch nur mit bestimmten Veränderlichen und bestimmten Gleichungen (in der Regel mit den Veränderlichen und Gleichungen, die sie für die wichtigsten halten).

Beispielsweise ist der Vertreter der Zahlungsbilanzgleichung die zuständige Hauptabteilung des LPA. Diese koordiniert mit den einzelnen Fach-Hauptsektionen die wichtigsten Export- und Importpositionen. Nehmen wir an, daß dabei der Vorschlag auftaucht, von einem Maschinentyp einen größeren Posten in die sozialistischen Länder zu exportieren. Die Planer der entsprechenden Außenhandelsabteilung protestieren, da in den sozialistischen Ländern die Nachfrage nach dieser Maschine beschränkt ist, so daß als Ergebnis des Protestes die obere Schranke des Exports dieses Maschinentyps nicht erreicht wird, und es wird versucht, die entstandene Differenz durch einen anderen Exportposten zu decken. Wenn sich wieder ein irrealer Vorschlag ergibt, so wird ein anderer Planer protestieren.

Letztlich ist die Plankoordinierung als eine Bestrebung zu betrachten, die Lösung eines riesengroßen Gleichungssystems durch eine spezielle »Verständi-

[1] Die zahlreichen Beteiligten der Koordination verfolgen über den Ausgleich der eigenen Gleichungen hinaus auch andere Ziele. (Im Sinne der mathematischen Programmierung ausgedrückt, bestehen »Zielfunktionen«.) Beispielsweise sind die für die einzelnen Zweige verantwortlichen Planer bestrebt, daß der Zweig mehr *erhält* (höhere Investition, mehr Material, mehr Importprodukte), und zugleich weniger *abzugeben* hat (die Produktions-, Export- usw. -verpflichtungen sollen niedrig sein).

gungs«-Methode der schrittweisen Annäherung, durch »Versuch und Irrtum« (»trial and error«), zu finden.

Bei Beginn der Plankoordinierung ist es nicht sicher, ob dieses gewaltige Gleichungssystem eine Lösung hat, ob es eine einzige oder mehrere Lösungen hat, und es ist natürlich nicht bewiesen, ob das Abstimmungsverfahren in Richtung irgendeiner Lösung konvergiert. Jedenfalls ist es beachtenswert, daß die Plankoordinierung im allgemeinen in der Hoffnung geschieht, daß es eine Lösung gibt und daß diese eindeutig ist. Bisher ist in der Praxis noch nie die Idee aufgetaucht, daß man mehrere Pläne parallel erarbeiten sollte.

Da die Planer in der Regel nicht in der Lage sind, bei allen dokumentierten und Hilfsgleichungen die genaue Gleichheit zu sichern, ist eine gewisse Hierarchie der Plangleichungen entstanden. Es besteht eine nie aufgestellte, nie deklarierte Reihenfolge, die von den Planern in der Praxis stillschweigend anerkannt wurde, wann das Gleichgewicht genau zu sichern ist und wann bei einer möglichen Gleichgewichtsstörung – wenigstens stillschweigend – ein Auge zugedrückt werden kann, welche Planzahlen mit großer Sicherheit zu planen sind, und bei welchen man sich mit einer größeren Unsicherheit abfinden kann.

Betrachten wir zuerst die Plangleichungen. An der Spitze der Hierarchie stehen die Produktbilanzen und mit diesen zusammen die Außenhandelsbilanzen. Von den synthetischen Bilanzen sind die in den Bilanzen des gesellschaftlichen Gesamtprodukts enthaltenen Produktionsauflagen am wichtigsten. Besonders in der mittleren Phase der Planung, bei der die Einzelheiten erarbeitet werden müssen, kommt diese Reihenfolge zur Geltung.

Alle übrigen Plangleichungen, einschließlich der synthetischen Bilanzen, haben zumeist nur eine sekundäre Bedeutung; sie summieren und kontrollieren zum Teil das Ergebnis der bei Bestimmung der Produkt- und Außenhandelsbilanzen erfolgten Berechnungen. Natürlich fallen die nichtdokumentierten Hilfsplangleichungen verhältnismäßig weniger ins Gewicht, da bei der Planung nicht auffällt, wenn sie nicht erfüllt werden. Die Produktbilanzen sind am besten, die Hilfsplangleichungen am wenigsten »greifbar«, – die anderen Gleichungen nehmen in dieser Hinsicht eine Mittelstellung ein.

Hieraus ergibt sich schon im großen und ganzen auch eine gewisse Hierarchie der Planzahlen. Der Bestimmung der Veränderlichen von residualem Charakter, die eine »ausfüllende« Funktion besitzen, wird eine weit geringere Bedeutung zuerkannt als den konkret hervorgehobenen Positionen, auch dann, wenn – ausnahmsweise – auch die residualen Positionen zu den dokumentierten Planzahlen gehören (als Beispiel sei die Planung der Bestandsveränderung genannt). Darüber hinaus kann auch im allgemeinen behauptet werden: die Planung der nichtdokumentierten Hilfsplanzahlen des Typs y ist offensichtlich weniger gründlich und sorgfältig als die der dokumentierten Planzahlen, deren Erfüllung in angemessener Weise kontrollierbar ist.

Wie soll schließlich die Methode zur Lösung des Gleichungssystems eingeschätzt werden, die bei der traditionellen Planung mit dem Verfahren der Plankoordinierung angewandt wird?

Wenn man das Problem einerseits mit der Betrachtungsweise des Mathematikers untersucht, so erkennt man den unexakten Charakter der Methode sofort. Eine ganze Reihe von Gleichungen des Gleichungssystems sind eigentlich überhaupt nicht formuliert, sie werden nur vermutet. Durch das Verfahren ist man bemüht, mit gewissen Vermutungen, wiederholtem Herumprobieren dieses riesengroße und komplizierte Gleichungssystem zu lösen, obwohl man weiß, daß sich auch weit kleinere Gleichungssysteme mit mehreren Veränderlichen nicht auf Grund von Vermutungen lösen lassen.

Diese Kritik ist unzweifelbar berechtigt; deshalb sind auch die mathematischen Methoden, die zur Lösung des Gleichungssystems beitragen, so bedeutsam.

Andererseits müssen aber auch die außerordentlich vorteilhaften Seiten der traditionellen Planung gesehen werden. Wenn wir uns mit exakten Methoden, mit Input-Output-Tabellen, mit Optimierungsmodellen und mit elektronischen Rechenanlagen an die Lösung der Planungsprobleme begeben, so sind wir nicht imstande, mit einem Gleichungssystem von derartig riesengroßer Dimension zu arbeiten. Wir versuchen es gar nicht, sondern begnügen uns mit stark aggregierten, mathematischen Modellen, die auf ökonomisch stark vereinfachenden Hypothesen beruhen. (Die Frage der bei der Anwendung mathematischer Methoden auftauchenden Schwierigkeiten wird später noch eingehend behandelt.)

Gleichzeitig darf man – trotz der dargelegten Vorbehalte – die Wirkung nicht unterschätzen, die vom nichtdokumentierten Hilfsteil des Plangleichungssystems auf den Plan ausgeübt wird. Äußerst vielseitiges Wissen, in gutem Sinne gemeinte Routine haben sich bei den tausend und aber tausend Planern, die an den Plankoordinationen teilnahmen, angehäuft. Wenn ein Vertreter eines kapitalistischen Unternehmens sich dahingehend äußert, daß man auf dem und dem Markt zu dem festgelegten Preis nicht mehr als 10 000 Rundfunkgeräte verkaufen kann, so geschieht das einfach auf Grund seiner kommerziellen Erfahrung und nicht durch die elegante Anwendung der mathematischen Statistik, der Trend- und Korrelationsrechnungen, der Regressionsfunktionen – und die Äußerung ist trotzdem in sehr vielen Fällen zutreffend und gut begründet. Ähnliches Fingerspitzengefühl und Routine erwarben sich auch unsere Planer durch Erfahrungen im Laufe der Jahre.

Obendrein bringt die Plankoordination die Partner entgegengesetzter Interessen zusammen: die Vertreter der Produktion und der Käufer, die Verteiler und die Benutzer der Anlagefonds, die Verbraucher der Importprodukte und die für die Herbeischaffung des Imports verantwortlichen Personen usw. Der Zusammenprall zwischen Nachfrage und Angebot, der später auf den Märkten – bei Abschluß der Lieferungsverträge, bei der tatsächlichen Anwendung der Ressourcen und der Produkte – erfolgt, wickelt sich bereits hier, zumindest teilweise, *vorweg*, *präventiv* ab; es entwickelt sich schon vorher ein gewisses Handeln, ein Suchen nach Kompromissen zwischen der Nachfrage und dem Angebot.

In den Vereinigten Staaten von Amerika gilt das »brain-storming«, die ideenentfachende Arbeitsbesprechung, als eine bedeutsame schöpferisch-psychologische Entdeckung. Bei den Plankoordinierungen entwickelt sich massenweise ebenfalls

ein »brain-storming«; massenweise werden Erfahrungen ausgetauscht und die Informationen laufen über Dutzende interessierter Institutionen. Wenn die traditionelle Methodologie der Planung auch von vielen Gesichtspunkten primitive Methoden enthält, so vermag sie doch die kollektiven Erfahrungen Tausender und aber Tausender geübter Planer in gewissem Sinne an einer Stelle und zu einem Zeitpunkt zu konzentrieren.

2. Die traditionellen Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen

2.1. Die zentrale Genehmigung der Hauptinvestitionen

Die zentrale Genehmigung der wichtigsten Investitionen ist ein Regulator von grundlegender Bedeutung für die langfristige Entwicklung der Wirtschaft.

Mit den Verfügungen der Regierung wird der von der zentralen Genehmigung abhängige Investitionsbereich genau festgelegt.[1] Nach dem Investitionsgesetz müssen die »über einer bestimmten Wertgrenze« liegenden Investitionen im zentralen Plan positionsmäßig ausgewiesen werden. Die Wertgrenze richtet sich nach den Zweigen und beträgt z. B. bei Kraftwerken 20 Millionen Ft, in der Chemieindustrie, in der Maschinenindustrie 10 Millionen Ft, in der Leichtindustrie 5 Millionen Ft.

Die Genehmigung erteilt der Leiter des zuständigen übergeordneten Organs – bei der Staatsindustrie der zuständige Industrieminister – im Einvernehmen mit dem Präsidenten des LPA. In der Regel müssen auch der Finanzminister und der Außenhandelsminister präventiv ihre Meinung äußern, und wenn die Investition sich auf die Tätigkeit anderer Ministerien auswirkt, müssen die Pläne vorher auch mit ihnen abgestimmt werden.

Das der Zentralgenehmigung zugrunde liegende Dokument wird offiziell als »Investitions-Programm« bezeichnet. Da aber in unserem Buch der Ausdruck »Programm« in einem viel weiteren Sinne, dem allgemeinen Wortgebrauch der mathematischen Programmierung entsprechend angewandt wird, werden wir im folgenden G e n e h m i g u n g s d o k u m e n t schreiben, wenn dieses »Investitions-Programm« gemeint ist.

Das Genehmigungsdokument umfaßt nicht den Plan der Investitionen eines ganzen Zweiges, sondern es enthält immer nur ein bestimmtes Vorhaben, z. B. die Rekonstruktion einer gegebenen Fabrik, die Gründung eines neuen Betriebes usw. In ihm werden das ökonomische Ziel der Investition, das mit der neuen Kapazität herzustellende Produkt, die zur Produktion erforderlichen Werkstoffe, die Technologie der Produktion, die Zeitdauer der Durchführung der Investition, die erforderlichen Maschinen usw beschrieben.

Oft gehen dem Genehmigungsdokument weniger detaillierte vorläufige Anträge voraus, auf Grund derer einzelne Vorbereitungsarbeiten schon begonnen werden.

[1] Im Jahre 1961 erschien die Regierungsverordnung [195], die die Ordnung der Investitionen und der Erhaltung zusammenfassend regelte. Sie heißt im wirtschaftlichen Leben Investitionsgesetz; im folgenden berufen wir uns unter dieser Bezeichnung auf die Regierungsverordnung.

Im Prinzip kann aber nur die Bestätigung des Genehmigungsdokumentes als tatsächliche *Investitionsentscheidung* betrachtet werden. Durch die Bestätigung wird die Verwirklichung der Investition *Staatsbeschluß*, also eine zentrale Anordnung, deren Realisierung für die beauftragten Institutionen verpflichtend ist. Die Einreichung der Investitionsvorschläge, die zentrale Genehmigung und die Ausreichung der Genehmigungsdokumente erfolgt *laufend*, wohingegen die Erarbeitung des Perspektivplanes *alle fünf Jahre* durchgeführt wird. Deshalb sind im »Limitverzeichnis« des Perspektivplanes (in der siebenten Gruppe der im Abschnitt 1.1 aufgezählten Indexe) Investitionsvorhaben, für die schon Genehmigungsdokumente vorhanden sind, gemeinsam mit solchen angeführt, die noch keins erhalten haben.

2.2. Die Kennziffer g_n

Einer der wichtigsten Abschnitte des Genehmigungsdokumentes ist die ökonomische Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Investition. Das Investitionsgesetz regelt genau, welche Wirtschaftlichkeitskennziffern im Genehmigungsdokument enthalten sein müssen. Wirtschaftlichkeitskennziffern werden im folgenden diejenigen Kennziffern genannt, bei denen die Ergebnisse und die Aufwendungen irgendeiner Tätigkeit (hier Investition bzw. Produktion) einander gegenübergestellt werden. In der ungarischen Praxis ist die Wirtschaftlichkeitskennziffer in der Regel ein Bruch, in dem der Zähler das Ergebnis, der Nenner den Aufwand enthält (oder auch umgekehrt). Die Wirtschaftlichkeitskennziffern unterscheiden sich demnach dadurch, welcher Bereich der Ergebnisse und der Aufwendungen betrachtet wird, auf welche Periode sich diese beziehen und mit welchen Mitteln (mit welchen Preisen, mit welchem Zinsfuß usw.) sie berechnet werden.

Eine der in dem Dokument angeführten Wirtschaftlichkeitskennziffern ist die Kennziffer[1]

$$g_n = \frac{S}{\gamma P + R}. \tag{2.1}$$

- S beinhaltet die aus der Jahresproduktion stammende Einnahme des durch die Investition errichteten Betriebes. (Hier wird nur die Kennziffer g_n bei der Errichtung eines *neuen* Betriebes betrachtet.)
- P umfaßt die gesamten Investitionskosten, also die Summe aller Kosten, die zur Schaffung der neuen Produktionskapazität erforderlich sind, die also *einmalig* bereitgestellt werden müssen

[1] Um die Einheitlichkeit der Bezeichnung in diesem Buche zu wahren, wenden wir statt der im Investitionsgesetz angeführten Symbole unsere eigenen Bezeichnungen an.

Die Kennziffer g_n wurde zuerst auf Initiative von *M. Turánszky* angewandt; zur Begründung seiner Prinzipien siehe das Buch [169].

R umfaßt die Betriebskosten für die Jahresproduktion des Betriebes. Im Gegensatz zu den *einmaligen* Investitionskosten sind das *laufend*, von Jahr zu Jahr sich ergebende Kosten, die zum fortlaufenden Ausstoß sowie zur dauerhaften Erhaltung der durch die Investition geschaffenen Kapazität erforderlich sind

γ bedeutet den offiziellen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktor (normativer Nutzkoeffizient).

In der sowjetischen und ungarischen ökonomischen Literatur wird oft das Zeichen Δ zur Bezeichnung des Faktors angewandt, für den wir das Symbol γ benutzen. Wir sind deshalb von der üblichen Bezeichnung abgewichen, da das Symbol Δ in der Mathematik für einen anderen Zweck (zur Bezeichnung eines Zuwachses) Anwendung findet.

In der Fachliteratur der sozialistischen Länder wenden einige Verfasser zur Bezeichnung dieses Faktors den Ausdruck Zinsfuß an, andere gebrauchen andere Benennungen (»Effektivitätskoeffizient«, »Rentabilitätsnormativ«, »durchschnittlicher Wirtschaftskoeffizient« usw.).

Der offizielle kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor, der für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit bei Investitionen angewandt wird, ist von dem aktuellen Produktionsfondsabgabefaktor zu unterscheiden.[1]

Vor kurzem hat die Regierung die effektive Zahlung der Produktionsfondsabgabe von den bei den Betrieben benötigten Produktionsfonds verordnet. (Der Produktionsfonds enthält die Grundfonds: die Maschinen, Gebäude, Ausrüstungen sowie die Umlauffonds: Rohmaterial-, Halbfertigprodukten- und Fertigproduktenvorräte und den Bestand an unvollendeter Produktion.) Die Produktionsfondsabgabe ist das Produkt γP des Produktionsfondsabgabefaktors und des Produktionsfonds.

Bei der Berechnung der Kennziffer g_n mit der Formel (2.1) muß folgendes beachtet werden:

– Die Einnahme muß in Weltmarktpreisen in ausländischer Währung berechnet und mit Hilfe der durch das LPA angegebenen Devisenkurse auf Forint umgerechnet werden. (Der Devisenkurs drückt demnach die Proportion Ft/ausländische Geldeinheit in der gegebenen Berechnung aus.)

– Die im Rahmen der Investitionskosten ursprünglich in ausländischer Geldeinheit sich ergebenden Kosten sind ebenfalls mit den vom LPA vorgeschriebenen Devisenkursen auf Forint umzurechnen.

– Die Investitionskosten beinhalten nicht nur die Aufwendungen für Grundmittel, sondern auch die für die laufende Produktion erforderlichen Umlaufmittel. Hierzu sind auch die sogenannten indirekten Investitionskosten zu zählen. (Auf die Erklärung dieses Begriffes kommen wir in einem späteren Kapitel des Buches zurück.)

[1] Der offizielle kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor beträgt in Ungarn 0,2, während im aktuellen Preissystem der effektive Produktionsfondsabgabefaktor mit 0,05 nur eine Teilgröße ist (siehe auch Anhang G).

– In den Betriebskosten sind auch die Amortisationen enthalten.

– Bei den Materialkosten für die Inbetriebhaltung muß das effektiv importierte bzw. potentiell importierbare oder exportierbare Material, das im allgemeinen Objekt des internationalen Handels ist, ebenfalls zu Weltmarktpreisen in ausländischer Währung berechnet werden. Die Weltmarktpreise sind mit Hilfe der durch das LPA angegebenen Devisenkurse auf Forint umzurechnen.

Die Investition wird dann als günstig bezeichnet, wenn der Wert der Kennziffer g_n größer als 1 ist. Das bedeutet letzten Endes eine langfristige, in beträchtlichem Teil im Weltmarktpreis gemessene spezielle »Rentabilität«. Der Wert der Kennziffer ist größer als 1, wenn die heimische Produktion des fraglichen Produktes wirtschaftlicher ist als der Import und wenn die auf diese Weise erreichte Importeinsparung die Kosten, einschließlich des Produktionsfondsabgabefaktors von 20 Prozent der Investitionen, übertrifft.

Es ist beachtenswert, daß die offiziell vorgeschriebene Kennziffer g_n sich nicht nach den geltenden Preisen richtet. Während die effektive Einnahme des neuen Betriebes, der durch die Investition entstand (oder des durch die Investition erweiterten alten Betriebes) später über den offiziell festgesetzten Forintpreis des Produktes realisiert wird, ist die im Zähler der Kennziffer dargestellte Einnahme, da sie unmittelbar aus dem Weltmarktpreis abgeleitet ist, unabhängig vom Forintpreis. Wenn der Betrieb Importmaterial bearbeitet, zahlt er den offiziell festgesetzten Forintpreis dafür, der vom Landespreisamt auf Grund der *bei der Preisbestimmung* üblichen Devisenkurse (oder unter Beachtung eines anderen Prinzips, z. B. des Selbstkostenpreises eines heimischen Produktes ähnlichen Charakters) festgesetzt wurde. Demgegenüber geht man zum Zweck der Kennziffer g_n von dem Weltmarktpreis des Importmaterials aus, und dieser wird mit dem Devisenkurs des LPA, der von dem des Preisamtes abweicht, auf Ft umgerechnet. Der Betrieb zahlt effektiv eine Produktionsfondsabgabe von 5 Prozent; dagegen ist mit einem Produktionsfondsabgabefaktor von 20 Prozent zu rechnen.

Gegeben sind also ein aktuelles Preissystem, eine aktuelle Produktionsfondsabgabe, ein aktueller Devisenkurs, die in der Alltagstätigkeit der Betriebe tatsächlich zur Geltung kommen, die zur Grundlage der tatsächlichen finanziellen Verrechnungen dienen. Und es gibt von ihnen mehr oder minder unabhängige kalkulatorische Preise, kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktoren, kalkulatorische Devisenkurse, die lediglich auf dem Papier der Wirtschaftlichkeitsberechnungen angewandt werden müssen, ausdrücklich zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeitskennziffer. Im folgenden werden wir diese später als offizielle kalkulatorische Preise, Poduktionsfondsabgabefaktoren, Devisenkurse, zusammenfassend als offizielle kalkulatorische Bewertungen bezeichnen (zur Unterscheidung von nichtoffiziellen kalkulatorischen Bewertungen, die entweder von uns oder von anderen Forschungsgemeinschaften zu ökonomischen Berechnungszwecken erarbeitet wurden).[1]

[1] In unserem Buch bezeichnen wir mit dem Ausdruck Schattenpreis (shadow-price) ausschließlich die mit Hilfe der Lösung der dualen Aufgabe der linearen (oder nicht-

Das Investitionsgesetz schreibt zahlreiche weitere Kennziffernberechnungen vor. Beispielsweise:

die auf eine Produkteneinheit entfallenden Investitionskosten;

das Verhältnis der Investitionskosten zu der aus der Produktion stammenden Einnahme, mit umsatzsteuerfreien Inlandpreisen errechnet;

die auf einen beschäftigten Arbeiter entfallende Einnahme, mit umsatzsteuerfreien Inlandspreisen errechnet;

das Verhältnis von Produktionswert minus Selbstkosten zu den Investitionskosten und

bei den Investitionen, die die Senkung der Selbstkosten bezwecken, das Verhältnis der aus der Selbstkostensenkung stammenden Jahreseinsparung zu den Investitionskosten, mit anderen Worten, die Umschlagszeit der Investitionskosten in Jahren.

Die Verordnungen schreiben vor, daß bei der Investitionsentscheidung genau zu prüfen ist, in welchem Maße die den Vorschlag kennzeichnenden Indexe günstig sind. Die mit ungünstigen Kennziffern (z. B. mit g_n kleiner als 1) versehenen Vorschläge müssen aber nicht unbedingt abgelehnt werden. Die Verordnungen regeln die Entscheidung auch nicht für den Fall, wenn bei einem Vorschlag die eine Kennziffer ein günstiges, die andere ein ungünstiges Bild ergibt. Jedenfalls ist der Index g_n in der Praxis zum »primus inter pares« geworden; in erster Linie wird die Aussage dieser Kennziffer betrachtet.

Die Bestimmung der Investitionswirtschaftlichkeitskennziffern ist seit 1957 obligatorisch; vorher wurde nur vereinzelt, aus eigener Initiative verschiedener Institutionen mit ähnlichen Indexen gerechnet. Seither hat man sich schon an sie gewöhnt, ja, sie haben Wurzel gefaßt. Auch wenn sie also auf keine so lange Vergangenheit wie die Anwendung der Bilanzen zurückzublicken vermögen, – die praktisch so alt wie die sozialistische Planwirtschaft ist, – muß man auch sie heute schon zu den grundlegenden Methoden der traditionellen Perspektivplanung rechnen. Später wird noch davon die Rede sein, wie weit die Empfehlungen dieser Kennziffern tatsächlich zur Geltung kommen, welche Schwierigkeiten in diesem Zusammenhang bestehen. Soviel ist aber sicher: sie förderten die Verbreitung der gesunden Betrachtungsweise, die der Wirksamkeit und der ökonomischen Zweckmäßigkeit der Investition eine hohe Bedeutung beimißt.

---

inearen) Optimierung ermittelten Preise. Er stellt nur *eine* Art der kalkulatorischen Bewertung dar. Letztere ist ein *allgemeiner* Begriff; so nennen wir *sämtliche* Arten der Bewertung, die bei ökonomischen Berechnungen, jedoch *nicht* bei der finanziellen Berechnung der Praxis angewandt werden.

3. Die Input-Output-Tabellen

3.1. Die wichtigsten Definitionen

Die im Kapitel 1 und 2 beschriebenen Methoden der traditionellen Planung bedürfen unter vielen Gesichtspunkten einer Weiterentwicklung. Es gehört zu den wichtigsten Forderungen, daß die Kennziffern des Planes *konsistent* sein müssen, daß unter ihnen kein Widerspruch bestehen darf. Darin besteht in erster Linie die Bedeutung der Anwendung von Input-Output-Tabellen (im folgenden abgekürzt: I-O-Tabellen).

Die ungarischen I-O-Tabellen gehören im allgemeinen zum Typ der sogenannten offenen, statisc henLeontiefschen Modelle. Dieses Modell ist allgemein bekannt; die Kenntnis der Grundbegriffe wird hier vorausgesetzt,[1] zur Einführung einer einheitlichen Bezeichnungsweise werden nur die wichtigsten Beziehungen zusammengestellt.

Es gilt

$$g_{kl} = \frac{v_{kl}}{v_l} \qquad \begin{matrix} k = 1, \ldots, N, \\ l = 1, \ldots, N, \end{matrix} \tag{3.1}$$

wo

N die Zahl der Sektoren der Volkswirtschaft

v_l der Bruttoausstoß des l-ten Sektors, in Forint (Ft)

v_{kl} das vom k-ten Sektor produzierte und vom l-ten Sektor aufgewandte Produkt, in Ft

g_{kl} der Materialinputkoeffizient oder technologische Koeffizient, d. h. die zum Ausstoß einer Einheit des l-ten Sektors erforderliche Menge des Produktes des k-ten Sektors (Ft pro Ft) ist.

Ferner ist

$$\mathbf{v} - \mathbf{G}\mathbf{v} = \mathbf{d}, \tag{3.2}$$

wo

$\mathbf{v}$ der aus N Komponenten bestehende Vektor der Bruttoausstöße v_k, der Bruttoaustoßvektor

$\mathbf{G}$ die Matrix N-ter Ordnung der technologischen Koeffizienten g_{kl}, das

[1] Zur Einführung in die I-O-Analyse kann aus der ungarischen Literatur das Buch von *A. Bródy* [15] dienen, von den ausländischen Büchern nennen wir die Bücher von *R. Dorfman, P. A. Samuelson* und *R. M. Solow* (Kapitel 9 und 10) [37] oder von *O. Lange* [96]. Für eingehende Studien sei in erster Linie auf die Werke von *W. Leontief* [99] und [100] verwiesen.

innere Quadrat der technologischen Matrix

d der aus N Komponenten bestehende Vektor der externen Ausstöße d_k, der externe Ausstoßvektor, ist.

Schließlich gilt

$$\mathbf{v} = (\mathbf{E}-\mathbf{G})^{-1}\,\mathbf{d} = \check{\mathbf{G}}\,\mathbf{d}, \tag{3.3}$$

wobei

E die Einheitsmatrix N-ter Ordnung und

$\check{\mathbf{G}}$ die inverse Matrix der Matrix $(\mathbf{E}-\mathbf{G})$ ist, die im folgenden kurz Kehrmatrix (inverse Matrix) genannt wird. Ihre Elemente bezeichnen wir mit dem Symbol $\check{g}_{kl}$.[1]

Die ökonomische Bedeutung der Kehrmatrix, die in den weiteren Erörterungen eine zentrale Stelle einnimmt, möchte ich an einem Beispiel erklären. Es sei der l-te Sektor der Kohlenbergbau, der k-te hingegen die Chemieindustrie. Der Kohlenbergbau wendet vielerlei Chemieprodukte auf: Sprengstoffe, Karbid für die Grubenlampen usw. Das im *Bergwerk* aufgewandte Produkt zur Herstellung einer Einheit Kohle ist das Element g_{kl} der technologischen Matrix. Es ist der direkte Materialinputkoeffizient, der direkte Chemieproduktbedarf für eine Einheit von 1 Ft des Bruttoausstoßes des Kohlenbergbaus. Dabei besteht jedoch auch ein indirekter Bedarf.[2] Zur Produktion der im Bergwerk angewandten Maschinen wurden ebenfalls Chemieprodukte verwendet (z. B. Kunststoffbestandteile), zur Herstellung der Gummistiefel für die Bergleute war auch Chemiematerial erforderlich usw. Und wir gehen noch weiter: der von der Bergbaumaschinenfabrik aufgewandte Walzstahl wurde in einem Hüttenbetrieb erzeugt, der ebenfalls Chemieprodukte benötigte. Der Chemieproduktaufwand der den Bergbau versorgenden Maschinenfabrik, der Gummistiefelfabrik, des Kraftwerkes, des Hüttenbetriebes usw., die die Fabriken versorgen, bilden den indirekten Chemieproduktaufwand für die Kohle. Wie wir sehen können, *pflanzt sich* der Materialbedarf *nach allen Seiten fort*, wie die Wellen um den Einfallspunkt des ins Wasser geworfenen Steins. Der direkte und indirekte Chemieproduktbedarf bilden gemeinsam den vollen Materialinput-Koeffizienten, den vollen Chemieproduktbedarf des Kohlebergbaus. Gerade dieser läßt sich mit Hilfe der Kehrmatrix bestimmen. Das Element $\check{g}_{kl}$ der Kehrmatrix gibt an, wie groß insgesamt der direkte und der

[1] Im folgenden wird die Bezeichnung ($\check{}$) immer auf solche Größen hinweisen, die mit der inversen Matrix $(\mathbf{E}-\mathbf{G})^{-1}$ verknüpft sind. (Z. B. das Produkt irgendeines Vektors mit dieser Kehrmatrix usw.)

[2] Die Attribute *direkt* und *indirekt*, die im Zusammenhang mit der I-O-Tabelle stehen, dürfen nicht mit dem Begriffspaar der »direkten« und »indirekten« (Regie, »overhead«) Kosten der Buchhaltung und der Nachkalkulation verwechselt werden. Wir gebrauchen die beiden Begriffe in diesem Buch im Zusammenhang mit der I-O-Tabelle und unter direktem Aufwand verstehe ich den *innerhalb* des l-ten Sektors verbrauchten Aufwand, unter indirektem Aufwand aber den für den Aufwand innerhalb des l-ten Sektors in *anderen* Sektoren verbrauchten Aufwand.

indirekte, d. h. der volle Aufwand des Produkts des k-ten Sektors für den externen Ausstoß von einer Einheit von 1 Ft des l-ten Sektors sein muß.

An Hand dieses Beispiels ist der ökonomische Inhalt von (3.3) verständlich. Wir wissen, wieviel Kohle zum externen Ausstoß erforderlich ist (z. B. in den Haushalten, beim Export, zur Steigerung der Vorräte usw.), und ähnlicherweise sind auch die externen Ausstoßanforderungen der Chemieindustrie, des Maschinenbaus und der anderen Sektoren bekannt. Multiplizieren wir diesen Vektor (**d**) mit der Kehrmatrix ($\check{\mathbf{G}}$), so ergibt sich der Bruttoausstoß (**v**), der erforderlich ist, damit sämtliche Produktionszweige einander mit dem erforderlichen Material, unter Berücksichtigung der wellenartigen Fortpflanzung, versorgen können und damit darüber hinaus auch der erwünschte externe Ausstoß **d** erhalten wird.[1]

3.2. Die Berechnung der vollen externen Aufwendungen

Im Abschnitt 3.1 handelte es sich nur um das innere Quadrat der technologischen Matrix, das nicht den ganzen Bereich der Aufwendungen umfaßt, sondern nur einen Teil derselben. Das innere Quadrat der Bilanz gibt die Strömung der im Inland hergestellten Produkte an. An das innere Quadrat der technologischen Matrix schließen sich nach unten weitere Zeilenvektoren an. Diese spiegeln die sonstigen Aufwendungen der Produktion wider. Der ökonomische Inhalt der sich nach unten anschließenden Zeilenvektoren ist davon abhängig, um welche I-O-Tabelle es sich konkret handelt. Nehmen wir beispielsweise die vom Landesplanungsamt für die Zwecke der Perspektivplanung zusammengestellte Tafel. Hier sind der ökonomische Inhalt der l-ten Komponente der erwähnten Zeilenvektoren die auf die Einheit des l-ten Sektors entfallenden Importmaterialaufwendungen, Lohnaufwendungen, Abschreibungen usw. Diese sind also spezielle technologische Koeffizienten, die den Bedarf an Aufwendungen aus Sphären, die *außerhalb* des durch das innere Quadrat repräsentierten Systems liegen, also den Bedarf an externen Aufwendungen widerspiegeln. Es hängt von der speziellen Beschaffenheit jedes einzelnen I-O-Modells ab, welche externen Aufwendungen es in Betracht zieht und in welcher Aufgliederung.

Führen wir noch folgende Bezeichnung ein:

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1N} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2N} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ u_{K1} & u_{K2} & \cdots & u_{KN} \end{bmatrix}, \tag{3.4}$$

[1] Über die Invertierung der I-O-Tabellen in Ungarn siehe den Vortrag von *V. Nyitrai* [139] im Buch [109] sowie den Artikel von *A. Rácz* und *L. Ujlaki* [144].

wobei **U** die Matrix mit K Zeilen und N Spalten der externen Aufwendungskoeffizienten u_{il} ist.[1] Die Matrix $\begin{bmatrix} \mathbf{G} \\ \mathbf{U} \end{bmatrix}$, d. h. das innere Quadrat und die Koeffizientenmatrix der externen Aufwendungen bilden gemeinsam die technologische Matrix des I-O-Modells.

Das oben beschriebene I-O-Modell gehört zum Typ der *offenen* statistischen Leontiefschen Modelle. Es heißt offen, da es die externen Aufwendungen und Ausstöße *außerhalb* des Systems in Betracht zieht.

Bilden wir das Produkt des i-ten Vektors der externen Aufwendungen mit der Kehrmatrix:

$$\check{\mathbf{u}}'_i = \mathbf{u}'_i \check{\mathbf{G}}, \qquad i = 1, \ldots, K. \tag{3.5}$$

Der so erhaltene Zeilenvektor $\check{\mathbf{u}}'_i$ wird der zur I-O-Tabelle gehörende i-te Vektor der vollen externen Aufwandkoeffizienten genannt.[2] Was drücken die Komponenten dieses Vektors aus?

Sei z. B. $\mathbf{u}'_i$ der Zeilenvektor des direkten Lohnaufwendungskoeffizienten, die vierte Spalte sei hingegen der Sektor der Chemieindustrie. In diesem Fall drückt u_{14} aus, wieviel direkter Lohn auf eine Einheit Chemieprodukte entfällt, wobei hier ausschließlich der Lohn berechnet wird, der im Laufe der Herstellung dieses Produkts im Sektor der Chemieindustrie selbst zur Auszahlung gelangt. Demgegenüber enthält $\check{u}_{14}$ über die direkte Lohnaufwendung hinaus auch die indirekte Lohnaufwendung, z. B. wieviel Lohn im stromerzeugenden Sektor zur Erzeugung der Strommenge, die zur Herstellung von einer Einheit Chemieprodukt erforderlich war, ausgezahlt wurde; ferner den Lohn im Kohlenbergbau, für die zur Herstellung von einer Einheit Chemieprodukt bzw. zur Gewinnung der bei der Erzeugung des erforderlichen Stromes aufgewandten Kohlenmenge – und so weiter. Diese stellen zusammen den vollen Lohnaufwand für eine Einheit eines chemischen Produktes dar. Im gleichen Sinne wird später von den vollen Importaufwandskoeffizienten, den vollen Abschreibungsaufwandskoeffizienten usw. gesprochen werden.

Es sei der externe Ausstoß d_l gegeben, dann setzen wir

$$\check{u}_{il}\, d_l = \check{k}_{il}, \qquad i = 1, \ldots, K, \qquad l = 1, \ldots, N. \tag{3.6}$$

Der volle externe Aufwand $\check{k}_{il}$ drückt folgendes aus: wenn wir vom Produkt des l-ten Sektors den externen Ausstoß d_l haben wollen, so ist hierzu insgesamt der volle externe Aufwand $\check{k}_{il}$ der i-ten Aufwandsart erforderlich. Die Dimension der Menge $\check{k}_{il}$ kann Forint, aber auch Dollar, Kopf, Tonne usw. sein – je nachdem, in welcher Maßeinheit der entsprechende externe Aufwand bei der Bestimmung des Zeilenvektors $\mathbf{u}'_i$ ausgedrückt wurde.

[1] Die Terminologie der I-O-Berechnungen von Ungarn bezeichnet diese mit einem nicht gerade zutreffenden Ausdruck als »unteren Flügel« der technologischen Matrix, analog zum Ausdruck »Seitenflügel«, womit die Matrix der externen Ausstöße bezeichnet wird.

[2] In der Literatur wird dieser Begriff häufig auch voller Inhalt genannt.

3.3. Die Kriterien der Sektorenzerlegung

Nach der Klärung der Begriffe wenden wir uns dem eigentlichen Gegenstand dieses Abschnittes, der Anwendung der I-O-Tabellen bei der Planung zu.

Bei der Planung auf volkswirtschaftlicher Ebene werden dreierlei I-O-Modelle angewandt. Sie lassen sich voneinander danach unterscheiden, was man als Sektor aufzufassen, d. h. was man im inneren Quadrat des Leontiefschen Modells als Zeile bzw. als Spalte zu betrachten hat.

Die drei Haupttypen, mit denen wir uns befassen, werden in dieser Hinsicht durch folgendes gekennzeichnet:

Erster Typ. Die Zeilen und Spalten des inneren Quadrates sind die Zweige der Volkswirtschaft (Bauindustrie, Verkehrswesen, Landwirtschaft) sowie innerhalb der Industrie die *Behörden*, die Adressaten der Planung (z. B. Ministerium für Leichtindustrie, Ministerium für Bauwesen).

Zweiter Typ. Die Zeilen und Spalten des inneren Quadrates sind gemäß den in der Statistik üblichen Kriterien bestimmte *Zweige:* z. B. Textilindustrie, Maschinenbau, Pflanzenzüchtung usw.

Dritter Typ. Die Zeilen und Spalten des inneren Quadrates sind *Produkte* oder Produktengruppen: z. B. Kohle oder Baumwollstoff.

Wer die Probleme der Planung nicht aus nächster Nähe kennt, kann sich vielleicht im ersten Moment gar nicht vorstellen, welch bedeutende Abweichungen zwischen den drei Modellen bestehen. Die I-O-Tabellen auf volkswirtschaftlicher Ebene der westlichen Länder gehören in der Regel zum zweiten Typ: sie zerlegen die Wirtschaft gemäß industriestatistischen Kriterien in Zweige. Auch bei uns in Ungarn werden die statistischen I-O-Tabellen, die über je eine vergangene Periode Rechenschaft geben, nach diesem Prinzip erarbeitet.

Warum benutzt man in der Planung abweichende Tabellentypen?

Erinnern wir uns an das im Abschnitt 1 Gesagte, in erster Linie an die dort beschriebenen Produkt- und Ressourcen-Bilanzsysteme. Die Produkte und Ressourcen werden nicht nach Zweigen, sondern nach Behörden, d. h. Adressaten verteilt. Aber die einzelnen Behörden sind vom Gesichtspunkt der zweiglichen Zugehörigkeit nicht »rein«. Beispielsweise steht ein großer Teil des Maschinenbaus des Landes unter der Leitung des Ministeriums für Hüttenwesen und Maschinenbau. Doch kleinere Unternehmen, die Maschinen herstellen, gehören auch zu anderen Behörden. Ein Teil der Bergbaumaschinen, ein Teil der Textilmaschinen werden von kleineren Maschinenfabriken gefertigt, die unter der Leitung der zuständigen Ministerien für Bergbau bzw. Textilindustrie stehen.

Wenn mit Hilfe einer I-O-Tabelle nur eine Prognose für die Hauptzusammenhänge für die Volkswirtschaft als Ganzes aufgestellt wird, so hat dies keine Bedeutung. Wenn aber mit Hilfe der Tabelle eine tatsächliche *Verteilung* der Ressourcen und Produkte erfolgt, kann nicht außer acht gelassen werden, *wem* der Ausstoß eines Produktes auferlegt und *an wen* die Ressourcen vergeben werden. Mit dem Investitionsfonds wirtschaftet z. B. nicht ein »gedachter« maschinenindustrieller oder bauindustrieller Zweig, sondern eine Institution, ein Ministerium

oder eine andere Behörde mit verantwortlichen Leitern. Dies ist die Erklärung dafür, daß *als Spalten* des traditionellen Bilanzsystems Behörden, »Adressaten«, erschienen; in den *Zeilen* des traditionellen Bilanzsystems nicht Behörden, sondern Produkte und Ressourcen aufgeführt wurden. Das Ministerium für Leichtindustrie wendet kein »Produkt des Ministeriums für Hüttenwesen und Maschinenbau« auf, sondern irgendeine konkrete Maschine; kein »Produkt des Ministeriums für Schwerindustrie«, sondern Steinkohle, elektrische Energie usw. Die Erklärung hierfür ist wiederum der Umstand, daß das Bilanzsystem nicht nur der Prognose, sondern vor allem der Bewirtschaftung dient – die zentrale Leitung der Wirtschaft will tatsächlich mit den wichtigsten Produkten wirtschaften, sie will die wichtigsten Positionen ihrer Aufwendungen zentral planen.

Wie wir sehen, *besitzt das traditionelle Bilanzsystem in Zeilenrichtung eine Gliederung nach Produkten, in Spaltenrichtung eine nach Adressaten. Es kann nicht unmittelbar in eine quadratische Tabelle umgeformt werden, in der sich sowohl die Zeilen als auch die Spalten nach dem gleichen Prinzip gliedern. Deswegen sind in den letzten Jahren zur Ergänzung der traditionellen Planung die drei Typen von Tabellen erschienen.* Besprechen wir diese jetzt der Reihe nach.

3.4. Die nach Adressaten zerlegte »Schachbrettbilanz«

Die ungarische Terminologie nennt den Bilanzentyp, dessen inneres Quadrat nach »Adressaten«, Behörden, untergliedert ist, Schachbrettbilanz. In der Regel werden von diesem Typ Tabellen von 20 bis 40 Sektoren verfertigt.

Schon seit 1957 werden bei der alljährlichen operativen Planung derartige Schachbrettbilanzen angewandt. Im Jahre 1959 wurden sie auch bei der Perspektivplanung eingeführt. So wurde z. B. bei der Erarbeitung des Fünfjahrplanes 1961 bis 1965 eine Planbilanz für 1965 aufgestellt. Jetzt wird bei der Erarbeitung des neuen Fünfjahrplanes 1966 bis 1970 eine ähnliche Planbilanz für 1970 aufgestellt.[1]

Diese I-O-Tabellen enthalten nicht nur produktive, sondern auch Umsatzsektoren: die einzelnen Gruppen der Großhandelsunternehmen – wie die Versorgungskontore des Ministeriums für Schwerindustrie oder die Versorgungskontore für Hüttenwesen des Ministeriums für Hüttenwesen und Maschinenbau, die Versorgungskontore für Maschinenbau des gleichen Ministeriums usw. – bilden besondere Sektoren.

Die Matrix **G** der Tabelle gibt nicht an, wieviel der l-te Sektor im geplanten Jahr vom Ausstoß des k-ten Sektors *aufwendet*, sondern: wieviel er sich vom Ausstoß des k-ten Sektors *beschafft*. Das innere Quadrat spiegelt nicht den Produktivaufwand der Produkte, sondern den Umsatz innerhalb der Produktivsphäre wider. Natürlich unterscheiden sich beide in der Regel nicht sehr voneinander, jedoch sind sie zumeist auch nicht identisch, da ja die Beschaffung auch zum Zweck der

[1] Siehe hierzu z. B. den Vortrag von *M. Augustinovics* [8] sowie die Studie von *T. Morva* [129].

Bestandserhöhung oder umgekehrt der Aufwand auch zu Lasten einer Bestandsverminderung erfolgen kann. Die eventuelle Zeitverschiebung zwischen der Beschaffung und dem Aufwand in den verschiedenen Zweigen der Volkswirtschaft ist nicht einheitlich und in der Zeit nicht konstant, sondern veränderlich; diese Veränderung kann aus der Tabelle nicht unmittelbar abgelesen werden.

Aus dem Gesagten folgt, daß die aus der Schachbrettbilanz gebildeten technologischen Koeffizienten g_{kl} nicht ausschließlich oder auch nur zum überwiegenden Teil als durch die Produktionstechnologie bestimmte Größen angesehen werden können. Ihre Größe ist außer von der angewandten Technologie auch von der zur Zeit gültigen organisatorischen Gliederung der Wirtschaft, der zur Zeit gültigen Aufteilung der Wirkungskreise unter die verschiedenen Ministerien und Behörden, von den Änderungen der Zeitverschiebung zwischen der Beschaffung und dem Verbrauch usw. abhängig.

Die größte Bedeutung der Zusammenstellung der Schachbrettbilanz liegt auch nicht in den üblichen mit den I-O-Tabellen ausgeführten mathematischen Operationen (obwohl diese hier auch durchgeführt werden), sondern – wie sonderbar das auch klingen mag – in der enormen Auswirkung der Zusammenstellung selbst. Diese Tabelle wird nämlich *nicht* zusammengestellt, indem man von den statistisch bestimmten technologischen Koeffizienten einer früheren Periode ausgeht und diese eventuell mit gewissen Abänderungen verwendet. Die Zusammenstellung der neuen Bilanz erfolgt nach einer ganz anderen und für die Verhältnisse der Planwirtschaft kennzeichnenden Technik.

Als Ausgangspunkt werden nämlich die im Ergebnis der traditionellen Planung ermittelten einzelnen Planzahlen angewandt. Blicken wir auf das Schema der Bilanz – und denken wir an das in Kapitel 1 dargestellte traditionelle Planindexsystem zurück. Unter den dokumentierten Planzahlen sind sämtliche Kostenvoranschläge der Adressaten, innerhalb derselben die Materialkosten, Lohnkosten, Abschreibungen und das Reineinkommen, zu finden. Die Materialkosten sind nichts anderes als die Summe der Komponenten, die zu je einem Spaltenvektor des inneren Quadrats gehören; aus den Planzahlen der übrigen Kostenpositionen und des Reineinkommens können jedoch die einzelnen Zeilenvektoren der Matrix **U** gebildet werden. Das traditionelle Planindexsystem gibt ferner den Bruttoausstoß, d. h. die Zeilensummen der einzelnen Behörden an. Mit einer geringen Transformation der dokumentierten Planzahlen kann der Vektor des externen Ausstoßes bestimmt werden. Er läßt sich aus den Plänen des Innenhandels, des Außenhandels und der Investitionen ableiten. Die Differenz des Brutto- und des externen Ausstoßes ergibt die Zeilensumme des inneren Quadrates, d. h. die Summe der Komponenten des im inneren Quadrat angeführten Zeilenvektors.

Damit haben wir das innere Quadrat »eingegrenzt«; wir haben die sogenannten Randsummen erhalten: unten den gesamten Materialaufwand, auf der rechten Seite den Gesamtausstoß zum produktiven Verbrauch.

Aus dem traditionellen Planindexsystem können keine unmittelbaren Angaben für die Elemente des inneren Quadrates, für die Matrix **G** abgeleitet werden. Hier muß folgendermaßen vorgegangen werden: jedes übergeordnete Organ – bzw.

die ihre Planungsarbeit lenkende Hauptfachabteilung im LPA – gibt die Elemente der eigenen Spalte und der eigenen Zeile an. Zuerst plant sie selbständig die Verteilung des eigenen Produktes auf die planenden übergeordneten Organe, ferner die eigenen Ansprüche auf den Ausstoß der anderen übergeordneten Organe, jedoch all dies in der Weise, daß sie hierbei innerhalb der Grenzen ihrer vorher festgelegten Randsummen (ihrer Zeilensumme bzw. ihrer Spaltensumme des inneren Quadrates) bleibt.

Wir erhalten so bei der ersten Annäherung in jedem Feld der Tabelle zwei Zahlen, die Angaben der Nachfrage und des Angebots. Die Gegenüberstellung dieser Angaben ist auch schon an und für sich interessant, da sie gewisse potentielle Gleichgewichtsstörungen ans Licht bringt: einzelne Produzenten überschätzen (oder unterschätzen) die Verwertungsmöglichkeiten ihres Produktes, einzelne Verbraucher überschätzen (oder unterschätzen) ihre Bedürfnisse.

Hiernach beginnt die Abstimmung der beiden Zahlen durch unmittelbare Verhandlungen. Es ist vielleicht nicht übertrieben, die Rolle dieser Abstimmung mit der Rolle der Warenbörse zu vergleichen. Sowohl hier als auch dort konzentrieren sich Nachfrage und Angebot eines großen Marktes auf eine einzige Stelle, sowohl hier als auch dort werden zur Abstimmung der Nachfrage und des Angebots spezielle Verhandlungen geführt. Der Vergleich darf natürlich nicht übertrieben werden. Ohne auf andere Unterschiede einzugehen, ist die abstimmende »Börse« der Planung viel konzentrierter als die Warenbörse der kapitalistischen Wirtschaft: hier sind ohne Ausnahme alle Produktionszweige zugegen, und der Ausstoß je eines Produktes, einer Produktengruppe wird sozusagen (wenn wir vom Außenhandel absehen) konzentriert von je einer Institution beherrscht (obwohl, wie schon erwähnt, diese Konzentration nicht vollkommen ist; einzelne Produkte und Dienstleistungen werden auch von mehreren Institutionen parallel zum Ausstoß gebracht).

Die Abstimmung wird so lange fortgesetzt bis an Stelle der beiden Zahlen überall nur noch eine steht. Die Abstimmung, d. h. die Bestimmung der Elemente im inneren Quadrat der Schachbrettbilanz wird von den Planern scherzhaft »Schachspiel« genannt; heute gehört dieser Prozeß schon organisch zum normalen Gang der Planung.

Wie wir sehen, ist dies eine eigenartige Weiterentwicklung des traditionellen Planungsmodells, das im Kapitel 1 dargestellt wurde. Letzten Endes erfolgt auch hier die Lösung des Ausgangsgleichungssystems, d. h. die Bestimmung der Elemente des inneren Quadrats durch Probieren, mit der Methode »Versuch und Irrtum« (»trial and error«). Auch hier ist je eine Planergruppe für bestimmte Gleichungen, für die eigenen Spalten und Zeilen verantwortlich. In dieser Phase hat das mathematische Modell nur die Aufgabe, ein logisches, konsequentes Schema zur Aufstellung des Gleichungssystems zu geben – die Lösung selbst erfolgt jedoch nicht auf mathematischem Wege, sondern mit der Methode der traditionellen Plankoordination.

Eins müssen wir aber klar sehen: obwohl als Ergebnis des »Schachspiels« in jedem Feld des inneren Quadrats nur eine Zahl zurückbleibt, sind diese Zahlen

nicht gleichermaßen befriedigend. Es gibt Felder, wo diese Tatsache die tatsächliche Übereinstimmung der Nachfrage und des Angebotes bedeutet. Es besteht jedoch die Möglichkeit, daß sie irgendeine potentielle Gleichgewichtsstörung tarnt. Das Leben muß die eventuellen Versäumnisse der Planer korrigieren. Diese Korrektur kann jedoch mit Verlusten verbunden sein: entweder tritt ein Materialmangel auf und der produktive Bedarf muß zu Lasten des Exports oder der Konsumtion der Bevölkerung gedeckt werden; oder aber es häufen sich überflüssige Bestände an.

Erst wenn das »Schachspiel«, die Ausfüllung des inneren Quadrats, beendet ist, beginnt man mit der in der Input-Output-Analyse üblichen Bearbeitung der Bilanzen: die technologischen Koeffizienten werden errechnet, die Matrix **G** invertiert, die vollen externen Aufwendungen bestimmt usw. Dadurch erhält man Hilfsmittel zur leichteren Errechnung neuer Planvarianten in den späteren Phasen der Planung.

Wie man sieht, wurde hierbei nicht von statistisch bekannten technologischen Koeffizienten ausgegangen, um danach mit ihrer Hilfe das innere Quadrat für die Planperiode zu bestimmen, sondern umgekehrt: aus den geplanten Angaben der Nachfrage und des Angebots wurde zuerst ein inneres Quadrat abgeleitet, um dann Koeffizienten daraus zu errechnen.

Es ist problematisch, inwieweit die so erhaltene Koeffiziententabelle letzten Endes zuverlässig ist. Ohne Zweifel hat dieses Verfahren aber eine große Hilfe zur präventiven Anzeige gewisser Disproportionen geleistet. Es ist für die Volkswirtschaft weit billiger, wenn sich die Disproportionen innerhalb des Landesplanungsamtes, beim »Schachspiel«, entpuppen, als wenn sie später im Verkehr der Betriebe untereinander auf dem Markt zu Tage treten.

3.5. Die nach Zweigen gegliederte Bilanz

Die Anwendung der statistisch begründeten, nach dem industriestatistischen Zweigsystem gegliederten I-O-Tabellen in der Planung zog sich ziemlich in die Länge, da sie wegen ihrer Gliederung von der »Adressaten«-Auffassung der traditionellen Planung äußerst stark abwichen. Jetzt haben aber die mit diesem Problem beschäftigten Planer, Statistiker und Mathematiker ein Verfahren entwickelt, das die Verknüpfung der beiden Arten von Gliederungen gestattet, nämlich die Transformation der nach Zweigen gegliederten Zahlen in nach Institutionen gegliederte Zahlen und umgekehrt. Das Verfahren erfordert, das Bilanzsystem zu erweitern und zu detaillieren. Die Institutionen haben nicht nur global zu planen, sie müssen ihre eigenen Planaufgaben auch nach Zweigen entsprechend der Industriestatistik zerlegen, z. B. folgendermaßen: Ausstoß des Ministeriums für Leichtindustrie; davon Produktion der Textilindustrie, Produktion der Leder- und Schuhindustrie, Produktion des Maschinenbaus, Bautätigkeit usw. Folglich können die Planangaben sowohl nach Institutionen als auch nach Zweigen gegliedert zusammengestellt werden.

Das ermöglicht die Anwendung der statistischen I-O-Tabellen in der Planung. So wurden z. B. im Laufe der Aufstellung des Planes 1966 bis 1970 Berechnungen zur Kontrolle der Planaufgaben für das Jahr 1970 durchgeführt. Zum Ausgangspunkt dieser Berechnungen wurden der bei der traditionellen Planung ermittelte Bruttoausstoßvektor und externe Ausstoßvektor übernommen, und aus der Struktur nach Behörden in die Struktur nach Zweigen transformiert. Mit ihrer Hilfe wurden ganze Serien von Berechnungen durchgeführt. Wir führen zur Beschreibung der Berechnungen folgende Bezeichnungen ein:

- $\mathbf{v}$ der Vektor des Bruttoausstoßes, aus dem auf traditionelle Art erarbeiteten Plan für das Jahr 1970 übernommen
- $\mathbf{d}$ der Vektor des externen Ausstoßes, aus dem auf traditionelle Art erarbeiteten Plan für das Jahr 1970 übernommen
- $\mathbf{G}_{59}$ die Matrix der technologischen Koeffizienten, der die statistischen Daten des Jahres 1959 zugrunde liegen
- $\check{\mathbf{G}}_{59}=(\mathbf{E}-\mathbf{G}_{59})^{-1}$, die Kehrmatrix des Jahres 1959
- $\mathbf{G}_{65}$ die Matrix der technologischen Koeffizienten, denen die Schachbrettbilanz des Jahres 1965 zugrunde liegt
- $\check{\mathbf{G}}_{65}=(\mathbf{E}-\mathbf{G}_{65})^{-1}$, die Kehrmatrix des Jahres 1965.

Mit diesen Angaben wurden folgende Berechnungen durchgeführt:

$$\bar{\mathbf{v}}_{59} = \check{\mathbf{G}}_{59}\,\mathbf{d} \tag{3.7}$$

$$\bar{\mathbf{v}}_{65} = \check{\mathbf{G}}_{65}\,\mathbf{d} \tag{3.8}$$

$$\bar{\mathbf{d}}_{59} = (\mathbf{E}-\mathbf{G}_{59})\,\mathbf{v} \tag{3.9}$$

$$\bar{\mathbf{d}}_{65} = (\mathbf{E}-\mathbf{G}_{65})\,\mathbf{v}. \tag{3.10}$$

Dann wurde $\mathbf{v}$ mit $\bar{\mathbf{v}}_{59}$ und mit $\bar{\mathbf{v}}_{65}$ sowie $\mathbf{d}$ mit $\bar{\mathbf{d}}_{59}$ und $\bar{\mathbf{d}}_{65}$ verglichen.

Der Vergleich ist augenblicklich in der Anfangsphase der Erarbeitung des neuen Planes noch im Gange. Die Kontrollberechnung brachte einige bedeutsame Abweichungen zu Tage und lenkte die Aufmerksamkeit auf die immanenten potentiellen Gleichgewichtsstörungen der ersten Planbilanzen. In derartigen Fällen muß man dann die möglichen Gründe für die Abweichungen im einzelnen analysieren, so z. B. die tatsächlichen technologischen Änderungen im Vergleich zu den Koeffizienten der Jahre 1959 und 1965, die Berechnungsfehler bei der Ermittlung der Vektoren $\mathbf{v}$ und $\mathbf{d}$ oder die fehlerhafte Planung einzelner Komponenten der Vektoren $\mathbf{v}$ und $\mathbf{d}$. Die Fehler müssen dann in den folgenden Phasen der Planung verbessert werden.[1]

[1] Siehe hierzu weitere Einzelheiten im Artikel von *L. Ujlaki* [170].

3.6. Die nach Produkten gegliederte Bilanz

Ein dritter Typ von Bilanzen ist die nach Produkten gegliederte Bilanz. Bei der Beschreibung des traditionellen Bilanzsystems wurden als zweite Gruppe von Bilanzen die Produktbilanzen behandelt, bei denen die Zeilen den Produkten, die Spalten hingegen den Institutionen zugeordnet sind. Im Abschnitt 3.4 haben wir die I-O-Tabelle beschrieben, die die Spaltengliederung des traditionellen Bilanzsystems übernimmt; jetzt behandeln wir die Tabelle, die die Zeilengliederung des traditionellen Systems übernimmt.[1]

Die Hauptabteilung für Materialplanung und die Wissenschaftliche Abteilung des Landesplanungsamtes haben eine Bilanz aufgestellt, deren inneres Quadrat 230 Zeilen und 230 Spalten enthält, und in der je einer Zeile bzw. Spalte je ein hervorgehobenes Bilanzprodukt bzw. eine Produktengruppe, die innerhalb des LPA-Produktbilanzsystems verteilt sind, zugeordnet ist. Die Bilanzaufstellung wurde nicht durch »Schachspielen« durchgeführt, wie bei den nach Organen gegliederten Bilanzen, sondern auf Grund der technologischen Koeffizienten. Die Planer, die die Produktbilanzen von Jahr zu Jahr im Rahmen der traditionellen Planung zusammenstellen, bestimmen zahlreiche (jedoch nicht alle) Positionen der Bilanz mit Hilfe technologischer Koeffizienten. Diese werden in der ungarischen Planungspraxis Materialnormative genannt. Solche Materialnormative sind z. B. das zur Herstellung von einer Tonne Stahl erforderliche Roheisen, der zur Herstellung eines Herrenanzugs erforderliche Kleiderstoff usw.

Auch hier muß in erster Linie die organisatorische Rolle des Modells hervorgehoben werden. Früher standen nicht für jede Position der Bilanz Materialnormative zur Verfügung. Die angewandten Materialnormative waren zum guten Teil nur den zuständigen Planern bekannt, ohne jedoch dokumentiert, in Fachkreisen zur Diskussion gestellt oder sonstwie kontrolliert zu sein. Für die Aufstellung der Materialnormative bestand keine einheitlich erarbeitete Methodik; ein Teil von ihnen war statistisch wohl fundiert oder von Ingenieuren sorgfältig geschätzt, ein Teil von ihnen beruhte dagegen auf weniger zuverlässigen, eventuell nur groben Schätzungen. Mit der Aufstellung der I-O-Tabelle gelangen zahlreiche Planzahlen aus der Hilfskategorie y in die Kategorie x der dokumentierten Planzahlen. Die nach Produkten gegliederte I-O-Tabelle stellte diese Koeffizienten ins Scheinwerferlicht und forderte ihre Erarbeitung gemäß einer einheitlichen Methodik.

Bei der Aufstellung der Tabelle wurden sämtliche technologischen Koeffizienten auf Lochkarten gebracht. Stand kein fertiger Koeffizient zur Verfügung, so wurde dieser auf Grund statistischer Angaben oder Berechnungen von Ingenieuren, eventuell aus der Kombination beider Verfahren erarbeitet. Nach der Aufstellung der technologischen Matrix wurde die Kehrmatrix bestimmt. Die Invertierung einer Matrix mit 230 Zeilen und Spalten war bei den beschränkten rechentechnischen Möglichkeiten in Ungarn ein schwieriges Problem.[2]

[1] Siehe hierzu den Artikel von *J. Döme, J. Hoós* und *A. Katócs* [39].

[2] Allerdings ist es gelungen, die Tabelle durch entsprechende Umordnung zum großen Teil in eine Dreiecksmatrix zu verwandeln, was die Invertierung wesentlich erleichtert.

Eine der Besonderheiten der Tabelle besteht darin, daß sie – wie das traditionelle Planbilanzsystem – die kleinen Koeffizienten der Matrix **G** nicht anführt. Diese werden durch Null ersetzt, die kleinen Posten des Materialbedarfs sind summiert mit dem externen Ausstoß zusammengefaßt. (Der Endausstoß beinhaltet hier auch die Bedürfnisse der Produktion außerhalb der 230 hervorgehobenen Produkte.)

Zur Zeit ist die Erarbeitung einer neuen, noch detaillierteren, nach Produkten gegliederten I-O-Tabelle mit 307 Sektoren im Gange.

3.7. Die Kontrolle der Plankonsistenz

Die I-O-Berechnungen lösen bekanntlich große simultane Gleichungssysteme. Das ist auch die Aufgabe der in den vorigen Abschnitten behandelten Tabellen. Wie groß auch diese Tabellen sein mögen, so können sie doch nicht das riesenhafte *ganze* Plangleichungssystem lösen. Deshalb ist die I-O-Technik auch nur ein Hilfsmittel der Planung und vermag nicht sämtliche Funktionen der traditionellen Planung zu übernehmen.

Versuchen wir ein wenig zu verallgemeinern, was wir bei den beschriebenen Verfahren gemacht haben. Betrachten wir beispielsweise die Kontrollrechnungen mit den nach Zweigen gegliederten Tabellen vom zweiten Typ.

Wir haben aus dem Bereich der auf traditionelle Art festgestellten Planzahlen, aus dem Programm $[\mathbf{x}, \mathbf{y}]$ eine Teilmenge, den Vektor der Bruttoausstöße $\mathbf{v}$ herausgenommen. Obwohl er zur Zeit der Plankoordination noch eine Veränderliche ist, haben wir ihn als Konstante betrachtet. Dann haben wir das Gleichungssystem $\mathbf{d} = (\mathbf{E} - \mathbf{G})\,\mathbf{v}$ gelöst und das so erhaltene $\mathbf{d}$ mit dem bei der traditionellen Planung ermittelten $\mathbf{d}$ verglichen. Ähnlich sind wir auch vorgegangen, als wir aus den traditionellen Planzahlen den Vektor des Endausstoßes $\mathbf{d}$ herausnahmen, diesen, obwohl noch eine Veränderliche, provisorisch als Konstante betrachteten und $\bar{\mathbf{v}}$ errechneten: $\bar{\mathbf{v}} = \check{\mathbf{G}}\mathbf{d}$. Dann verglichen wir dieses $\bar{\mathbf{v}}$ mit dem bei der traditionellen Planung ermittelten $\mathbf{v}$.

Kein Verfahren setzte sich zum Ziel, *simultan* $\mathbf{d}$ und $\mathbf{v}$ auf einmal zu bestimmen, obwohl in der Tat beide Unbekannte des *großen* Plangleichungssystems sind. Die I-O-Berechnung hilft nur bei der simultanen Bestimmung, indem sie zur Anzeige von Inkonsistenzen beiträgt, die sich im Laufe dieser Bestimmung mit traditionellen Methoden ergeben.

3.8. Sonstige Input-Output-Tabellen

In den Abschnitten 3.3 – 3.7 wurde nur über die vom Landesplanungsamt erarbeiteten und in der Planung unmittelbar angewandten Tabellen berichtet. Der Vollständigkeit halber aber müssen wir auch die Tabellen erwähnen, die von anderen Institutionen mit anderen Methoden (in der Regel auf Grund statistischer Angaben)

zusammengestellt wurden, zumal wir bei unseren Berechnungen auch einige von ihnen benutzen.

Die Tabelle 3.1 gibt eine Übersicht der in Ungarn bisher aufgestellten volkswirtschaftlichen und zweiglichen I-O-Tabellen.

Auf einige Tabellen lenken wir die besondere Aufmerksamkeit.

Das Landespreisamt hat eine Tabelle von Riesenausmaß aufgestellt, die aber nicht das volle Volumen der gesellschaftlichen Produktion umfaßt. Je eine ihrer Zeilen und Spalten entspricht einem bevorzugten Produkt, das geeignet ist, mit seinen Einzeldaten eine ausgedehntere Produktengruppe zu repräsentieren. Mit Hilfe des Modells, das als »Typenvertreter« einer großen Produktenmenge

TABELLE

Die ungarischen

Lfd. Nr.	Sphäre der I-O-Tabelle	Berichtsjahr	Besondere Bestimmung
1	Volkswirtschaft	1957	
2	Volkswirtschaft	1959	
3	Volkswirtschaft	1961	
4—9	Volkswirtschaft	1959—1964 jedes Jahr	Zur Vorbereitung der Jahrespläne
10	Volkswirtschaft	1965	Zur Vorbereitung des Fünfjahrplanes
11	Volkswirtschaft	1970	Zur Vorbereitung des Fünfjahrplanes
12	Volkswirtschaft	1963	Zur Planung von Materialbilanzen
13	Volkswirtschaft	1960	Zu Preisanalysen
14	Volkswirtschaft	1960	Zu Preisanalysen
15	Eisenhüttenwesen	1958	
16	Landwirtschaft	1959	
17	Bauindustrie	1960	
18	Textil-, Kleidungs-, Leder- und Schuhindustrie	1960	
19	Textil-, Kleidungs-, Leder- und Schuhindustrie	1960	

* ZAS = Zentralamt für Statistik

der Volkswirtschaft zu betrachten ist, möchte man hauptsächlich die allseitige Fortpflanzung der Preisänderungen verfolgen (einerseits die Wirkung der Preisänderung einzelner Produkte oder Produktengruppen, andererseits die Auswirkung einer Abänderung der Preisbildungsprinzipien). Es muß noch untersucht werden, ob das Modell unmittelbar zur Gestaltung der bei den Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen angewandten kalkulatorischen Preise Verwendung finden kann.

Die I-O-Tabellen 15–19 »vergrößern« je eine Sphäre der Volkswirtschaft, indem sie ihre Beziehungen zu den anderen Zweigen der Volkswirtschaft darstellen. Ihre Anwendung kann die »Verfeinerung«, die detailliertere Zerlegung des kalkulatorischen Preissystems fördern.

3.1

Input-Output-Tabellen

Aufstellende Institution	Maßeinheit	Ausmaß des inneren Quadrats der technologischen Matrix (N)	Wurde die technologische Matrix des inneren Quadrats invertiert?	Literaturquellen
ZAS*	Ft	38	Ja	[186] [108] [144]
ZAS	Ft	96	Ja	[187] [110]
ZAS	Ft	54	Ja	[191]
LPA	Ft	ca. 40	Ja	[129]
LPA	Ft	45	Ja	[8]
LPA	Ft	19	Im Gange	[170]
LPA	Natural-einheit	233	Ja	[39]
Landespreisamt	Ft	268	Ja	[42] [194]
Landespreisamt	Ft	1300	Im Gange	[42]
Institut für Ökonomie	Ft	31	Ja	[157]
ZAS	Ft	45	Ja	[24]
Bautechnik- und Wirtschaftsbüro	Ft	56	Ja	[66]
Textil-Forschungsinstitut	Ft	192	Ja	[76] [149]
Textil-Forschungsinstitut	Natural-einheit	192	Nein	[76] [149]

4. Anhaltspunkte für die mathematische Planung

Die im Kapitel 3 behandelten I-O-Tabellen führen uns schon zum engeren Themenkreis der *mathematischen* Planung. Im folgenden Teil des Buches wird zwar des öfteren von I-O-Tabellen die Rede sein, trotzdem werden nicht sie, sondern die mathematischen *Optimierungs*-Modelle im Mittelpunkt der Abhandlung stehen. Die I-O-Tabellen gehören gegenwärtig schon zu den alltäglichen Planungsmethoden, was noch lange nicht von der mathematischen Optimierung gesagt werden kann.[1]

Bevor wir aber mit der eigentlichen Abhandlung der Probleme der Optimierung beginnen, müssen wir einleitend noch einiges über das Verhältnis der Optimierung – der mathematischen Planung – zu der traditionellen Planung bemerken.

Die allgemeine Ersetzung der traditionellen Planung durch die mathematische Planung ist gegenwärtig oder in der nahen Zukunft aus mehreren Gründen nichts weiter als eine Illusion. Das liegt zum Teil daran, daß die Anwendung der mathematischen Methoden auf zahlreiche Schwierigkeiten stößt. Diese werden noch dargestellt, weshalb wir jetzt nur einige von ihnen in Stichworten aufzählen:

Jede ökonomische Berechnung arbeitet mit Preisen. Die Preise passen sich jedoch den bisher üblichen Planungs- und Wirtschaftsmethoden an, denen sie mehr oder minder zuverlässig dienen.

Zu den ökonomischen Berechnungen werden Daten benötigt. Rechnungswesen und Statistik, die diese Daten liefern, wurden aber nach den Anforderungen der traditionellen Planung gestaltet, mit der sie besser oder schlechter im Einklang stehen.

Wir verfügen über wenig Rechenmaschinen, und die haben eine verhältnismäßig kleine Leistungsfähigkeit. Für die umfangreichen Berechnungen der alltäglichen Planungsarbeit würde sich jedoch wahrscheinlich selbst die gegenwärtige Rechenkapazität der mit Rechenmaschinen weit besser ausgerüsteten Länder als zu gering erweisen.

Und was vielleicht am wichtigsten ist: die Zahl der mit der Anwendung mathematischer Methoden bewanderten Fachleute ist gering. Erst vor kurzem begann

[1] Hier, wie im ganzen Buch, wird dem Sprachgebrauch folgend der Ausdruck »Optimierung« statt des im ungarischen Original verwendeten Ausdrucks »Programmierung« gebraucht. Dabei ist immer zu beachten, daß die Optimalität ein relativer Begriff und nur in bezug auf ein gegebenes Optimalitätskriterium definiert ist. Die Problematik der Optimalität wird im Kapitel 27 des Buches eingehend erläutert.

man, um diesen Mangel zu beheben, an den ungarischen Universitäten mit einer entsprechenden regulären Ausbildung. Der gegenwärtige Stamm von Fachleuten dieses Gebiets hat sich überwiegend autodidaktisch gebildet. Tausende Leiter und Planer haben sich an die traditionellen Methoden gewöhnt; sie kennen sich in diesen Methoden aus und können vorläufig nur mit diesen operieren. Ein Teil von ihnen ist gegenüber den neuen Methoden abgeneigt; aber selbst diejenigen, die daran interessiert sind, verstehen auch nur wenig davon; sie beginnen erst jetzt, sich mit den neuen Methoden zu befreunden. Das Interesse ist zwar enorm gestiegen, sehr viele besuchen mathematische Kurse oder lesen mathematisch-ökonomische Werke der ungarischen Fachliteratur (die vorläufig noch wenig zur Verfügung stehen). Jedenfalls sind gegenwärtig noch nicht die subjektiven Voraussetzungen für eine massenhafte, allgemeine Anwendung mathematischer Methoden gegeben.

Zusammenfassend ist zu sagen: die mathematischen Methoden befinden sich gegenwärtig noch in fremder Umgebung, im »Milieu« der traditionellen Planung. Dadurch entstehen zahlreiche Schwierigkeiten, und man ist zu vielerlei Zugeständnissen und Kompromissen gezwungen.

Dabei muß auch noch gesagt werden, daß die mathematischen Planungsmethoden (zumindest beim Stand der bisherigen Forschungsergebnisse) gegenüber den traditionellen Methoden nicht nur Vorteile, sondern auch Nachteile besitzen (auf diese werden wir später noch eingehen).

Unter diesen Umständen erscheint das Zusammenwirken zwischen der traditionellen und der mit mathematischen Methoden arbeitenden Planung als das realste und zweckdienlichste Ziel. *Die augenblickliche Bedeutung der mathematischen Methoden liegt auf den meisten Gebieten bei der Überprüfung, Ergänzung und Verbesserung der mittels traditioneller Methoden aufgestellten Pläne. Der folgende Schritt kann dann sein, daß die neuen Methoden die traditionellen Methoden* – auf einzelnen Gebieten, bei der Lösung einzelner umgrenzter Aufgaben – *allmählich ersetzen.*

Die mit mathematischen Methoden sich vollziehende Planung ist gegenwärtig noch nicht fähig, auf eigenen Füßen zu stehen; sie benötigt »Stützen«, Anhaltspunkte, die die Planung mit traditionellen Methoden bietet. Wir können über die Anhaltspunkte für die in diesem Buch beschriebenen Untersuchungen mehrere Gesichtspunkte angeben.

Wir haben bei jedem Modell einzeln entschieden, in welchem Ausmaß die gültigen *aktuellen* Preise in den alltäglichen finanziellen Verrechnungen beibehalten werden sollen, in welchem Maße statt ihrer die im Rahmen der traditionellen Planung bei den Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen angewandten *offiziellen kalkulatorischen* Preise, Produktionsfondsabgabefaktoren, Devisenkurse oder allgemeine offizielle kalkulative Bewertungen Verwendung finden – bzw. in welchem Ausmaß wir diese durch nicht-offizielle, doch zu der mathematischen Methode besser passende *eigene kalkulatorische* Bewertungen ersetzen müssen.

So haben wir z. B. in einzelne Berechnungen den in der Kennziffer g_n angewandten Produktionsfondsabgabefaktor, die durch das LPA vorgeschriebenen

Devisenkurse und anderes übernommen. Von Fall zu Fall haben wir auch dann die kalkulatorische Bewertung übernommen, wenn wir nicht von ihrer Fehlerlosigkeit überzeugt waren. Die Übernahme erfolgte, um das Ergebnis mit den auf Grund der von uns selbst erarbeiteten kalkulatorischen Bewertung erhaltenen Ergebnissen zu vergleichen oder auch einfach deshalb, weil wir nichts Besseres finden konnten und weil wir nicht die ungelösten Verrechnungsprobleme mit einigen Optimierungen lösen wollen (und es offensichtlich auch nicht können).

Ähnlich steht es auch mit den *Planauflagen*. Mit Hilfe unserer Modelle können und wollen wir auch nicht sämtliche Zahlenangaben der Perspektivpläne bestimmen. Die einzelnen Auflagen der mittels traditioneller Methoden erarbeiteten Pläne werden *als gegeben* angenommen.[1] Obwohl diese in der Wirklichkeit keine Konstanten sind, sondern – wie aus Kapitel 1 hervorgeht, – zur Zeit der Planungsperiode noch Veränderliche, werden sie in unseren Modellen als Konstanten behandelt. Die aus dem traditionellen Plan als Quasi-Konstanten übernommenen Angaben bezeichnen wir im folgenden als P l a n d i r e k t i v e n.

Unsere Modelle unterscheiden sich natürlich dadurch, welche Angaben als konstante Plandirektiven und welche als Veränderliche angesehen werden. In unseren Modellen werden aber einheitlich *in allen Fällen die Auflagen des nichtproduktiven Verbrauchs, der damit verbundene Inlandsbedarf als Plandirektive betrachtet.* In unseren Optimierungsmodellen fordern wir nicht die Maximierung der Befriedigung des gesellschaftlichen Bedarfes. *Statt dessen besteht das allgemeine Optimalkriterium unserer Modelle darin, mit minimalen gesellschaftlichen Aufwendungen den Bedarf des nichtproduktiven Verbrauchs – der durch die Planungsorgane festgelegt wurde – zu befriedigen.* Es hängt von dem gegebenen Modell ab, wie wir das allgemeine Prinzip konkret zur Geltung bringen, in welcher Form wir die auf den Bedarf des Inlandsverbrauchs bezogenen Plandirektiven in unser Modell einbauen, wie wir den Bereich der zu minimierenden Aufwendungen und deren finanzielle Verrechnung bestimmen, ob wir die durch den Außenhandel erreichbaren Vorteile zu den Möglichkeiten der Aufwandsersparnis rechnen können usw.; jedenfalls bringen wir immer dieses allgemeine Prinzip bei den in den verschiedenen Formen, auf Grund abweichender konkreter Überlegungen konstruierten Modellen zur Geltung.[2]

Wir sind uns bewußt, daß dies eine wesentliche Einengung der Forschung bedeutet. Die Einengung erleichtert aber im gegenwärtigen Stadium der Anwendung mathematischer Methoden die Konstruktion und die praktische Anwendung unserer Modelle grundlegend.

[1] Im Abschnitt 3.7 haben wir bereits im Zusammenhang mit den I-O-Tabellen darauf hingewiesen; dies gilt aber *allgemein* für die mathematischen Planungsmethoden.

[2] Auf eine ausführlichere Untersuchung des Optimalkriteriums werden wir erst im Kapitel 27 zurückkommen.

II. TEIL

ZWEIGLICHE OPTIMIERUNGSMODELLE

Die Hauptaufgabe des zweiten Teils besteht darin, die Grundgedanken der mathematischen Optimierung der zweiglichen Perspektivplanung und ihre grundlegenden Abweichungen von der traditionellen Planung darzulegen.

Hierbei scheint es zweckdienlich, an Stelle von abstrakten Erläuterungen zwei konkrete Beispiele, nämlich die Optimierung der Baumwoll- und die der Chemiefaserindustrie darzulegen. Da jedes mathematische Modell ein zusammenhängendes Ganzes bildet, sind beide Modelle wegen der leichteren Verständlichkeit vollständig dargestellt. Die beiden Zweige werden aber nur als Beispiele angeführt, und da ihre eingehendere Darlegung lediglich aus didaktischen Gründen erfolgt, werden zweigspezifische Einzelheiten und die Masse der mit der Optimierung im Zusammenhang stehenden technischen Angaben nicht mitgeteilt. Diese sind im Forschungsbericht zu finden. Obwohl in diesem Buch zur Illustration nur *bereits durchgeführte* zweigliche Optimierungen behandelt werden, ist erwähnenswert, daß zur Zeit der Abfassung des Manuskripts insgesamt *40 zweigliche Optimierungsmodelle* vorbereitet werden. Sie stehen alle mit den Berechnungen für den Perspektivplan 1966 bis 1970 im Zusammenhang. In einigen Zügen weichen zwar die neueren Modelle von den als Muster dienenden ersten zweiglichen Optimierungsmodellen ab, sie stimmen aber in ihren wichtigsten Merkmalen überein.

Es werden provisorisch einige vereinfachende und einengende Voraussetzungen gemacht. (Diese Voraussetzungen werden in den folgenden Teilen des Buches allmählich fallengelassen):

1. Es wird vorausgesetzt, daß alle Daten genau bekannt sind. Eventuelle Unsicherheiten der Daten werden im dritten Teil des Buches behandelt.

2. In beiden zweiglichen Modellen ist die Minimierung der Aufwendungen das Optimalkriterium. Für die sich hierzu notwendig machende wertmäßige Berechnung der Aufwendungen wird vorläufig die offizielle Bewertung verwendet. Im vierten Teil des Buches werden die Probleme der wertmäßigen Berechnung der Aufwendungen untersucht; dort wird behandelt, inwieweit es zweckmäßig ist, die offizielle Bewertung durch eine andere zu ersetzen.

3. Es werden ausschließlich solche Entscheidungen untersucht, die innerhalb eines Zweiges getroffen werden. Die aus dem traditionellen Plan übernommenen Plandirektiven garantieren, daß die auf dieser Grundlage getroffenen Entscheidungen sich in den Volkswirtschaftsplan einfügen. Vorläufig wird nicht behandelt, wie die zweigliche Optimierung bei der kritischen Überprüfung der Plandirektiven angewendet werden kann – dieses wird im fünften Teil des Buches erläutert.

4. Es werden ausschließlich *Strukturentscheidungen* behandelt. Für die Berechnungen wird der zu erreichende Zustand des Planjahres, das den Perspektivplanzeitraum abschließt, zugrunde gelegt. Dabei wird nicht die zeitliche Verteilung, die zeitliche Koordinierung der in der Periode zwischen Entscheidung und Endzustand sich vollziehenden Tätigkeiten untersucht, sondern nur mit den am Ende der Planperiode sich ergebenden Konsequenzen gerechnet. (Die Probleme, die sich auf die Zeit beziehen, werden wir erst im fünften Teil des Buches behandeln.)

Wegen dieser provisorischen, vereinfachenden Voraussetzungen werden die beiden zweiglichen Modelle nur in ihrer einfachsten Form dargestellt. Bei den tatsächlichen Untersuchungen wurden mehrere andere modifizierte Modelle angewandt; mit Hilfe dieser Modelle wurden verschiedene Berechnungen durchgeführt, von denen in den Teilen III – V die Rede sein wird.

5. Auswahl der Produktionsvarianten Modell der Baumwollindustrie[1]

5.1. Die Entscheidungsprobleme

Bei der Aufstellung des für die Zwecke der Wirtschaftlichkeitsberechnung konstruierten mathematischen Modells gehört die Bestimmung der zu beantwortenden Entscheidungsprobleme zu den ersten Aufgaben. Zu den Entscheidungsproblemen des Modells gehören diejenigen Fragen, zu deren Lösung sich mehrere Möglichkeiten bieten, wobei die auf Grund des Modells ausgeführten Berechnungen den Anhaltspunkt zur Auswahl der günstigsten Möglichkeit geben sollen.

Die Baumwollindustrie ist der ausgedehnteste und vom Gesichtspunkt des Exports auch der wichtigste Zweig der ungarischen Leichtindustrie. Der auf traditionelle Art erarbeitete Perspektivplan schrieb eine bedeutende Erhöhung der Baumwollstoffproduktion sowohl für den inländischen Bedarf als auch für den Export vor. Mit Hilfe des Modells beabsichtigten wir, weder den inländischen Baumwollbedarf noch die Exportauflagen zu überprüfen, wir betrachteten also die Produktionsauflage der Baumwollstoffbilanz als Plandirektive. Im Mittelpunkt der Untersuchung stand die Frage, unter welchen technologischen Möglichkeiten die Auswahl zu treffen sei, um den vorgeschriebenen Stand der Baumwollstoffproduktion zu erreichen.[2]

Es lagen folgende strukturelle Entscheidungsprobleme vor:

1. Wie sollte die Stoffproduktion gesteigert werden, durch technische Rekonstruktion der vorhandenen Webereien oder durch Errichtung neuer Webereien?

2. Bei einem Teil des vorhandenen Maschinenparks konnte wahlweise entschieden werden, ob eine Maschine unverändert weiter eingesetzt oder mittels ergänzender Investition modernisiert oder aber endgültig demontiert werden sollte.

[1] Detaillierte Angaben und Ergebnisse der Untersuchung wurden in den Artikeln [72] und [73] veröffentlicht; ausführliche Daten und Resultate enthält der offizielle Abschlußbericht [77].

Die Untersuchung wurde von einer Arbeitsgruppe unter Leitung des Verfassers im Auftrag des Ministeriums für Leichtindustrie durchgeführt. Mitglieder der Arbeitsgruppe waren die Mathematiker *Z. Marcsányi* und *P. Wellisch*, ferner *F. Kotányi*, Oberingenieur in einem Textilbetrieb, sowie *Dr. S. Fülöp*, *Dr. J. Pécsi* und *Dr. L. Szabó*, Ökonomen in einem Textilbetrieb; die Berechnungen auf dem elektrischen Rechenautomaten wurden unter Leitung von *T. Frey* ausgeführt.

[2] Die hier betrachteten Entscheidungsprobleme, die Auswahl der *technologischen* Varianten sind im wesentlichen mit denjenigen verwandt, die für die staatliche Energieerzeugung Frankreichs untersucht wurden. (Siehe die Studie von *P. Massé* [122].)

3. Beim anderen Teil des vorhandenen Maschinenparks bot sich nur die Alternative, die Maschinen weiter einzusetzen oder zu demontieren.

4. Im Falle des Einkaufs neuer Maschinen konnte die Auswahl unter vielen Typen getroffen werden. Es mußte entschieden werden, welche Typen ausgewählt werden sollten und wieviel Maschinen der gewählten Typen zu kaufen waren.

Man glaube nicht, daß die Wirtschaftsleitung die Entscheidungsprobleme für die Optimierung fix und fertig auf den Tisch legt. Aus der Unzahl der Probleme hat der Forschende solche herauszuheben, die in einem bestimmten Sinne eine Einheit bilden und im Rahmen eines gemeinsamen Modells untersucht werden können. Um die Entscheidungsprobleme abgrenzen zu können, mußten während der Untersuchungen zahlreiche Besprechungen mit den verschiedenen Leitern geführt werden.

5.2. Die Optimierungssphäre

Der Bereich der Untersuchung in der Baumwollindustrie wurde in großen Zügen durch den Auftrag des Ministeriums für Leichtindustrie bestimmt.

Die Produktion des Baumwollstoffes erfolgt in drei nacheinanderfolgenden, vertikalen Stufen: Spinnerei, Weberei und Appretur. Auf Grund des Auftrages mußten wir uns mit der mittleren Stufe, der Weberei, befassen, mit den beiden anderen nicht. Der Webprozeß mußte nicht nur in einem Betrieb, sondern in sämtlichen Betrieben der Abteilung Baumwollindustrie des Ministeriums untersucht werden.

In den Webereien sind mehrere Produktionsprozesse auszuführen, vor allem der eigentliche Webprozeß, der auch keinen vollkommen homogenen Charakter besitzt. Die Webmaschinen können nämlich vom Gesichtspunkt des hergestellten Produktes, des Rohgewebes, in mehrere Gruppen eingeteilt werden. Mit einigen werden sogenannte *Glattgewebe* hergestellt, mit anderen sogenannte *Schußbuntgewebe* (z.B. karierte Hemdstoffe, Taschentücher usw.) und mit einer kleineren Gruppe *Spezialstoffe* (Cloth, Frottiertuch usw.). Innerhalb dieser Gruppen werden Stoffe von verschiedenen Breiten gewebt (z.B. Glattgewebe in der Breite von 70 cm bis zu 160 cm).

Zu den Webereien gehören die sog. *Webereivorbereitungsbetriebe*, wo die von der Spinnerei erhaltenen Garne zum Weben vorbereitet werden. Im Vorbereitungsbetrieb werden eine ganze Reihe vertikal miteinander verbundene bzw. parallel nebeneinander verlaufende Arbeitsprozesse ausgeführt. In Abbildung 5.1 ist ihre Anordnung schematisch dargestellt.

Von den in der Abbildung angegebenen Prozessen haben wir außer dem Webprozeß die vier wichtigsten Vorbereitungsarbeiten in unserem Modell hervorgehoben: das Kreuzspulen, das Schußspulen, das Zetteln und das Schlichten. Das bedeutet nicht, daß die anderen, in die Berechnung nicht einbezogenen (in der Abbildung mit gestrichelter Linie dargestellten) Vorgänge technologisch zu entbehren sind. Die erwähnten vier Prozesse nehmen aber die meisten und teuersten Grundfonds in Anspruch (die Erfordernisse der anderen sind im Vergleich dazu

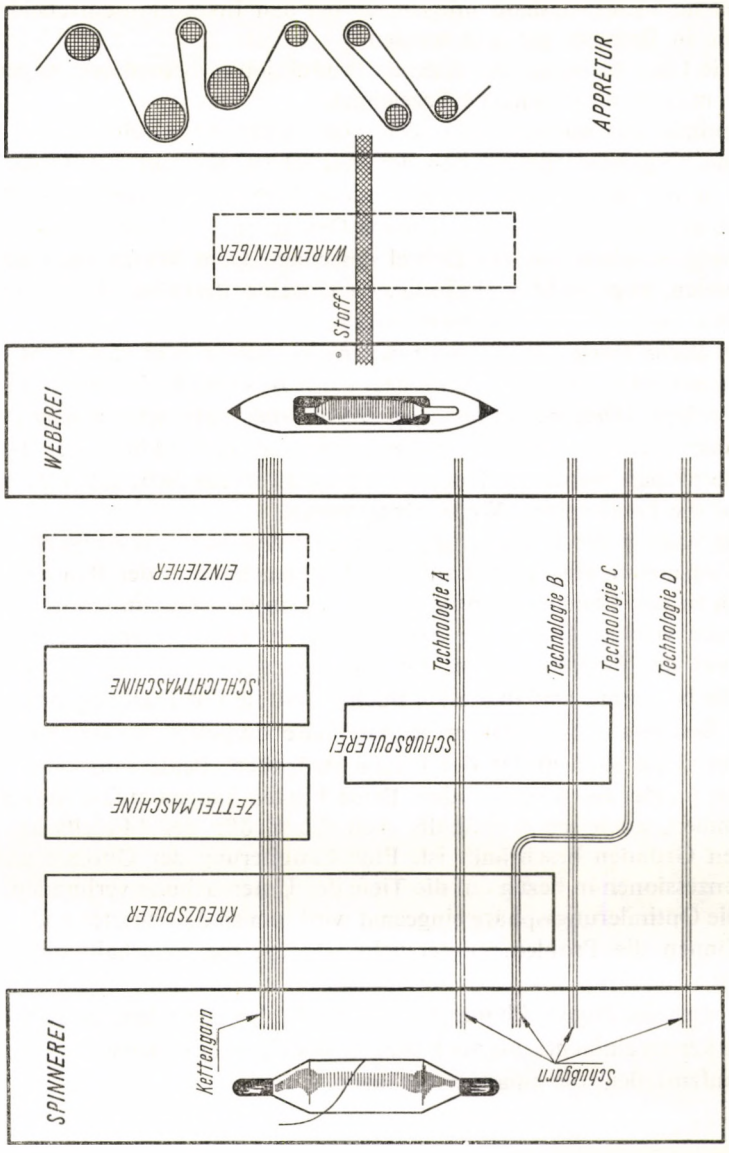

APPRETUR
WARENREINIGER
Stoff
WEBEREI
EINZIEHER
SCHLICHTMASCHINE
ZETTELMASCHINE
KREUZSPULER
SCHUßSPULEREI
Technologie A
Technologie B
Technologie C
Technologie D
SPINNEREI
Kettengarn
Schußgarn

Abb. 5.1

verschwindend klein), deshalb müssen sie bei den Investitionsentscheidungen in erster Linie in Betracht gezogen werden.

Die in die Untersuchung einbezogenen Produktionsvorgänge werden gemeinsam als Optimierungssphäre bezeichnet.

Die Optimierungssphäre deckt sich aber nicht notwendigerweise mit den »offiziellen« Organisationseinheiten der Wirtschaft. So sind z.B. Organisationseinheiten in der Baumwollindustrie: 1. die Weberei innerhalb des Betriebes, 2. der Betrieb und 3. der Zweig. Unsere Optimierungssphäre umfaßt nicht den vollen Zweig, sondern nur ein Drittel desselben. Dem Wesen nach umfaßt sie die Webereien, aber nicht vollständig, da einzelne Betriebseinheiten von geringerer Bedeutung außer acht gelassen werden.

Bei der Bestimmung der Optimierungssphäre richtet man sich nicht nach der Organisationsstruktur, sondern man grenzt einen Bereich ab, der vom Gesichtspunkt des untersuchten Wirtschafts-Planungsproblems eine mehr oder minder organische Einheit bildet.[1] Da die Hauptrichtungen für die Entwicklung der Baumwollweberei verglichen werden sollten, schien es zweckdienlich, die Optimierungssphäre auf die beschriebene Weise abzugrenzen.

Die Abgrenzung der Optimierungssphäre ist eine schwere Aufgabe. Der endgültigen Festsetzung gingen im Laufe der Untersuchung in der Baumwollweberei (aber auch in der Chemiefaserproduktion und in der Aluminiumindustrie) viele Diskussionen voraus. Durch die Abgrenzung der Optimierungssphäre wird die »Breite«, mit der Festsetzung der Entscheidungsprobleme hingegen die »Tiefe« des Modells bestimmt. Daß in diesem Buch zuerst die Entscheidungsprobleme und dann die Bestimmung der Optimierungssphäre dargelegt wurde, besagt nichts über die zeitliche Reihenfolge der beiden Aufgaben. Beide müssen gemeinsam, parallel zueinander festgelegt werden. Beide Fragen hängen aufs engste miteinander zusammen, auch schon deshalb, weil die Größe des Modells aus rechentechnischen Gründen beschränkt ist. Eine Erweiterung der Optimierungssphäre ist mit Konzessionen in bezug auf die Tiefe der Untersuchung verbunden; je mehr dagegen die Optimierungssphäre eingeengt wird, um so detaillierter und variantenreicher können die Probleme untersucht werden, die innerhalb dieser Sphäre auftauchen.

In der mannigfaltigen Planungsarbeit sind gleichermaßen sowohl breitere, jedoch stärker vereinfachte, als auch engere, jedoch tiefer dringende Optimierungsmodelle aufzustellen, die einander ergänzen.

[1] So wurde z.B. die Bauxit-Alaunerde-Aluminium-Produktion, die zum Ministerium für Schwerindustrie gehört, in die Optimierungssphäre des Modells für Aluminiumindustrie aufgenommen sowie der Export und Import dieser Produkte, die vom Außenhandelsministerium abgewickelt werden. Einzelne Nebenprodukte der Aluminiumindustrie wurden hingegen nicht mit aufgenommen, obwohl sie auch von Unternehmen des Ministeriums ür Schwerindustrie hergestellt werden.

5.3. Die Aktivitäten und die Variablen des Modells

Zusammenfassend werden die innerhalb des Modells untersuchten wirtschaftlichen Prozesse (z.B. Produktion, Investition, Bau, Import usw.) als Aktivitäten bezeichnet. Das Ziel der auf Grund des Modells angestellten Berechnung besteht darin, festzustellen, welche der möglichen Aktivitäten zweckmäßigerweise auszuführen sind und in welchem Umfang. Unter Umfang ist die Größe, die Breite oder die Menge der fraglichen Aktivität zu verstehen.

Die im Modell der Baumwollwebereien enthaltenen Aktivitäten sind solche Vorhaben, die die vorgeschriebene Zusammensetzung des Maschinenparks und der Gebäude des Industriezweiges für 1965, das Ende der Planperiode, sicherstellen. Die einzelnen Vorhaben sind: weiterer Einsatz der vorhandenen Maschinen unter Sicherung regelmäßiger Generalreparaturen, Modernisierung durch teilweisen Umbau der vorhandenen Maschinen; Demontierung der vorhandenen Maschinen, Anschaffung und Aufstellung neuer Maschinen, Errichtung neuer Gebäude – all dieses im Laufe des Zeitabschnittes 1961 bis 1965. Sämtliche im Modell enthaltenen Aktivitäten beinhalten je ein Vorhaben oder die Kombination mehrerer Vorhaben.

Der Umfang der Aktivitäten wird mit x_{jkl} bezeichnet. Die x_{jkl} sind die Veränderlichen unseres Modells. Die Maßeinheit ist 1 Stück Maschine. Wenn z.B. $x_{jkl} = 1000$ ist, so bedeutet das die Ausführung einer Aktivität mit dem Resultat, daß im Jahre 1965 die Maschinengruppe *jkl* 1000 Stück Maschinen umfaßt.

Welches sind die spezifischen Züge der einzelnen Maschinengruppen; auf welche Charakteristiken weisen die drei Indizes hin?

Der erste Index gibt *das Produkt* an. In der Optimierungssphäre werden sieben verschiedene Produkte hergestellt ($j = 1, 2, \ldots, 7$):

1. Schmaler glattgewebter Stoff (auf Webmaschinen schmaler als 136 cm hergestellt)
2. Breiter glattgewebter Stoff (auf Webmaschinen von einer Breite von 136 cm und mehr hergestellt)
3. Schußbuntgewebter Stoff
4. Geschlichtetes Garn
5. Gezetteltes Garn
6. Schußgespultes Garn
7. Kreuzgespultes Garn.

Diese sieben »Produkte« bilden in Wirklichkeit je ein Aggregat, eine Produktengruppe, die sich aus vielerlei konkreten Produkten zusammensetzt.

Der zweite Index gibt die *Aufstellungsweise* an ($k = 1, 2$). Die 1. Aufstellungsweise besagt, daß die Maschine in dem alten, zur Zeit der Optimierung schon bestehenden Gebäude aufgestellt wird, die 2. Aufstellungsweise, daß die Maschine in einem neuen, später zu errichtenden Gebäude aufgestellt wird. Demnach enthalten die Aktivitäten x_{j2l} auch Bauvorhaben, nämlich die Errichtung von Gebäuden zur Aufstellung der Maschinen.

Das Programm soll auch angeben, ob irgendeine Aktivität in einem alten oder neuen Betrieb wirksam wird, eine nähere Angabe bezüglich des *Ortes* der Aktivität gibt es dagegen nicht. Dieses bedeutet praktisch, daß bei der Bestimmung der Daten der einzelnen Aktivitäten (Investitionskosten, Leistungsangaben usw.) nicht die Eigenheiten des einen oder anderen Betriebes zugrunde gelegt wurden, sondern der *zweigliche Durchschnitt*. Das Programm gibt nur an, daß aus dem Maschinenpark der breiten Webstühle der alten Betriebe 2000 Maschinen demontiert werden und statt dessen 1600 neue zur Aufstellung gelangen sollen, jedoch nicht, in welchen Betrieben der Austausch der Maschinen vorzunehmen ist.

Der dritte Index schließlich gibt die *Technologie* in bezug auf die Maschinen an, die gleiche Produkte herstellen und in gleicher Weise angeordnet wurden, aber unterschiedlich sind. Zur Herstellung des Produktes j gibt es für die Maschinen der Aufstellungsweise k mehrere technologische Varianten; ihre Anzahl n_{jk} ist je nach Produktenart bzw. Anordnungsweise verschieden; ($l = 1, \ldots, n_{jk}$).

Es wäre langwierig, alle Veränderlichen des Modells der Baumwollindustrie aufzuzählen, statt dessen begnügen wir uns, zur Veranschaulichung die Maschinengruppen aufzuzählen, die das 1. Produkt, den schmalen glattgewebten Stoff, produzieren. Vor der Aufzählung ist aber noch zu bemerken, daß bereits im Jahre 1960 die größten Gruppen des vorhandenen Maschinenbestandes, die Glattwebmaschinen, die Kreuz- und Schußspulmaschinen, in je zwei technische Kategorien eingeteilt wurden: in die Kategorie der »besseren« und in die der weniger produktiven, »schlechteren« Maschinen.

1.1. *Schmale Glattwebmaschinen, die im alten Gebäude untergebracht sind:*

1.1.1. Weiterer Einsatz der alten schlechteren Maschinen. (Unter weiterem Einsatz wird der weitere Betrieb bei unverändertem technischem Zustand verstanden. Die unveränderte Leistungsfähigkeit wird durch die zum erforderlichen Zeitpunkt durchgeführten Großreparaturen gesichert.)

1.1.2. Demontierung der alten schlechteren Maschinen.

1.1.3. Weiterer Einsatz der alten besseren Maschinen.

1.1.4. Demontierung der alten besseren Maschinen.

1.1.5. »Beschleunigung« der alten besseren Maschinen. Das erfordert einen kleineren technischen Umbau, der eine bedeutende Steigerung der Umdrehungszahl ermöglicht.

1.1.6. Automatisierung der alten besseren Maschinen durch Importinvestitionen. (In diesem Fall wird die Maschine durch Montierung eines sogenannten »Anbauautomaten« modernisiert.)

1.1.7. Aufstellung neuer Schützenwechselwebautomaten. (Das ist der billigste, jedoch am wenigsten produktive Typ.)

1.1.8. Aufstellung neuer Spulenwechselwebautomaten. (Mittlerer Preis, mittlere Produktivität.)

1.1.9. Aufstellung neuer schützenloser Webautomaten. (Das ist der teuerste, jedoch produktivste Typ.)

1.2. *Schmale Glattwebmaschinen, die im neuen Gebäude untergebracht sind:*

1.2.1. Aufstellung neuer Schützenwechselwebautomaten.
1.2.2. Aufstellung neuer Spulenwechselwebautomaten.
1.2.3. Aufstellung neuer schützenloser Webautomaten.

Wie wir sehen, wurde hier und auch weiterhin vorausgesetzt, daß in neuen Gebäuden nur neue schmale Glattwebmaschinen aufgestellt werden können. Die Möglichkeit, alte Maschinen aus den alten Gebäuden in neue zu verlegen, wurde ausgeschlossen.

Die Zusammenstellung der Liste der im Modell vorkommenden Aktivitäten ist keine leichte Aufgabe. Hier bereitet die übergroße Anzahl von möglichen Aktivitäten besondere Schwierigkeiten; denn eigentlich könnten weit mehr Aktivitäten in Frage kommen. Es gibt mehrere erwerbbare neue Maschinentypen. Zur Modernisierung der alten Maschinen kennt man noch zahlreiche andere Modalitäten usw. Die notwendige Beschränkung der Modellgröße zwang aber zur Einengung der Liste. Wir bemühten uns auf Grund der mit den Experten geführten Diskussionen, die für die verschiedenen technischen Entwicklungsrichtungen kennzeichnendsten und repräsentativsten Aktivitäten in das Modell einzubauen. Bei der Auswahl muß man sehr bedachtsam vorgehen, da ja eine entschiedene *Ablehnung* einer möglichen Aktivität nicht weniger bedeutungsvoll ist als die Annahme einer anderen. Die negative Entscheidung kann auch einen Verlust zur Folge haben. Wäre nämlich die abgelehnte Aktivität in der optimalen Lösung enthalten gewesen, so verursacht im Verhältnis zu dieser die verwirklichte nicht-optimale Lösung einen Verlust.

Mit der Bestimmung des Wertes der Veränderlichen x_{jkl} werden die im Abschnitt 5.1 beschriebenen Entscheidungsprobleme gelöst.

1. Welches Ausmaß sollen die neuen Gebäude haben und bis zu welchem Grad ist in den alten Betrieben die technische Rekonstruktion durchzuführen?
2. und 3. Was soll mit dem alten Maschinenpark geschehen?
4. Welche und wieviele neue Maschinen sind zu beschaffen?

Die auf die Entscheidungsprobleme erteilte Antwort ist gleichzeitig qualitativ und quantitativ; qualitativ, da sie die Richtung der Aktivitäten bestimmt und angibt, welche Aufgaben zu verwirklichen und welche abzulehnen sind, quantitativ, da sie bestimmt, in welchem Maße jede Aktivität zu verwirklichen ist.

Die Gesamtheit der aufgezählten Veränderlichen – das Programm **x** – gibt letzten Endes die Zusammensetzung des ganzen Maschinenparks der Baumwollindustrie sowie das Ausmaß der Gebäude für einen bestimmten Zeitpunkt an.

5.4. Die äußeren Einschränkungen

Wir können kein beliebiges Programm ausführen. Es bestehen reale Gegebenheiten, an die man sich anpassen muß. Eine Einschränkung ist der mathematische Ausdruck einer Bedingung, die die beliebige Auswahl des Programms einengt.

Überblicken wir das System der Einschränkungen für das Modell der Baumwollindustrie. Die erste Gruppe der Einschränkungen reguliert die *Ausstoßforderungen* der Optimierungssphäre:

Ausstoßforderung für den schmalen glattgewebten Stoff

$$\sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{1k}} f_{1kl}\, x_{1kl} = v_1, \tag{5.1}$$

hierbei ist

f_{1kl} der Outputkoeffizient, der Jahresstoffausstoß einer Einheit des schmalen Glattwebstuhls kl bei normaler Ausnutzung der Leistungsfähigkeit der Maschine

v_1 die Plandirektive, die sich aus der Stoffausstoßforderung der Baumwollindustrie für das Jahr 1965 ergibt.

Die Einschränkung haben wir in Form einer Gleichung angesetzt; das bedeutet, daß es unzweckmäßig ist, die Ausstoßforderung überzuerfüllen.

Analog sind die folgenden beiden Einschränkungen:

Ausstoßforderung für den breiten glattgewebten Stoff

$$\sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{2k}} f_{2kl}\, x_{2kl} = v_2. \tag{5.2}$$

Ausstoßforderung für den schußbuntgewebten Stoff

$$\sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{3k}} f_{3kl}\, x_{3kl} = v_3. \tag{5.3}$$

Die zweite Gruppe der Einschränkungen gibt die Grenzen der durch die Optimierungssphäre *aufwendbaren Ressourcen* an.

Bruttoinvestitionsfonds

$$\sum_{i=1}^{7} \sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{jk}} h_{jkl}^{\text{inv}}\, x_{jkl} \leqq w^{\text{inv}}, \tag{5.4}$$

hierbei ist

h_{jkl}^{inv} der Ressourceninputkoeffizient, der Bruttoinvestitionsbedarf der Aktivität jkl für eine Maschineneinheit in Ft (Forint).
Praktisch beinhaltet er folgende Kosten:

- Die innerhalb der fünf Jahre der Planperiode entstehenden Kosten für Generalreparaturen bei den weiter eingesetzten Maschinen des gegenwärtigen Maschinenparks,
- die bei den neuen Maschinen auftretenden Beschaffungs- und Montagekosten,
- die an Hand des Verschrottungswertes der zur Demontierung gelangenden Maschinen entstehende Einnahme (da sie die Gesamtkosten

der Optimierungssphäre vermindert, zählt diese Einnahme als negative Kostenart) und
- die Baukosten für den Fall von in neuen Gebäuden aufgestellten Maschinen.

w^{inv} ist der Bruttoinvestitionsfonds der Baumwollwebereien in Ft.

Durch diese Einschränkung wird die vereinfachende Voraussetzung ausgedrückt, daß die für Bruttoinvestitionszwecke einzusetzende Summe beliebig für die Generalreparatur, Modernisierung, Beschaffung oder Errichtung neuer Gebäude verwendet werden darf.[1]

Diese Voraussetzung stellt eine wesentliche Abweichung von der üblichen Planungspraxis und den finanziell-organisatorischen Formen dar, die eine ziemlich scharfe Grenzlinie zwischen der sogenannten Erhaltung (praktisch in erster Linie Generalreparaturen) und der »Investition« ziehen.[2]

Devisenfonds für das kapitalistische Ausland

$$\sum_{j=1}^{7} \sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{jk}} h_{jkl}^{\$} x_{jkl} \leqq w^{\$}, \tag{5.5}$$

wobei

$h_{jkl}^{\$}$ der auf die Einheit der Tätigkeit *jkl* entfallende Importinvestitionsbedarf in Dollar (er ist natürlich Null bei den Investitionen, die keine kapitalistischen Devisen beanspruchen) und

$w^{\$}$ der Devisenfonds der Baumwollwebereien für das kapitalistische Ausland in Dollar ist.

Da die Bautätigkeit ein Engpaß der Volkswirtschaft ist, wird auch die Baumöglichkeit als beschränkt betrachtet.

Baufonds

$$\sum_{j=1}^{7} \sum_{l=1}^{n_{j2}} h_{j2l}^{bau} x_{j2l} \leqq w^{bau}, \tag{5.6}$$

wobei

h_{j2l}^{bau} der auf eine Maschineneinheit der Aktivität *j2l* entfallende Baubedarf in m^2 Gebäude und

w^{bau} der in m^2 umgerechnete Baufonds der Baumwollwebereien ist.

[1] Von dem für die Bruttoinvestitionen staatlich vorgesehenen Fonds wurde von Anfang an die Summe subtrahiert, die zur Instandhaltung der Gebäude erforderlich ist. Da die Bauindustrie in der Volkswirtschaft ein Engpaß ist, tritt die Möglichkeit, die alten Gebäude abzureißen, um statt ihrer neue zu errichten, nicht auf. Eine solche Auswahlmöglichkeit konnte also bei unseren Berechnungen außer acht gelassen werden.

[2] Siehe hierzu den Abschnitt 1.1 sowie das Buch von *I. Nemény*i [132] (S. 256—272).

Die Werte von w^{inv}, $w^{\$}$ und w^{bau} wurden aus folgenden Erwägungen als Plandirektiven betrachtet:

Der auf Grund traditioneller Methoden erarbeitete offizielle Plan sieht bestimmte Summen zur Investition vor, darunter Summen für Import aus kapitalistischen Ländern und für Bautätigkeit.[1] *Unser Programmvorschlag kann von diesen Ressourcen nicht mehr beanspruchen, als im offiziellen Plan hierfür vorgesehen ist.*

Bisher wurden ausschließlich Aufwendungen von Investitionscharakter behandelt. Es taucht die Frage auf, ob nicht der in den Baumwollwebereien zur kontinuierlichen Inbetriebhaltung erforderliche Material- und Arbeitsaufwand und auch andere Kategorien von Aufwendungen für die Inbetriebhaltung als beschränkt betrachtet werden müssen.

Im Falle eines großen Arbeitskräftemangels wäre es auch begründet, in Form einer Einschränkung vorzuschreiben, daß z.B. der Arbeitskräftebedarf der Baumwollwebindustrie im Jahre 1965 nicht größer als die festgelegte Beschäftigtenanzahl sein darf. Da aber gegenwärtig kein Mangel an Arbeitskräften herrscht, brauchte keine derartige Einschränkung in unser Modell eingebaut werden.

Auch der Materialaufwand wurde nicht als beschränkt betrachtet.

Das bedeutet natürlich nicht, daß nicht bei sämtlichen Kostenarten für die laufende Produktion zu *sparen* wäre. Diese Forderung berücksichtigt das Modell, wie wir sehen werden, auf andere Weise.

Die Tatsache, daß von den Kostenarten keine einzige als beschränkt betrachtet werden brauchte, folgt aus den speziellen Gegebenheiten des Modells für die Baumwollwebindustrie und kann nicht verallgemeinert werden.

5.5. Die inneren Einschränkungen

Nachdem wir diejenigen Einschränkungen betrachtet haben, die unsere Optimierungssphäre – als Produzent und als Konsument – mit der »Außenwelt«, d. h. mit der übrigen Volkswirtschaft verknüpfen, wenden wir uns jetzt den inneren, den regulierenden Bedingungen der Optimierungssphäre zu.

Die jetzt betrachtete Gruppe von Einschränkungen sind die aus der Planungspraxis wohlbekannten *Materialbilanzen.* Sie drücken die Deckung des Gesamtbedarfes der Webereien durch die Leistungsfähigkeit der Vorbereitungs-Betriebseinheiten aus.

Bilanz für geschlichtetes Garn

$$\sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{4k}} f_{4kl}\, x_{4kl} = \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{jk}} g_{jkl}^{(4)}\, x_{jkl}, \tag{5.7}$$

wobei

[1] Im vorliegenden Buch wird der mittels traditioneller Methoden erarbeitete und mit mathematischen Methoden überprüfte Plan o f f i z i e l l e r P l a n genannt. Dieser ist in einzelnen Fällen schon ein endgültig bestätigter Plan mit Gesetzeskraft, in anderen Fällen hingegen nur ein mit traditionellen Methoden erarbeiteter Planvorschlag, der noch endgültig bestätigt werden muß.

f_{4kl} der Outputkoeffizient, der Jahresausstoß einer Einheit der Schlichtmaschinengruppe kl in kg und der Materialinputkoeffizient

$g_{jkl}^{(4)}$ der Jahresbedarf an geschlichtetem Garn für eine Einheit der Webmaschinengruppe jkl in kg ist (wenn die Jahresproduktion der Maschine durch den Outputkoeffizienten f_{jkl} der Bedingungen (5.1)–(5.3) gegeben ist).

Die Einschränkung hat die Form einer Gleichung, da geschlichtetes Garn nur für die Webmaschinen beansprucht wird.

Analog sind folgende zwei Bilanzen:

Bilanz für gezetteltes Garn

$$\sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{5k}} f_{5kl}\, x_{5kl} = \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{jk}} g_{jkl}^{(5)}\, x_{jkl}\,; \tag{5.8}$$

Bilanz für schußgespultes Garn

$$\sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{6k}} f_{6kl}\, x_{6kl} = \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{jk}} g_{jkl}^{(6)}\, x_{jkl}. \tag{5.9}$$

Die auf das kreuzgespulte Garn bezogene Einschränkung weicht insofern von den vorhergehenden ab, als auch die außerhalb der Baumwollwebindustrie liegende Sphäre, die Wollindustrie, Wirkwarenindustrie usw. kreuzgespultes Garn beansprucht.

Bilanz für kreuzgespultes Garn

$$\sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{7k}} f_{7kl}\, x_{7kl} = \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{jk}} g_{jkl}^{(7)}\, x_{jkl} + v_7\,, \tag{5.10}$$

wobei

f_{7kl} der Jahresausstoß der Kreuzspulmaschine kl in kg

$g_{jkl}^{(7)}$ der Jahresbedarf an kreuzgespultem Garn der Webmaschine jkl in kg

v_7 die externe Auslieferungsverpflichtung für kreuzgespultes Garn nach der Plandirektive ist.

Die Einschränkungen (5.7)–(5.10) sichern die *allgemeine* Proportionalität zwischen den Vorbereitungsbetrieben und den Webereien. Darüber hinaus aber sind gewisse *spezielle* Proportionalitäten zu sichern. Die Leistungsfähigkeit der Webautomaten wurde nämlich unter der Annahme bestimmt, daß sie das Garn nicht von irgendwelchen, sondern von modernen Maschinen erhalten, die Garne erstrangiger Qualität produzieren. Dieses wurde in Form spezieller Bedingungen fixiert, die vorschreiben, daß die auf modernen Maschinen produzierte Garn-

menge den Bedarf der Webautomaten deckt. Von einer detaillierteren Beschreibung wird der Kürze halber abgesehen.

Die nächste Gruppe der Einschränkungen drückt den Zustand der vorangehenden Periode, der zur Zeit der Optimierung bestand, den »*Status quo*« aus, der natürlich in Betracht zu ziehen ist, wenn die weiteren Aufgaben bestimmt werden sollen.

Vor allem sind die gegenwärtigen Gebäude gegeben. Also darf der Raumbedarf der Maschinen, die wir in den alten Gebäuden unterbringen möchten, die Grenzen der gegenwärtigen Gebäudegröße nicht überschreiten.

Die Einschränkung durch die alte Betriebsfläche

$$\sum_{j=1}^{7} \sum_{l=1}^{n_{j1}} h_{j1l}^{\text{Fläche}} \, x_{j1l} \leqq w^{\text{Fläche}}, \tag{5.11}$$

wobei

$h_{j1l}^{\text{Fläche}}$ der Raumbedarf an alter Betriebsfläche einer Maschineneinheit der Aktivität $j1l$ in m^2 und

$w^{\text{Fläche}}$ die gesamte alte Betriebsfläche in m^2 ist. Das ist eine Ist-Angabe, deren Größe durch gesonderte Erhebung geklärt wurde.

Gegeben ist ferner der alte Maschinenpark, worüber das Programm verfügen kann. Die alten Maschinen werden entweder weiter eingesetzt oder, wenn es im Modell eine derartige Aktivität gibt, modernisiert oder demontiert.

Als Beispiel führen wir die ersten Bedingungen an, die die Verteilung des Maschinenparks der schmalen Glattwebstühle regulieren.

Verteilung des alten schmalen Glattwebstuhlparks

$$x_{111} + x_{112} = H_1, \tag{5.12}$$

$$x_{113} + x_{114} + x_{115} + x_{116} = H_2, \tag{5.13}$$

wobei

H_1 der Bestand an alten, »schlechteren« schmalen Glattwebstühlen

H_2 der Bestand an alten, »besseren« schmalen Glattwebstühlen ist.

Die Bedingungen (5.1)–(5.13) bzw. die ähnlich lautenden anderen Bedingungen bilden gemeinsam das Einschränkungssystem des Modells. Letzten Endes traten insgesamt vier verschiedene Typen an Einschränkungen auf:

I. externe Ausstoßverpflichtungen
II. Einschränkungen der Aufwendungen
III. innere Proportionalitäten
IV. Gegebenheiten des »Status quo«.

Dazu kommt schließlich noch die Bedingung, daß der Wert der Veränderlichen nicht negativ sein darf:

$$x_{jkl} \geqq 0\,, \qquad l = 1, \ldots, n_{jk}\,;\; j = 1, \ldots, 7\,;\; k = 1, 2. \tag{5.14}$$

5.6. Die Zielfunktion

Das Ziel der Berechnung besteht darin, aus der Menge der Programme, die die Einschränkungen befriedigen, ein optimales Programm auszuwählen. Der ökonomische Inhalt unseres Optimalkriteriums bedeutet (wie bereits im Kapitel 4 angedeutet, *den als gegebene Plandirektive festgelegten Ausstoß mit minimalem gesellschaftlichen Aufwand zu erfüllen.* Der gesellschaftliche Aufwand wird in der Geldeinheit Forint gemessen. Die Zielfunktion lautet:

$$\begin{aligned} C(\mathbf{x}) &= \sum_{j=1}^{7} \sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{jk}} C_{jkl}\,(x_{jkl}) = \\ &= \sum_{j=1}^{7} \sum_{k=1}^{2} \sum_{l=1}^{n_{jk}} c_{jkl}\, x_{jkl} \longrightarrow \min\,! \end{aligned} \tag{5.15}$$

Hier bedeutet

C die Kostenfunktion der Optimierungssphäre
C_{jkl} die Kostenfunktion der Veränderlichen x_{jkl}
c_{jkl} die Einheitskosten der Veränderlichen x_{jkl}.

Die Kosten der Baumwollwebindustrie sind in Wirklichkeit von zahlreichen Faktoren abhängig, z. B. vom Volumen der Produktion und deren Zusammensetzung nach Warenartikeln, von der Qualität der Garnvorbereitung usw. Diese Faktoren gehörten aber nicht in den Bereich unserer Untersuchungen. Auf Grund der früher schon beschriebenen (oder von anderen im Abschlußbericht angeführten) Bedingungen betrachteten wir die Zusammensetzung der Warenartikel, einige Charakteristiken der Technologie, das Volumen der Produktion *für gegeben. Unsere Aufmerksamkeit können wir ausschließlich auf die Kosten lenken, deren Größe von dem durch das Programm bestimmten Ausmaß der Aktivitäten und Aktionen abhängt.* Diese Kosten nennen wir programmabhängige Kosten. Die in der Zielfunktion (5.15) enthaltenen Kosten enthalten ausschließlich solche Kosten. Hierzu gehören:

1. Der Beschaffungspreis der neuen Maschinen, Aufstellungskosten der neuen Maschinen und die Umbau- und Generalreparaturkosten der alten Maschinen,
2. Baukosten für neue Betriebsgebäude,
3. ergänzende Investitionskosten für in neuen Gebäuden beginnende Produktion.

Diese drei Posten bilden gemeinsam die *Investitionskosten.*

4. Die Generalreparaturkosten der Maschinen.

5. Lohnkosten in derartigen Fällen, wo die Beschäftigtenanzahl vom Maschinentyp abhängig ist (unmittelbare Maschinenbediener, Schlosser, technische Leiter des Betriebes).

6. Die in der Sphäre der Gemeinkosten verrechneten Löhne gehören im allgemeinen nicht in die Sphäre der programmabhängigen Kosten. Hiervon muß in einem Fall eine Ausnahme gemacht werden. Die Kosten für Hilfslöhne des Industriezweiges haben ein anderes Volumen, je nachdem, ob der gleiche Produktionsumfang von bestehenden alten Betrieben oder von neu errichteten Betrieben, wo neue Arbeitskräfte eingestellt werden müssen, geleistet wird. Hier handelt es sich um einen Kostenzusammenhang, der in einem linearen Modell nicht präzis dargestellt werden kann. Bei der Errichtung eines neuen Betriebes ist unbedingt eine bestimmte Kostengröße für Hilfslohn (z. B. das Gehalt des Direktors oder des Pförtners usw.) erforderlich. Dieser fixe Kostenbetrag wird, auf eine Maschineneinheit bezogen, um so kleiner, je größer der neue Betrieb ist. Wir waren, um die Linearität des Modells zu wahren, gezwungen, von diesem *nichtlinearen Zusammenhang* abzusehen. Es wurde für jede in einem neuen Gebäude untergebrachte Maschine der gleiche Mehrhilfslohn berechnet.[1]

7. Die zum Antrieb der Maschinen erforderlichen Kosten für elektrische Energie.

8. Die Hilfsmaterial- und Materialkosten für Instandhaltung, deren Größe vom Maschinentyp abhängig ist.

9. Die unmittelbaren Materialkosten gehören im allgemeinen nicht zu den programmabhängigen Kosten. Dementsprechend brauchten auch die auf der Basis der eingesetzten Umlauffonds zu zahlenden Zinsen nicht einbezogen werden. Bei gegebenem Volumen und gegebenem Sortiment können diese als annähernd konstant betrachtet werden. Demgegenüber wurden die bei den einzelnen Webmaschinentypen entstehenden Mehrkosten für Abfall unter die programmabhängigen Kosten aufgenommen.

Die in den Punkten 4 bis 9 aufgezählten Kosten bilden gemeinsam die Betriebskosten.[2]

Wie aus der Fomel (5.15) hervorgeht, wird vorausgesetzt, daß die Größe der Kosten dem Ausmaß der Aktivität proportional, die Zielfunktion also *linear* ist. Hier weise ich lediglich auf die Voraussetzung der Linearität hin; ihre Berechtigung wird später behandelt werden.

[1] Es wurde im voraus eingeschätzt, in welchem Umfang die Aktivitäten, die die Errichtung neuer Gebäude vorsehen, in das optimale Programm gelangen, und die Mehrhilfslöhne wurden für diese *vorausgesetzte* Betriebsgröße errechnet. Die auf Grund der Optimierung *erhaltenen* und die *vorausgesetzten* Betriebsgrößen wurden nachträglich verglichen. Es stellte sich heraus, daß unsere Voraussetzungen annähernd richtig waren; die Vereinfachung verursachte keinen beträchtlichen Fehler.

[2] Die Generalreparaturkosten müssen aus dem Bruttoinvestitionsfonds gedeckt werden, daher gelten sie vom Gesichtspunkt der Einschränkung (5.4) als Investitionskosten. Nach dem Zeitpunkt ihres Auftretens sind sie aber offensichtlich keine *Initialinvestitionskosten*, sondern *kontinuierliche* Betriebskosten. Deswegen müssen sie bei der Bildung des Zielfunktionskoeffizienten zu den Betriebskosten gerechnet werden.

Im Laufe der Optimierung der Baumwollindustrie wurde parallel mit mehreren Zielfunktionen gearbeitet. In den bisher beschriebenen Eigenschaften (Sphäre der programmbedingten Kosten, Linearität) stimmten sie alle überein, doch waren sie unterschiedlich bewertet (Produktionsfondsabgabefaktor, Devisenkurs usw.). Einer der angewandten Zielfunktionstypen ist hinsichtlich des ökonomischen Inhalts eng mit der Formel für die Investitionswirtschaftlichkeit, mit der Kennziffer g_n der traditionellen Planung verwandt. Dieser Typ wird hier nur kurz dargestellt:

$$c_{jkl} = \gamma\, p_{jkl} + r_{jkl}, \qquad l = 1, \ldots, n_{jk};\ j = 1, \ldots, 7;\ k = 1, 2, \tag{5.16}$$

wobei

p_{jkl} der auf die Einheit der Aktivität jkl entfallende Investitionskostenaufwand (siehe Punkt 1 bis 3 der obigen Aufzählung)

γ der Produktionsfondsabgabefaktor (zahlenmäßige Größe 0,2)

r_{jkl} der auf die Einheit der Aktivität jkl entfallende Betriebskostenaufwand (siehe Punkt 4 bis 9 der obigen Aufzählung) ist.

Die detaillierte Analyse der Bewertung erfolgt im vierten Teil des Buches.

5.7. Mathematische Zusammenfassung des Optimierungsproblems

Wir bezeichnen die Zahl der Einschränkungen mit m und die Zahl der die ökonomischen Aktivitäten repräsentierenden Veränderlichen mit N. Die in Form von Ungleichungen gegebenen Einschränkungen werden durch Einführung von Schlupfvariablen in Gleichungen verwandelt.[1] Im Falle der Einschränkung nach unten gibt die Schlupfvariable, deren Koeffizient -1 ist, an, um wieviel die rechte Seite der Einschränkung übertroffen wird. Im Falle der Einschränkung nach oben zeigt die Schlupfvariable, deren Koeffizient $+1$ ist, den nicht in Anspruch genommenen Teil der rechten Seite der Einschränkung an. Bezeichnen wir die Zahl der Schlupfvariablen mit M, so gilt für die Zahl n sämtlicher Veränderlichen des Modells:

$$n = N + M. \tag{5.17}$$

Wir führen folgende Vektor- bzw. Matrix-Bezeichnungen ein:

a_{ih} der in der i-ten Einschränkung zur h-ten Veränderlichen gehörende Koeffizient

[1] So wurde z. B. die i-te Bedingung ursprünglich in folgender Form angegeben:

$$\sum_j \sum_k \sum_l a_{ijkl}\, x_{jkl} \leqq b_i.$$

Nach der Einführung der Schlupfvariablen x_i erhalten wir die Gleichung

$$\sum_j \sum_k \sum_l a_{ijkl}\, x_{jkl} + x_i = b_i.$$

- $\mathbf{A}$ die Matrix der Koeffizienten a_{ih} mit m Zeilen und n Spalten
- b_i die auf der rechten Seite der i-ten Einschränkung stehende Einschränkungskonstante
- $\mathbf{b}$ der aus m Komponenten bestehende Vektor der Einschränkungskonstanten b_i
- c_h die Einheitskosten der h-ten Aktivität
- $\mathbf{c}'$ der Zeilenvektor der Einheitskosten c_h
- x_h der Wert der h-ten Veränderlichen
- $\mathbf{x}$ der aus den Werten $x_1, x_2 \ldots, x_n$ als Komponenten bestehende Spaltenvektor, das Programm.

Nach Einführung dieser Bezeichnungen kann unsere Aufgabe folgendermaßen formuliert werden:

Von den zulässigen, d. h. die Bedingungen

$$\mathbf{A}\,\mathbf{x} = \mathbf{b}, \qquad \mathbf{x} \geqq \mathbf{0} \tag{5.18}$$

befriedigenden Vektoren ist ein Vektor $\mathbf{x}^*$ (optimales Programm) zu bestimmen, für den der Wert der Zielfunktion $\mathbf{c}'\mathbf{x}$ minimal ist:

$$\mathbf{c}'\mathbf{x}^* = \min_{\substack{\mathbf{A}\mathbf{x}=\mathbf{b} \\ \mathbf{x}\geqq\mathbf{0}}} \mathbf{c}'\mathbf{x}\,. \tag{5.19}$$

Da sowohl das Einschränkungssystem als auch die Zielfunktion linear sind, haben wir eine *lineare Optimierungsaufgabe* erhalten.

Die bekannteste Methode zur numerischen Lösung der allgemeinen linearen Optimierungsaufgabe ist die *Simplexmethode*.[1] Bei den Berechnungen für die Baumwollindustrie gelangte eine etwas abgeänderte Variante der Simplexmethode zur Anwendung.[2]

5.8. Ergebnisse der Optimierung der Baumwollindustrie

Ich berichte kurz über die auf Grund der Optimierung der Baumwollindustrie sich ergebenden Schlußfolgerungen, die beweisen, daß die Optimierung der Investitionen zu *praktisch anwendbaren Vorschlägen* führt.

Bei der Unterbreitung unserer Vorschläge lenkten wir die Aufmerksamkeit darauf, daß unsere Berechnung ausschließlich die Investitionspolitik, die *Haupt-*

[1] Aus der Literatur der linearen Optimierung erwähne ich nur einige Werke zusammenfassenden Charakters: die Bücher von *A. Charnes, W. W. Cooper* und *A. Henderson* [19], *S. Gass* [43], *G. Hadley* [49] und *S. Karlin* [63]. Das Standardwerk der linearen Optimierung in ungarischer Sprache ist das Buch von *B. Krekó* [90].

[2] Das angewandte Verfahren stellte *T. Frey* in seiner Studie [77] dar. Übrigens war die Berechnung für die Baumwollindustrie die erste verhältnismäßig großangelegte lineare Optimierungsaufgabe, die in Ungarn mit einer elektronischen Rechenmaschine gelöst wurde.

richtung der technischen Entwicklung bestimmen und für die detaillierten Einzelheiten keine Anweisungen erteilen kann.

Im folgenden vergleichen wir die Ergebnisse unserer Berechnungen mit dem offiziellen Plan bzw. den bis zum 1. Juni 1960 gültigen Planauflagen. Auch hier waren wir bestrebt, ausschließlich die Hauptrichtungen zu vergleichen, unter Außerachtlassung der Untersuchung aller Einzelheiten.

Eine der Hauptschlußfolgerungen der Optimierung ist: *die Bautätigkeit muß soweit wie möglich beschränkt werden. Die Mehrproduktion soll nach Möglichkeit ohne Bautätigkeit, mit Hilfe von Rekonstruktion und Erweiterung der vorhandenen Webereien erreicht werden.* Unsere Berechnung hat, wie aus der Tabelle 5.1 ersichtlich ist, dieses Leitprinzip, das früher schon durch zahlreiche offizielle Dokumente in der Sowjetunion und auch in Ungarn hervorgehoben wurde, im vollen Grade gerechtfertigt.

TABELLE 5.1

Verhältnis des Ausrüstungs- zum Bauanteil bei den Investitionen in der Baumwollindustrie

	Nach dem offiziellen Programm (Prozent)	Nach dem vorgeschlagenen Programm (Prozent)
Von der vollen *Brutto*investition:		
Nettomaschineninvestition	54,0	89,5
Maschinengeneralreparatur	19,5	9,3
Bautätigkeit	26,5	1,2

Um den Unterschied der Wirtschaftlichkeit des Maschinenaustausches oder der neuen Bautätigkeit zu veranschaulichen, führten wir folgende Berechnung durch. Wir erarbeiteten ein Programm nach folgender Konzeption: wir behalten sämtliche alten Maschinen und der über die Kapazität des alten Maschinenparks hinaus bestehende Bedarf wird ausschließlich durch neue Maschinen befriedigt, die in neuen Gebäuden untergebracht sind. Das ist der *reine Typ* der ohne Maschinenaustausch ausgeführten Mehrproduktion. Das so erarbeitete Programm ist ein »zulässiges Programm«, d. h. es erfüllt sämtliche vorgeschriebenen Einschränkungen. Die Kosten sind aber um ungefähr 15 Prozent höher als die des optimalen Programms, das eine weit kleinere Bautätigkeit erfordert.

Wir waren uns darüber im klaren, daß die empfohlene Verminderung der Bautätigkeit gewisse Schwierigkeiten verursacht. Die Rekonstruktion, der Maschinenaustausch, die Reorganisation des alten Betriebes, dessen Erweiterung ist nämlich im allgemeinen mühselig und eine weit undankbarere Aufgabe als die Errichtung eines modernen Betriebes. Deshalb spürt man bei einigen technischen Leitern eine gewisse Abneigung gegenüber der Rekonstruktion.

Es ist aber folgendes in Betracht zu ziehen:

Die Rückständigkeit der alten Betriebe kann nicht als ewiger Ballast mitgeschleppt werden. Von Zeit zu Zeit muß modernisiert werden, eine technische Rekonstruktion erfolgt, bis der Mehrbedarf, der über die Leistungskapazität der rekonstruierten Betriebe gewachsen ist, schon durch in modernen Gebäuden untergebrachte neue Maschinen gesichert werden kann. Es ist allgemein bekannt, daß in der Volkswirtschaft die Leistungsfähigkeit der Bauindustrie gegenwärtig einen Engpaß darstellt. Deswegen muß unter Umständen die Bautätigkeit selbst dort herabgesetzt werden, wo sie wirtschaftlich wäre. Warum sollte sie dann dort nicht vermindert werden, wo sie sich nach der eigenen Wirtschaftlichkeitsberechnung des Zweiges ebenfalls als unzweckmäßig herausstellt.

Infolgedessen schlugen wir eine Modifizierung des Verhältnisses Maschineninvestition – Bautätigkeit zugunsten der Maschinen vor.

Nach unseren Berechnungen ist es zweckmäßig, stärker auf den Austausch der alten Maschinen, auf die Automatisierung einzugehen, als dies im offiziellen Plan vorgesehen war. Insbesondere gilt dies für die Vorbereitungsbetriebe, deren Modernisierung sich als äußerst vorteilhaft erweist. Der offizielle Plan schrieb eine partielle Rekonstruktion der Vorbereitungsbetriebe vor. Auf Grund unserer Berechnungen schlugen wir im wesentlichen die volle Rekonstruktion vor. Das wird in Tabelle 5.2 dargestellt.

TABELLE 5.2

Die Wirkung der Ausstattung der Vorbereitungsbetriebe in der Baumwollindustrie mit modernen Maschinen

	1960 Tatsächliche Lage (Prozent)	1965 Nach dem offiziellen Programm (Prozent)	1965 Nach dem vorgeschlagenen Programm (Prozent)
Schlichtmaschinen	0	56,6	100,0
Zettelmaschinen	0	52,8	100,0
Schußspulmaschinen	0	54,1	59,6
Kreuzspulmaschinen	36,4	65,9	100,0

Nur für die Schußspulenbetriebe wurde keine volle Rekonstruktion vorgeschlagen, das Devisenkontingent gab hierfür keine Möglichkeit. Bei einem größeren Devisenkontingent wäre auch die volle Rekonstruktion der Schußspulenbetriebe ins optimale Programm aufgenommen worden.[1]

Die Berechnungen haben in erster Linie die Wirtschaftlichkeit der Beschleunigung der alten Maschinen in den Webereien gezeigt. Demnach muß jede Maschine, die durch entsprechenden Umbau beschleunigt werden kann, umgebaut werden

[1] Das wurde durch eine Kontrollrechnung nachgewiesen, in der wir die Beschränkung des Aufwands an Devisen (an Währung kapitalistischer Länder) nicht berücksichtigten.

Die zweckmäßigen Proportionen des Maschinenaustausches und der Automatisierung stellt die Tabelle 5.3 dar.

TABELLE 5.3

Die Modernisierung des Webmaschinenparks in der Baumwollindustrie

	1960 Tatsächliche Lage	1965 Nach dem offiziellen Programm	1965 Nach dem vorgeschlagenen Programm
Produktionsanteil mechanischer Maschinen in Prozent	86,2	65,2	43,4
Produktionsanteil automatisierter Maschinen in Prozent	13,8	34,8	56,6
Zahl der zu demontierenden Webmaschinen		795	4943

Zu den Entscheidungsproblemen gehört auch die Frage, welche Maschinentypen zu beschaffen sind. Auf Grund der Berechnungen konnten wir zu einigen umstrittenen Fragen folgendermaßen entschieden Stellung nehmen:

Es lohnt sich nicht, die alten Webmaschinen mit importierten Zusatzautomaten zu modernisieren.

Unter unseren Verhältnissen ist gegenwärtig die Aufstellung der modernsten und daher der teuersten schützenlosen Automaten unzweckmäßig.

Bei den Schußbuntwebmaschinen müssen die weniger produktiven, aber billigeren Typen beschafft werden.

Bei den Schlichtmaschinen ist statt der Modernisierung der alten Maschinen die Beschaffung neuer Maschinen anzustreben.

Bei den Zettelmaschinen müssen die weniger produktiven, aber billigeren Typen beschafft werden.

Bei den Kreuzspulmaschinen müssen die produktiveren (und teureren) Typen aufgestellt werden.

Aus welchen Ressourcen kann ein Maschinenaustausch und eine Automatisierung größeren Ausmaßes als ursprünglich geplant verwirklicht werden unter der Bedingung – die wir unter die Einschränkungen des Modells aufnahmen –, daß der Investitionsbedarf des Programms nicht höher sein darf als der für die Investitionskosten des offiziellen Planes geltende Voranschlag?

Das kann durch die Umgruppierung der Ressourcen verwirklicht werden:

– Das vorgeschlagene Programm nimmt den vollen Bruttoinvestitionsfonds in Anspruch. Innerhalb desselben verändert es aber – wie auch aus der Tabelle 5.1 ersichtlich ist – die Proportion der Maschineninvestition und der Bautätigkeit wesentlich zugunsten der Maschinen.

– Das vorgeschlagene Programm schreibt einen großangelegten Maschinenaustausch vor. In der Mehrheit der Fälle müssen an den zum Austausch gelan-

genden Maschinen *keine* Generalreparaturen *mehr*, an den neuen Maschinen aber *noch keine* Generalreparaturen vorgenommen werden. Deshalb wird nur ein kleiner Teil des Bruttoinvestitionsfonds zur Generalreparatur aufgewendet. Nach dem offiziellen Programm hätte man 26,5 Prozent der vollen Bruttomaschineninvestition zur Generalreparatur aufwenden müssen, nach dem vorgeschlagenen Programm jedoch nur noch 9,4 Prozent. Dies weist auch darauf hin, daß es zweckmäßig erscheint, den Bruttoinvestitionsfonds vorzuschreiben, da hierdurch die rationelle Aufteilung auf den »Erhaltungs«- und den Nettoinvestitionsfonds ermöglicht wird.

– Unserer Berechnung lag die allgemeine Forderung zugrunde, daß die Produktion der Vorbereitungsbetriebe mit dem Bedarf der Webereien im Gleichgewicht stehen muß. Über diese Befriedigung hinaus mußte in den Schlicht- und Kreuzspulbetrieben eine bedeutende Kapazitätsreserve gesichert werden, da hier die einzelnen Maschineneinheiten viele Webmaschinen zu versorgen haben und bei einer ernsthafteren Betriebsstörung die Versorgung mehrerer Webmaschinen in Frage gestellt wird. Demzufolge wurde in unseren Berechnungen von Anfang an der Wirkungsgrad der Schlicht- und Zettelmaschinen so bestimmt, daß hier eine Kapazitätsreserve von 16 Prozent gesichert ist. Jede sechste Maschine bildet immer die Reserve. Dies vorausgeschickt (siehe Tabelle 5.4).

TABELLE 5.4

Die Kapazität der Vorbereitungsbetriebe der Baumwollindustrie im prozentualen Verhältnis zum Bedarf der Webereien

	1960 Tatsächliche Lage	1965 Nach dem offiziellen Programm	1965 Nach dem vorgeschlagenen Programm
Schlichtmaschinen	99	130	100
Zettelmaschinen	105	122	100
Schußspulmaschinen	97	132	100
Kreuzspulmaschinen	99	115	100

Möglicherweise lohnt es sich *über* die von uns vorgesehenen 16 Prozent der Betriebssicherheit-Kapazitätsreserve *hinaus* (sie bedeutet ein Gleichgewicht von 100 Prozent) eine gewisse höhere Reserve zu sichern.[1] Hierbei kann ein Teil der im offiziellen Plan vorgesehenen Mehrkapazität auch durch die »Unteilbarkeit« dieser großen Maschinen begründet sein. Man muß immer zumindest die Kapazität einer vollen Maschineneinheit auch dort einsetzen, wo z. B. ein Drittel genügen würde.

[1] Eine übertrieben große Kapazitätsreserve kann nicht durch Erwägungen bezüglich der Betriebssicherheit begründet werden. Die Behebung der Betriebsstörung oder die Generalreperatur der Maschinen ist im allgemeinen die Arbeit von einigen Tagen; einen entsprechenden Ausfall kann man auch aus der Materialreserve decken.

Auch wenn wir dieses alles in Betracht ziehen, ist der offizielle Plan offensichtlich »übergesichert«. Eine Herabsetzung der »Übersicherung« scheint begründet zu sein. Die Eliminierung dieser Disproportion legt bedeutsame Investitionssummen frei, die wieder für den Maschinenaustausch und für die Modernisierung des Maschinenparks aufgewandt werden können.

Letzten Endes wies das auf Grund der Berechnungen vorgeschlagene optimale Programm eine Einsparung von ca. 15 Prozent gegenüber dem mit traditionellen Methoden erarbeiteten offiziellen Programm auf.

Der Technische Rat des Ministeriums für Leichtindustrie befaßte sich eingehend mit dem Abschlußbericht unserer Untersuchung und stellte seine Übereinstimmung mit den auf Grund der Berechnungen unterbreiteten praktischen Vorschlägen für die zu befolgenden Hauptrichtlinien fest. Er forderte die Hauptabteilung für Industrieentwicklung des Ministeriums sowie die Direktion für Baumwollindustrie auf, die Vorschläge bei der endgültigen Festlegung der Pläne und bei der Korrektur der offiziellen Planauflagen in Betracht zu ziehen, was auch geschah.

6. Die Proportionen der Produktion, des Exports und des Imports Das Modell der Chemiefaserindustrie[1]

6.1. Die Entscheidungsprobleme

Auf der ganzen Welt entwickelt sich die Chemiefaserproduktion in einem beschleunigten Tempo. Ungarn hatte sich jedoch lange Zeit hindurch ausschließlich auf die Herstellung von Viskosefasern beschränkt. In den letzten Jahren wurde der Ausbau der inländischen Chemiefaserbasis immer notwendiger. Die ersten Schritte sind bereits eingeleitet, doch der größte Teil der Aufgabe ist noch zu lösen.

Da es sich um die Schaffung eines neuen Industriezweiges handelt, werden die zukünftigen Schritte durch die bisher bestehende Situation nur in geringem Maße determiniert; die Auswahlmöglichkeit ist sehr groß. Bei unseren Untersuchungen befaßten wir uns mit folgenden Entscheidungen:

1. Welche Fasern und Zwischenprodukte (zur Chemiefaserproduktion erforderliche Werkstoffe) sollen im Inland hergestellt werden und für welche Produktsortimente soll der inländische Bedarf auf die Dauer durch Importe gedeckt werden?

2. In welchen Mengen sollen die Produkte im Inland hergestellt werden? Soll nur der Inlandsbedarf oder auch der Export befriedigt werden?

3. Eng mit den vorhergehenden zwei Fragen hängt zusammen, ob mehrere Produkte für den Inlandsbedarf herzustellen sind oder ob wir uns auf ein kleineres Produktionssortiment beschränken sollen, das in verhältnismäßig größeren Mengen produziert wird, wobei der Überschuß exportiert wird und die fehlenden Produkte importiert werden? Mit anderen Worten, wie weit soll unsere Wirtschaftspolitik »autark« sein, bzw. wie weit sollen wir die aus der internationalen Arbeitsteilung, aus dem Außenhandel entspringenden Vorteile ausnutzen?

4. Was soll aus der bisher schon ausgebauten Chemiefaserindustrie werden? Soll sie in der gegenwärtigen Form weiter produzieren, soll eine technische Entwicklung erfolgen, soll die Chemiefaserindustrie Ungarns erweitert oder demontiert werden?

5. Welche von den vielen technologischen Varianten soll bei der Organisierung der Produktion für die neuen Produkte eingeführt werden? Dies deckt sich in

[1] Einen Vorschlag für das Modell der Berechnung gab die Studie [83], die Ergebnisse wurden im Abschlußbericht [85] zusammengefaßt. Die Untersuchung wurde durch eine Arbeitsgruppe unter Leitung des Verfassers im Auftrag des Ministeriums für Schwerindustrie durchgeführt. Mitglieder waren die Mathematiker *T. Lipták* und *P. Wellisch*, die Ökonomen *Frau J. Földeák*, *M. Tardos*, *B. Tarlós* und *T. Vidos* sowie die Chemieingenieure *L. Futó*, *G. Kováts* und *F. Verden*. Die Berechnungen auf dem elektronischen Rechenautomaten wurden unter der Leitung von *T. Frey* ausgeführt.

überwiegendem Maße mit der Frage, von welcher Firma wir die Einrichtungen der neuen Fabrik beschaffen sollen.

Wie wir sehen können, ist die Problemsphäre 4 und 5 mit dem Thema des Baumwollindustriemodells verwandt, und zwar in der Auswahl der Technologien und in der Verfügung über vorhandene Kapazitäten. Der Bereich unserer Untersuchung wurde aber wesentlich durch die Bestimmung der grundlegenden Proportionen der Produktion und des Außenhandels erweitert. Letzten Endes liefert das Programm einen Plan für die ökonomische Struktur der Chemiefaserproduktion und den zugehörigen Außenhandelszweig.

Bei der Baumwollindustrie wurde von dem zu erreichenden Stand der Baumwollproduktion ausgegangen. Der Inlandsbedarf und die Exportaufgabe waren gleichermaßen Plandirektiven. Im Modell erscheint nur ihre Summe als Ausstoßaufgabe. In der Chemiefaserindustrie wird der Inlandsbedarf ebenfalls als Plandirektive betrachtet. Der Produktionsplan wird aber nicht als gegeben betrachtet, da zu bestimmen war, in welchem Verhältnis der Inlandsbedarf durch die Produktion oder durch den Import zu befriedigen ist und was über den Inlandsbedarf hinaus für Exportzwecke zu produzieren ist.

Im Modell der Baumwollindustrie erarbeiteten wir einen Fünfjahrplan, hier hingegen war die Ausarbeitung eines Fünfzehnjahrplanes für die Periode von 1961 bis 1975 unsere Aufgabe. Praktisch wurden die in der Periode von 1961 bis 1965 erfolgten bzw. inzwischen durchgeführten Investitionsvorhaben als gegeben betrachtet und nur die Aktivitäten der zehnjährigen Periode 1966 bis 1975 als Unbekannte untersucht. Hier untersuchten wir – ähnlich wie beim Modell der Baumwollindustrie – auch nur, welcher Zustand im Planjahr, also 1975, erreicht werden soll und welche Aktivitäten zwischen 1966 und 1975 wirksam werden müssen. Die zeitliche Verteilung der Aktivitäten und ihre Terminierung untersuchten wir nicht.

Wir untersuchten auch nicht die Anlagen und die Standortverteilung der neu zu errichtenden Produktionskapazitäten.

Hier sei erwähnt, daß *die Optimierung der Bauxit-Aluminiumindustrie* im wesentlichen auf die gleichen Entscheidungsprobleme Antwort erteilt. Sie untersuchte ebenfalls die in der Periode von 1966 bis 1975 auszugestaltenden Bedingungen der Produktion, des Exports-Imports sowie die technologischen Entscheidungsprobleme. Infolge der Besonderheiten dieses Zweiges analysierten wir im Rahmen dieses Modells auch einige weitere Spezialprobleme: z. B. die wünschenswerten Qualitätseigenschaften der inländischen Bauxit-Ausbeute, die Zweckmäßigkeit von gemeinsamen Investitionen und ständigen Kooperationen mit anderen Ländern usw. Da jedoch das Bauxit-Aluminiumindustrie-Modell in den wichtigsten Zügen dem Modell der Chemiefaserindustrie gleicht, wird hier von einer umfassenden Darstellung Abstand genommen.[1]

[1] Die detaillierte Darstellung des Modells für die Bauxit-Aluminiumindustrie ist im Artikel [119] von *B. Martos, J. Kornai* und *A. Nagy* zu finden.

6.2. Die Optimierungssphäre

Zu dem vom Programm erfaßten Gebiet gehören selbstverständlich die Chemiefasern: die Viskosefasern und die synthetischen Fasern.[1] Es war aber problematisch, welche der zur Faserproduktion erforderlichen Zwischenprodukte in die Optimierungssphäre einbezogen werden sollen, wie weit wir auf die Ausgangsstoffe, auf das Öl, das Erdgas, die Kohle zurückgreifen müssen. Wegen der rechentechnischen Beschränkungen der Modellgrößen sind wir nicht in der Lage, die Optimierungssphäre übermäßig zu erweitern, und dann auch nur auf Kosten der »Tiefe« des Modells, auf Kosten der Detaillierung der Auswahlmöglichkeiten.

Für die Zwischenprodukte haben wir folgende abgrenzende Kriterien aufgestellt:

1. Wir nehmen diejenigen Zwischenprodukte in die Optimierungssphäre auf, deren Hauptverbraucher die Chemiefaserproduktion ist (also z. B. Kaprolaktam, dessen Hauptverbraucher die Polyamidfaserproduktion ist). Dagegen werden die Werkstoffe, die zwar zur Faserherstellung dienen, ohne daß diese ihr Hauptanwendungsgebiet ist, nicht aufgenommen (dies gilt z. B. für das Benzol oder für die Schwefelsäure).
2. Es werden diejenigen Zwischenprodukte von der Optimierungssphäre ausgeschlossen, die unbeschränkt importiert werden können; deren Einfuhr weder durch technische noch durch natürliche Faktoren behindert wird.

Außer den Chemiefasern und den einzelnen Zwischenprodukten haben wir auch die Produktion des Zellophans in die Optimierungssphäre aufgenommen. Die Herstellung des Zellophans erfolgt parallel mit der Produktion der Viskosefaserstoffe im gleichen Betrieb; das zwischen der Zellulose und dem Endprodukt liegende Zwischenprodukt kann für die Herstellung des Zellophans und der Viskosefaser gleichermaßen angewandt werden. Diese enge Verknüpfung der Produktion begründet die Einbeziehung der Zellophanproduktion in die Optimierungssphäre.

Die Bestimmung des Bereiches der untersuchten Produkte (insbesondere der Zwischenprodukte) ist bis zu einem gewissen Grade willkürlich. Für das Fortlassen gewisser Produkte und die Aufnahme anderer kann man Argumente und Gegenargumente anführen. Die Willkür ist aber mehr oder weniger unvermeidbar. Die Chemieindustrie ist ein außerordentlich komplexer Industriezweig. Wenn wir einmal entschieden haben, uns statt mit der ganzen Chemieindustrie nur mit einem Teil zu befassen, so wird dies unvermeidbar ein *herausgegriffener Teil des Ganzen.* Das schränkt den Wirkungsbereich der Berechnung ein, darf jedoch nicht ihre Durchführung verhindern. Die Abgrenzungsschwierigkeiten werden übrigens durch zwei Erwägungen gemildert:

Erstens stellen wir bei unseren Berechnungen für die erwähnten Produkte ausschließlich die Fragen: Produktion oder Import; Produktion nur für heimischen

[1] Wir gebrauchen den Ausdruck »Chemiefaser« als Sammelbegriff, der sowohl die Viskose- als auch die synthetischen Fasern umfaßt.

Bedarf oder auch für Exportzwecke? Bei den *Kosten* der Produktion werden jedoch sämtliche, auch die vorangehenden chemischen oder nicht-chemischen Prozesse in Betracht gezogen. Nachfolgend sind die für die Material- und Energiekosten der Produktionsaktivitäten unseres Modells in Betracht gezogenen Hauptprodukte aufgeführt:

Azeton	Leichtbenzin
Aluminiumchlorid	Schwefel
Ammoniakgas	Schwefelsäure
Benzol	Adipinsäure
Dimethylformamid	Aethylen
Hexantriol	Wasserstoff
Aetznatron	Propylen
Methylalkohol	Kohle
Oleum	Elektroenergie
Paraxylol	Vinylchlorid
Salpetersäure	Kühlwasser
Viskosezellulose	Permutitwasser
Ammonsulfat	

Zweitens betrachten wir die Untersuchung mit dem bisherigen Gang der Berechnungen nicht als abgeschlossen. In der Zukunft werden vermutlich die Berechnungen fortgesetzt und dann bietet sich auch die Gelegenheit, daß die jetzt nicht untersuchten Zwischenprodukte auch in die Optimierungssphäre einbezogen werden.

Aus den bereits umrissenen Entscheidungsproblemen folgt, daß außer der Produktion der untersuchten Produkte auch deren Export und Import in die Optimierungssphäre aufgenommen werden muß.

Wie bei dem Modell der Baumwollindustrie fällt auch hier die Optimierungssphäre nicht mit den Organisationseinheiten der Verwaltung zusammen. Zur Zeit der Untersuchung gehörte die in das Modell einbezogene Produktion zu drei verschiedenen Hauptabteilungen des Ministeriums für Schwerindustrie, die Außenhandelstätigkeit hängt aber bekanntlich vom Außenhandelsministerium ab. Die Einheit des Problems erforderte jedoch, unsere Optimierungssphäre unabhängig von der Verwaltungsorganisation auf die oben beschriebene Weise abzugrenzen.

6.3. Die Aktivitäten

Die Aktivitäten des Modells wurden nach drei Kriterien klassifiziert und dementsprechend zur Unterscheidung der Aktivitäten drei Indizes angewandt.

A) Auf welches *Produkt* beziehen sich die Aktivitäten. Gegenstand der Untersuchung sind folgende Produkte:

1. Polyamidfaser[1] (Nylon 6)
2. Polyesterfaser (Terylen)
3. Polyakrylnitrilfaser (Orlon)
4. Polyakrylnitril-Vinylchlorid-Kopolymerfaser
5. Polypropylenseide
6. Polypropylenfaser
7. Viskoseseide
8. Viskosefaser
9. Zellophan
10. Kaprolaktam
11. Phenol
12. Aethylenglykol
13. Dimethylterephthalat
14. Akrylnitril
15. Polypropylen

Auf das Produkt bezieht sich der erste Index ($j = 1, \ldots, 15$).

B) Im Zusammenhang mit den einzelnen Produkten werden drei verschiedene Aktivitäten unterschieden:

1. Produktion
2. Import
3. Export

Auf diese bezieht sich der zweite Index ($k = 1, 2, 3$).

C) Bezüglich der einzelnen Produkte sind mehrere technologische Varianten zu unterscheiden. Auf die technologische Variante bezieht sich der dritte Index ($l = 1, \ldots, n_j$). Bei der Export- und Importtätigkeit wurden keine technologischen Varianten und dementsprechend auch kein dritter Index aufgenommen.

Den Umfang der Aktivitäten bezeichnen wir mit x_{j1l} ($l = 1, \ldots, n_j$; $j = 1, \ldots, 15$) bzw. mit x_{jk} ($j = 1, \ldots, 15$; $k = 2, 3$). Maßeinheit: Tonne/Jahr. Bei den Produktionsveränderlichen: Kapazitätseinheit, die für 1975 bei normalem Betrieb 1 Tonne Produkt herstellen kann. Bei den Veränderlichen des Außenhandels: Import bzw. Export von 1 Tonne Produkt für 1975. Die die ökonomische Tätigkeit repräsentierenden Veränderlichen sowie die Schlupfvariablen bilden gemeinsam das Programm **x**.

6.4. Die Einschränkungen

Die erste Gruppe der Einschränkungen bilden die Bilanzen der Chemiefasern und des Zellophans, d. h. der Endprodukte.

[1] In dem Modell ist die Polyamidseide nicht enthalten, da ihre Produktion nur bis 1965 ausgebaut wurde, und eine zukünftige Erweiterung nicht geplant ist. Der hierzu bestehende offizielle Standpunkt wurde als Plandirektive aufgefaßt. Mit Hilfe des Modells sollte die Richtigkeit der Plandirektive nicht überprüft werden.

Endproduktbilanzen

$$\sum_{l=1}^{n_l} x_{j1l} + x_{j2} - x_{j3} = v_j\,, \qquad j = 1, \ldots, 9\,, \tag{6.1}$$

wobei

v_j der sich auf das j-te Produkt beziehende Inlandsbedarf im Jahre 1975 in Tonnen ist. Dieser wurde als Plandirektive aus den auf traditionelle Weise erarbeiteten offiziellen Perspektivplänen übernommen.

Die folgende Gruppe von Einschränkungen sind die Bilanzen der Zwischenprodukte.

Die Bilanzen der Zwischenprodukte

$$\sum_{l=1}^{n_j} x_{j1l} + x_{j2} - x_{j3} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{15} \sum_{l=1}^{n_i} g_{i1l}^{(j)}\, x_{i1l} + v_j\,, \qquad j = 10, \ldots, 15\,, \tag{6.2}$$

wobei

$g_{i1l}^{(j)}$ der Zwischenprodukt-Inputkoeffizient, die für eine Einheit für das mit der l-ten Technologie erzeugte i-te Produkt erforderliche j-te Werkstoffmenge in Tonnen (dieser ist natürlich nur bei technologisch begründeten Fällen positiv, in den übrigen Fällen Null) und

v_j der sich auf das j-te Zwischenprodukt beziehende äußere – von außerhalb der Optimierungssphäre zu deckende – Bedarf in Tonnen ist. (So besteht z. B. Bedarf an Kaprolaktam bei der Erzeugung der Polyamidseide sowie bei der Herstellung von Kunststoffen. Dies ist eine Plandirektive. Bei einigen Zwischenprodukten (z. B. bei Akrylnitril und bei Dimethylterephthalat) besteht kein äußerer Bedarf ($v_j = 0$).

Sämtliche Produktbilanzen – auch die der Endprodukte und die der Zwischenprodukte – werden in Form einer Gleichung angegeben, die Bildung eines Bestandes wurde nicht geplant.

Die Steigerung der Produktion wird durch verschiedene Faktoren von oben her beschränkt. So wurde eine Beschränkung für den Export angenommen.

Exportbeschränkungen

$$x_{j3} \leqq F_j\,, \qquad j = 1, \ldots, 15\,, \tag{6.3}$$

wobei

F_j die obere Grenze der exportierbaren Menge ist. Diese Grenze wurde mit Hilfe von Außenhandelsexperten auf Grund von Schätzungen festgesetzt.

Die Produktion einzelner Produkte ist auch dadurch eingeschränkt, daß die erforderlichen Werkstoffe nur in bestimmten Mengen zur Verfügung stehen,

so steht z. B. das zur Polypropylenerzeugung erforderliche Propylen in der Planperiode nur in festgelegten Mengen zur Verfügung.

Polypropylenquote

$$\sum_{l=1}^{n_{15}} x_{15,1l} \leqq z^{\text{prop}}, \tag{6.4}$$

wobei

z^{prop} die Polypropylenwerkstoffquote ist. Diese wurde als Plandirektive aus dem auf traditionelle Weise erarbeiteten offiziellen Perspektivplan übernommen.

Die Investitionsressourcen sind beschränkt.

Investitionsfonds

$$\sum_{j=1}^{15} \sum_{l=1}^{n_j} h_{j1l}^{\text{inv}} x_{j1l} \leqq w^{\text{inv}}. \tag{6.5}$$

Devisenfonds für das kapitalistische Ausland

$$\sum_{j=1}^{15} \sum_{l=1}^{n_j} h_{j1l}^{\$} x_{j1l} \leqq w^{\$}, \tag{6.6}$$

wobei

$h_{j1l}^{\text{inv}}, h_{1l}^{\$}$ die Ressourcen Inputkoeffizienten, den Investitionsbedarf in Ft bzw. bei Import aus dem kapitalistischen Ausland den Devisenbedarf in $ für eine geeignete Kapazitätseinheit zur Erzeugung des im Inland hergestellten j-ten Produktes mit der l-ten Technologie bedeuten und

w^{inv}, w die Investitionsfonds bzw. Devisenfonds für das kapitalistische Ausland für die Periode 1966 bis 1975 sind. Sie wurden als Plandirektive aus dem auf traditionelle Weise erarbeiteten offiziellen Perspektivplanvorschlag übernommen. Im ursprünglichen Planvorschlag wurde die für die Investitionen der Optimierungssphäre vorgesehene Summe als Investitionsfonds bzw. kapitalistischer Devisenfonds im Modell berücksichtigt.

Die letzte Gruppe der beschränkenden Bedingungen umfaßt die schon vorhandenen Kapazitäten der Chemiefaserindustrie. Als Beispiel ist die Viskoseerzeugung zu nennen. Die Einrichtung der vorhandenen Viskoseproduktion zur Herstellung von Halbfertigerzeugnissen wird sowohl von den neuen Viskoseendprodukte erzeugenden Kapazitäten (mit Ausnahme der mittels neuer Technologie erzeugten Viskosefasern) als auch von den alte Endprodukte herstellenden Kapazitäten benutzt. Diese vorhandene Halbfertigerzeugnisse herstellende Kapazität ist jedoch beschränkt:

Viskose-Halbfertigerzeugnis-Kapazität

$$\sum_{j=7}^{9} \sum_{l=\text{alt}} \alpha_{jlI}\, x_{jlI} \leqq H\,, \tag{6.7}$$

wobei

α_{jlI} der Halbfertigerzeugniskoeffizient, die pro Einheit Endprodukt verarbeitete Zellulose in Tonnen ist (die unter dem Summenzeichen befindliche Bezeichnung »alt« weist darauf hin, daß nur die Variablen summiert werden, die die alte Viskose-Halbfertigerzeugnis-Kapazität in Anspruch nehmen) und

H die vorhandene Halbfertigerzeugniskapazität (Ist-Angabe) bedeutet.

Zur Beschränkung der mit alten Kapazitäten verbundenen Produktion wurden weitere ähnliche Bedingungen vorgeschrieben.

Die Hauptgruppen von Einschränkungen sind also folgende:

I. externe Ausstoßverpflichtungen
II. innere Proportionalitäten
III. Schranken der äußeren Investitions- und laufenden Aufwendungen
IV. Exportschranken
V. Schranken bezüglich der alten Kapazitäten.

Es ergibt sich wieder ein *lineares* Einschränkungssystem.

6.5. Die Zielfunktion

Auch bei dieser Untersuchung wurden die Berechnungen mit mehreren Zielfunktionen durchgeführt. Vorläufig werden nur die offiziellen kalkulatorischen Formen der angewendeten Zielfunktionstypen angegeben.

$$C(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^{15} \sum_{l=1}^{n_j} [\gamma\, P_{jlI}(x_{jlI}) + R_{jlI}(x_{jlI})] + \\ + \sum_{j=1}^{15} \sum_{k=2}^{3} s_{jk}\, x_{jk} \longrightarrow \min\,! \tag{6.8}$$

wobei

C die Gesamtkosten der Optimierungssphäre

γ der Produktionsfondsabgabefaktor

$P_{jlI}(x_{jlI})$ die Investitionskosten der jl-ten Produktionsveränderlichen bei Umfang x_{jlI}

$R_{jlI}(x_{jlI})$ Betriebskosten jl-ten Produktionsveränderlichen bei Umfang x_{jlI} und

s_{jk} der Importkaufpreis ($k = 2$) bzw. Exportverkaufspreis ($k = 3$) des j-ten Produktes ist; letzterer ist negativ, da die Exporteinnahme die Gesamtkosten der Optimierungssphäre vermindert.

Die Kostenfunktion der Außenhandelsveränderlichen ist linear, die der Produktionsveränderlichen nichtlinear. Die nichtlinearen Kostenfunktionen werden in einem späteren Kapitel behandelt.

6.6. Ergebnisse der Optimierung der Chemiefaserindustrie

Die Optimierung der Chemiefaserindustrie ergab zahlreiche praktisch verwendbare Ergebnisse; sie trug zur wissenschaftlichen Begründung des Perspektivplanes des Zweiges bei.

Im Laufe der vergangenen Jahre wurde diskutiert, ob es sich überhaupt lohne, in Ungarn die Chemiefaserindustrie zu entwickeln. Die Optimierung wies nach, daß die Entwicklung vorteilhaft ist. Es ist weit günstiger, einen Teil des Bedarfes durch eine Inlandsproduktion zu decken, einen Teil der inländischen Produktion zu exportieren und gewisse Produkte zu importieren, als sich ausschließlich auf den Import einzurichten. Es lohnt sich, die im offiziellen Plan dafür vorgesehene Investitionssumme vollständig zur Entwicklung der Chemiefaserindustrie aufzuwenden.

Vor unserer Untersuchung war eine umstrittene Frage, welche Produkte zur Erzeugung gelangen sollen und welche Technologie einzuführen sei. Auf Grund unserer Berechnungen konnten wir zu den Diskussionen Stellung nehmen. Die detaillierten konkreten Ergebnisse der Optimierung können hier nicht dargestellt werden. Als Beispiel sei nur erwähnt, daß bei der zukünftigen Entwicklung die synthetischen und nicht die Viskosefaserstoffe bevorzugt werden müssen und daß es sich lohnt, die inländische Produktion der Polyester- und Polypropylenfasern zu entwickeln.[1]

Der Zielfunktionswert liegt für das nach den Berechnungen günstigste Programm ungefähr um 12 Prozent niedriger als beim offiziellen Plan. Das von uns vorgeschlagene Programm für Chemiefaserproduktion und -außenhandel Ungarns kann der ungarischen Volkswirtschaft jährlich eine Einsparung von mehreren Millionen Forint einbringen.[2]

Unser Bericht wurde vom Ministerium für Schwerindustrie, von dem wir den Auftrag zur Forschung erhalten hatten, der Organisation der wissenschaftlichen Berater unterbreitet, und unsere Vorschläge wurden auf Grund der mit den Experten geführten Diskussionen als Hauptrichtlinie für die Entwicklung der Chemiefaserindustrie akzeptiert.

[1] Zur Begründung der Stellungnahme wurde nicht nur das im Abschnitt beschriebene Modell angewandt, sondern auch sonstige Berechnungen (z. B. ein stochastisches Modell). Die methodologische Darstellung erfolgt in den späteren Abschnitten des Buches.

[2] Wir stellten fest, wenn nur ein Zehntel der im Laufe der Optimierung aufgezeigten Einsparungsmöglichkeiten realisiert wird, so kommt es *binnen einem Tage* zur Rückvergütung der vollen Berechnungskosten.

7. Die Abhängigkeit der Kosten vom Umfang der Aktivitäten

7.1. Problemstellung und Überblick

In den Kapiteln 5 und 6 wurde bei der Darstellung der zweiglichen Modelle das Problem, wie sich die Kosten in der Funktion des Umfanges der Tätigkeiten gestalten, nicht näher untersucht. Es wurde nur auf die Frage hingewiesen (ohne ausführlichere Erläuterung), ob die Kosten in Form von linearen oder nichtlinearen Funktionen anzusetzen seien. Im jetzt folgenden Kapitel werden die Kostenfunktionen eingehender behandelt. Es wird erläutert, welche Erwägungen zur Anwendung des einen oder anderen Kostenfunktionstyps geführt haben und welche vereinfachenden Voraussetzungen bei diesen Typen bestehen. Die Beschreibung macht es erforderlich, die Kostenfunktionstypen wenigstens von einigen Gesichtspunkten aus zu betrachten und zu klassifizieren. Das geschieht in diesem Kapitel, *ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit* zu erheben. Wir befassen uns nur zur Erläuterung »des Hintergrundes« unserer Modelle damit.[1]

Folgendes ist der Inhalt der vorliegenden Abhandlung: Im Abschnitt 7.2 werden die gemeinsamen vereinfachenden Voraussetzungen unserer sämtlichen zweiglichen Modelle dargestellt.

Im Abschnitt 7.3 werden die in den Optimierungsmodellen als Zielfunktion angewandten Kostenfunktionen vom mathematisch-rechentechnischen Gesichtspunkt klassifiziert. Die Zielfunktionen verschiedenen Typs lassen sich danach unterscheiden, wie sie sich auf elektronischen Rechenmaschinen bei großen Optimierungsaufgaben behandeln lassen. Die Details einzelner Berechnungsverfahren werden hier nicht dargestellt. Die Klassifizierung dient ausschließlich zur allgemeinen Information der Ökonomen darüber, welcher Optimierungsaufgabentyp bei den gegenwärtig bekannten Methoden leicht und welcher schwer zu lösen ist.

Im Abschnitt 7.4 werden die verschiedenen Aktivitätsgruppen nach ihrem ökonomischen Inhalt klassifiziert (z. B. Produktion bei gegebener Kapazität, Produktionserweiterung usw.) und die typischen Kostenfunktionen der einzelnen Aktivitäten charakterisiert.

Im Abschnitt 7.5 wird dargestellt, wie die mit der Massenproduktion verbundenen Vorteile bei der Untersuchung der Chemiefaserindustrie berücksichtigt wurden.

Im Abschnitt 7.6 wird zum Abschluß die zahlenmäßige Bestimmung der zur Kennzeichnung der Kostendegression dienenden Parameter behandelt.

[1] Zur Klassifizierung der Kostenfunktionen siehe z. B. noch das Werk von *J. Dean* [31] (Seite 247—348), ferner im Zusammenhang mit den linearen und nichtlinearen Optimierungsaufgaben die Abschnitte 5 und 6 des Buches von *W. J. Baumol* [9].

7.2. Vereinfachende Voraussetzungen

Die in den Kapiteln 5 und 6 dargestellten Modelle (und auch diejenigen, die später im V. Teil bei der volkswirtschaftlichen Optimierung behandelt werden) weichen bei der Behandlung der Kosten in vieler Hinsicht voneinander ab. Sie stimmen aber in der Anwendung von vier vereinfachenden Voraussetzungen vollkommen überein. Diese sind folgende:

1. In den Modellen wird der Umfang der Aktivitäten als *kontinuierliche* Variable behandelt.

Bekanntlich ermöglichen die sogenannten *diskreten Optimierungsmethoden* die Anwendung nichtkontinuierlicher Variablen in den Optimierungsmodellen. Diese Verfahren sind aber rechentechnisch weit komplizierter als die kontinuierlichen. Meines Wissens wurden auch im Ausland noch keine diskreten Optimierungsmodelle bei wirklich großen praktischen Aufgaben angewendet. Auch wir haben – in erster Linie wegen der geringen rechentechnischen Möglichkeiten – noch nicht an ihre Anwendung denken können.[1] Deswegen sind wir gezwungen (und das vermutlich noch für einige Jahre), uns mit kontinuierlichen Variablen zu begnügen, oder, was damit gleichbedeutend ist, mit der Voraussetzung, daß der Umfang der Aktivitäten unbegrenzt t e i l b a r ist. Untersuchen wir, inwieweit diese Voraussetzung von den Tatbeständen abweicht.

Bei der Produktions- und Außenhandelsaktivität ist nur dann eine unbegrenzte Teilbarkeit gegeben, wenn die durch die Tätigkeiten gegebenen (produzierten, exportierten, importierten) Produkte auch vollkommen teilbar sind. In unserem Fall verhielten sich Garn, Stoff, Chemiefaser und die zur Chemiefaserproduktion angewandten Chemikalien so.

Den Umfang der Investitionsaktivitäten könnte man dann als unbegrenzt teilbar betrachten, wenn die als Resultat dieser Aktivitäten errichteten neuen Kapazitäten auch in beliebiger Weise teilbar wären. Das ist natürlich nie der Fall. Praktisch kann aber z. B. die Errichtung einer neuen Weberei oder Spinnerei als annähernd teilbar betrachtet werden, da ja eine einzelne Web- oder Spinnmaschine verhältnismäßig klein und keine teure Einheit ist, das Programm jedoch über die Einstellung von vielen tausenden Einheiten entscheidet. Es stimmt zwar, daß man nicht $^1/_3$ oder $^7/_{10}$ Maschinen aufstellen kann, wenn aber nach dem optimalen Programm gerade 4227,7 Maschinen beschafft werden müssen, so ist es offensichtlich kein Problem, das Resultat auf 4228 oder auch auf 4230 abzurunden.

So einfach ist diese Frage in der Chemiefaserindustrie nicht, wo es sich bei einzelnen Prozessen, bei einzelnen technologischen Phasen um äußerst beträchtliche und kostspielige Maschineneinheiten handelt. Wenn hier nach dem optimalen

[1] Das ist schon deshalb bedauernswert, weil bei der Anwendung von Modellen mit diskreten bzw. »gemischten« (zum Teil diskreten, zum Teil stetigen) Veränderlichen die Möglichkeit besteht, verschiedene »logische Bedingungen« in das Modell einzubauen, beispielsweise: die Aktivität *A* kann nur dann ausgeführt werden, wenn die Aktivität *B* auch schon im Modell enthalten ist, oder: die Aktivität *C* schließt die Einbeziehung der Aktivität *D* in das Programm aus und so weiter. Siehe hierzu z. B. die Arbeit [27] von *G. B. Dantzig*.

Programm 3,5 Einheiten aufgestellt werden müßten, so können die Endresultate wesentlich modifiziert werden, wenn man sich schließlich für 3 oder 4 Einheiten entscheidet. Das ist aber für die gesamte Chemiefaserindustrie nicht allgemein kennzeichnend; und deshalb führt nach der Meinung der Experten der Chemieindustrie die vereinfachende Voraussetzung der Teilbarkeit auch hier nicht zu ernsthafteren Verzerrungen. In der Elektroenergieproduktion oder für das Eisenhüttenwesen würde vermutlich diese Schwierigkeit viel schwerer zu umgehen sein.[1]

2. Mit dem soeben dargestellten Problem hängt die andere Frage zusammen, inwieweit die Kosten als Funktion des Umfanges der Aktivität stetig und glatt sind oder ob es Sprünge und Knicke gibt. Bei den Modellen wurden ausschließlich Kostenfunktionen angewandt, die sich als stetig und glatt (zweimal stetig differenzierbar) erwiesen.

3. In den Modellen sind die Gesamtkosten des Programms die Summe der Kosten der einzelnen Aktivitäten:

$$C(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{i=1}^{n} C_i(x_i) . \tag{7.1}$$

Es gibt zahlreiche wirtschaftliche Probleme, bei denen diese Voraussetzung nicht berechtigt sein würde.[2] Im Fall der in diesem Buch beschriebenen zweiglichen (später dann volkswirtschaftlichen) perspektivischen Planungsaufgaben bedeutet die genaue Annäherung an die Wirklichkeit, daß die Gesamtkosten der Optimierungssphäre als additiv zu betrachten sind, das bedeutet, daß sie sich durch einfache Addition der voneinander unabhängigen Kosten einzelner konkreter wirtschaftlicher Aktivitäten (Produktion, Investition, Export und Import) ergeben.

4. In unseren Modellen ist das *Einschränkungssystem* in jedem Fall linear. (Im Gegensatz zur Zielfunktion, die bei einzelnen Modellen nichtlinear ist.)

Diese Voraussetzung ist bei einzelnen Zusammenhängen selbstverständlich. Erinnern wir uns z. B. an die Einschränkung des Modells der Baumwollindustrie,

[1] Es klingt paradox, doch es ist eine Tatsache, daß die ohne exakte Methoden arbeitende traditionelle Planung hier im Vorteil ist, da sie nicht von starren Algorithmen und von den Schranken der Speicherkapazitäten der Rechenmaschinen gehemmt wird. Der mit traditionellen Methoden planende Fachmann wird selbstverständlich 1 oder 2 Hütten einplanen und nicht anderthalb. Wir müssen zur Beachtung dieses einfachen Prinzips schwerfällige, vorläufig praktisch kaum anwendbare Algorithmen benutzen.

[2] Betrachten wir beispielsweise das kurzfristige Produktionsprogramm eines Betriebes. Bezeichnen wir die Komponenten des Programms mit x_i $(i = 1, \ldots, n)$: diese stellen das Produktionsvolumen der einzelnen Artikel dar. Die Gesamtkosten des Betriebes C setzen sich aus zwei Teilen zusammen. Der eine Teil $\Sigma_i K_i(x_i)$ hängt von der Größe der einzelnen Veränderlichen ab, der andere Teil G dagegen ausschließlich vom Gesamtvolumen der Betriebsproduktion:

$$C(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{i=1}^{n} K_i(x_i) + G\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right) . \tag{7.2}$$

Zu diesem Typ der Kostenfunktionen siehe die Arbeiten [78] und [79].

die sich auf die Verteilung des alten Maschinenparks bezog. [Siehe die Gleichungen (5.12) und (5.13).] Es ist offensichtlich, daß die Anforderung, wonach die Summe des weiter eingesetzten, des umgestalteten und des demontierten Maschinenbestands gleich der Zahl sämtlicher alter Maschinen sein soll, in einer linearen Gleichung ausgedrückt werden kann (hier wurde die schon erwähnte Vereinfachung, die mit der Unteilbarkeit im Zusammenhang steht, nicht betrachtet).

Problematischer ist die Anwendung der Linearität bei den Einschränkungen, die mit den in Abhängigkeit vom Umfang der Aktivitäten veränderlichen Aufwendungen bzw. Ausstößen im Zusammenhang stehen (z. B. die beschränkenden Bedingungen der Investitionsressourcen.) Die Linearität bedeutet hier manchmal eine kleinere, in anderen Fällen eine ziemlich beträchtliche Vereinfachung der Wirklichkeit. Da das – vom ökonomischen Gesichtspunkt aus – mit der Problematik der in der Zielfunktion berücksichtigten Kosten bzw. Ausstöße zusammenfällt, wird hier nicht auf Einzelheiten eingegangen, da diese später noch behandelt werden. Vorausschauend ist zu bemerken, daß auch dort noch als Voraussetzung die Linearität unterstellt wurde, wo dies eine beachtliche Vereinfachung bedeutet. Es sind zwar auch Optimierungsverfahren für den Fall bekannt, wenn das Einschränkungssystem ganz oder zum Teil nichtlinear ist,[1] diese Verfahren wurden aber – da sie aus rechentechnischen Gründen besonders im Falle eines großen Einschränkungssystems schwer anwendbar sind – bei unseren eigenen Untersuchungen nicht angewendet. Wir haben uns bemüht, bei problematischeren Fällen die gröberen Vereinfachungen bezüglich der Linearität der Bedingungen gewissermaßen zu kompensieren, und zwar in der Zielfunktion unter präziserer Berücksichtigung der Kostengestaltung.

7.3. Klassifizierung der Kostenfunktionen unter mathematisch-rechentechnischem Gesichtspunkt

In diesem Abschnitt werden nur die als Zielfunktion angewandten Kostenfunktionen dargestellt. Das Problem der Einschränkungen wurde bereits im vorangegangenen Punkt berührt. Da sämtliche Kosten der Optimierungssphäre (nach der 3. Voraussetzung) sich als Summe der Kosten der einzelnen Aktivitäten ergeben, genügt es, die Kostenfunktionstypen je einer Aktivität zu behandeln.

Die vom mathematisch-rechentechnischen Gesichtspunkt erfolgte Klassifizierung ist in der Tabelle 7.1 zusammengestellt. Im weiteren geben wir Bemerkungen gemäß der Numerierung dieser Tabelle an.

1. *Lineare Kostenfunktion.* In einem Teil der Modelle wurde jede Aktivität, im anderen Teil einige Gruppen von Aktivitäten durch lineare Kostenfunktionen charakterisiert. Die Voraussetzung stimmt in zahlreichen Fällen genau oder wenigstens annähernd genau mit der Wirklichkeit überein. Beispielsweise sind die Einfuhrkosten der aus sozialistischen Ländern stammenden Importprodukte dem Einfuhrvolumen streng proportional, da die Preise fest sind und es keine Ermäßigungen für größere Mengen gibt.

[1] Siehe beispielsweise das Buch von *S. Karlin* [63].

TABELLE 7.1

Klassifizierung der Kostenfunktionstypen

Bezeichnungen	1	2		3		
Kostenfunktion	Linear	Konvex		Konkav		
Ableitung der Kostenfunktion	Konstant	Zunehmend		Abnehmend		
Zugehörige Ertragsfunktion	Linear	Konkav		Konvex		
Ableitung der zugehörigen Ertragsfunktion	Konstant	Abnehmend		Zunehmend		
		2.1	2.2	3.1	3.2	3.3
Die rechentechnische Lösung	Simplexverfahren oder ein ähnliches, eine exakte Lösung lieferndes iteratives Verfahren	Exakte Lösung der ursprünglichen, nichtlinearen Optimierungsaufgabe	Linearisierung der ursprünglichen nichtlinearen Aufgabe	Exakte Lösung der Aufgabe durch Bestimmung sämtlicher Extrempunkte	Näherungslösung durch »trial and error«-Methoden	Transformierung der Aufgabe in ein Problem der diskreten Optimierung

In anderen Fällen bedeutet dagegen die Voraussetzung der Linearität eine weit ungenauere Widerspiegelung der Wirklichkeit. Bei der Aufstellung des Modells muß der Ökonom hierbei zwei sich gegenseitig widersprechende Gesichtspunkte beachten. Einerseits ist die Anwendung der linearen Modelle mathematisch-rechentechnisch wesentlich einfacher als die Anwendung der nichtlinearen (besonders, wie wir sehen werden, die von gewissen nichtlinearen Modelltypen). Andererseits verzerrt die unberechtigte Anwendung der Linearität die Resultate der

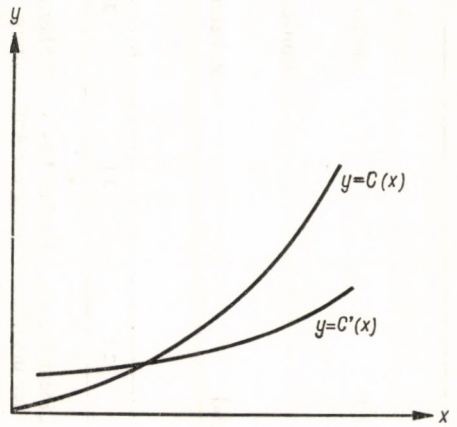


Abb. 7.1

Berechnungen. Es ist von Fall zu Fall zu entscheiden, wann die eine oder die andere Erwägung die Oberhand gewinnt.

2. *Konvexe Kostenfunktion.* In diesem Fall ist die Ableitung der Kostenfunktion zunehmend.

Diesen Fall stellt die Abbildung 7.1 dar. Hier sowie auf der Abbildung 7.3 bezeichnet $C(x)$ die Kostenfunktion und $C'(x)$ die Ableitung der Kostenfunktion. Dieser Typ der Kostengestaltung wird in der ungarischen Fachliteratur (vor allem nach der Terminologie der deutschen Literatur der Betriebswirtschaft) als Kostenprogression bezeichnet. Dieser Typ findet sowohl vom mathematischen als auch vom ökonomischen Gesichtspunkt seine Analogie in der konkaven Ertragsfunktion, d.h. in der Ertragsfunktion mit abnehmender Ableitung (Gewinndegression).[1]

[1] Nur von einer »konvexen« oder »konkaven Optimierungsaufgabe« zu sprechen, würde wenig besagen. Es ist von grundlegender Bedeutung, ob es sich um eine konvexe *Minimierungs*aufgabe (das ist der 2. Typ) oder um eine konvexe *Maximierungs*aufgabe (3. Typ) handelt. Diese beiden Aufgaben sind sowohl vom ökonomischen als auch vom mathematisch-rechentechnischen Standpunkt einander entgegengesetzt. Deshalb wird in diesem Buch besonders hervorgehoben, ob es sich um eine konkave bzw. konvexe *Minimierungs-* oder *Maximierungs*aufgabe handelt.

Diejenige Klasse von Optimierungsaufgaben, in der das Einschränkungssystem linear und die zu minimierende Zielfunktion konvex (bzw. die zu maximierende Zielfunktion konkav) ist, läßt sich rechentechnisch gut behandeln. Zur Lösung der Aufgabe gibt es zwei Hauptmethoden.

2.1. Man löst die konvexe Minimierungsaufgabe selbst. Hierfür stehen zahlreiche Algorithmen zur Verfügung, unter denen sich einige rechentechnisch ziemlich leicht anwenden lassen.[1]

2.2. Mit Hilfe eines Kunstgriffs wird die Aufgabe »linearisiert«, indem hierzu eine lineare Optimierungsaufgabe angegeben wird, deren exakte Lösung als eine Näherungslösung der ursprünglichen nichtlinearen Aufgabe anzunehmen ist.[2] Diese Art der Umformung ermöglicht eine beliebig genaue Annäherung; sie ist aber mit einer Erhöhung der Anzahl der Variablen verbunden, der die rechentechnisch verwendbare Größe der erhaltenen linearen Aufgabe Grenzen setzt.

a) Die Kostenfunktion $C_j(x_j)$ der j-ten Aktivität wird abschnittsweise durch lineare Funktionen angenähert, beispielsweise indem wir auf der x_j-Achse m_j bestimmte Abszissen annehmen: $0 < X_j^{(1)} < X_j^{(2)} < \ldots < X_j^{(m_j)}$ und in den aufeinanderfolgenden Intervallen

$$(0, X_j^{(1)}), \quad (X_j^{(1)}, X_j^{(2)}), \ldots, (X_j^{(m_j-1)}, X_j^{(m_j)})$$

$C_j(x_j)$ durch die zur entsprechenden Sehne gehörenden linearen Funktion ersetzen (Abbildung 7.2). Den letzten Teilungspunkt nehmen wir so an, daß praktisch kein größerer Umfang mehr in Frage kommt. Wir erhalten die Approximationsfunktion:

$$\widetilde{C}_j(x_j) = \begin{cases} c_j^{(1)} x_j, & \text{für} \quad 0 \leqq x_j \leqq X_j^{(1)} \\ c_j^{(2)}(x_j - X_j^{(1)}) + c_j^{(1)} X_j^{(1)}, & \text{für} \quad X_j^{(1)} \leqq x_j \leqq X_j^{(2)} \\ \ldots\ldots\ldots\

die Anstiege der Sehnen in den entsprechenden Linearitätsintervallen sind. Es ist klar, daß $\tilde{C}_j(x_j) \geqq C_j(x_j)$ und daß sich durch die Verdichtung der Teilungspunkte $\tilde{C}_j(x_j) - C_j(x_j)$ beliebig verkleinern läßt.

b) Statt der Aktivitätsvariablen x_j nehmen wir m_j nichtnegative Veränderliche $x_j^{(1)}, x_j^{(2)}, \ldots, x_j^{(m_j)}$ an, ersetzen x_j im ursprünglichen Ungleichungssystem durch $x_j^{(1)} + x_j^{(2)} + \ldots + x_j^{(m_j)}$ und führen die zusätzlichen linearen Bedingungen

$$x_j^{(1)} \leqq X_j^{(1)},\ x_j^{(2)} \leqq X_j^{(2)} - X_j^{(1)}, \ldots,\ x_j^{(m_j)} \leqq X_j^{(m_j)} - X_j^{(m_j-1)} \tag{7.4}$$

ein. Zu dem so erhaltenen erweiterten linearen Ungleichungssystem bilden wir die

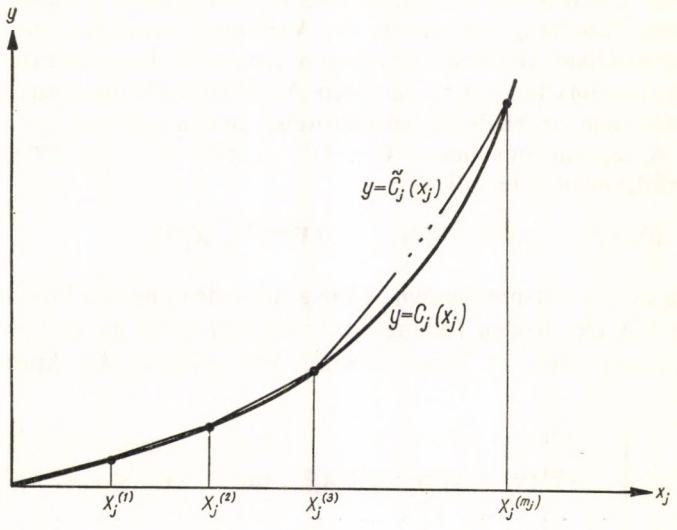


Abb. 7.2

Zielfunktion, in der die Veränderlichen $x_j^{(k)}$ die Koeffizienten $c_j^{(k)}$ erhalten. Dann lösen wir die lineare Optimierungsaufgabe mit der Zielsetzung

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{m_j} c_j^{(k)} x_j^{(k)} \longrightarrow \min! \tag{7.5}$$

Da die Zielfunktion die Minimierung der Kosten vorschreibt, ist gewährleistet, daß das Optimierungsprogramm immer zuerst die billigere Möglichkeit ausschöpft und erst dann die teurere beansprucht, wenn bei der billigeren die Einschränkung wirksam wird. Auf Grund dieser Eigenschaft der Zielfunktion wird automatisch die Forderung erfüllt, daß $x_j^{(2)}$ im optimalen Programm erst dann positiv sein kann, wenn bereits $x_j^{(1)} = X_j^{(1)}$ ist. Analog kann $x_j^{(3)}$ erst dann im Programm mit positivem Wert enthalten sein, wenn $x_j^{(1)} + x_j^{(2)} = X_j^{(2)}$ ist usw.

Bisher wurde die Methode 2.2 (Linearisierung der konvexen Kostenfunktion) gegenüber der Methode 2.1 (unmittelbare Lösung der konvexen Minimierungs-

aufgabe) bevorzugt. In Zukunft wird wohl auch die Methode 2.1 angewendet werden; dem steht rechentechnisch kein besonderes Hindernis im Wege.[1]

3. *Konkave Kostenfunktion.* In diesem Falle nimmt die Ableitung der Kostenfunktion ab. Diesen Fall stellt die Abbildung 7.3 dar.

Dieser Typ der Kostengestaltung, der auch K o s t e n d e g r e s s i o n genannt wird, ist sowohl vom mathematischen als auch vom ökonomischen Gesichtspunkt analog zur konvexen Ertragsfunktion, d.h. zur Ertragsfunktion mit zunehmender Ableitung (Gewinnprogression).

Im Gegensatz zum bereits behandelten »guten« Typ 2 der nichtlinearen Kostenfunktion ist dieser vom mathematisch-rechentechnischen Gesichtspunkt der

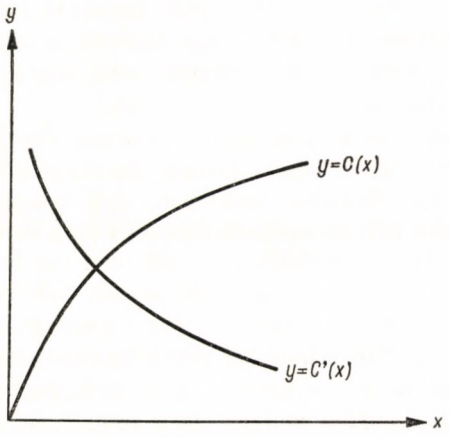


Abb. 7.3

»schlechte« Typ. Diese Klasse der Optimierungsaufgaben, in der die Zielfunktion zum Typ 3 gehört (zu minimierende konkave bzw. zu maximierende konvexe Funktion), kann *nicht* mit dem verhältnismäßig einfachen Algorithmus gelöst werden, der der Simplexmethode ähnlich ist und in endlich vielen Iterationsschritten zum exakten Optimum führt.

Es bieten sich folgende Lösungen an:

3.1. Im Prinzip können die Extrempunkte der Mengen der Programme, die dem Einschränkungssystem genügen, bestimmt werden. Aus ihnen kann ein Extrempunkt ausgewählt werden, für den der Wert der Zielfunktion der kleinste ist. Das zugehörige Programm ist die Lösung der Aufgabe. Zur Bestimmung der Extrem-

[1] Obwohl die Literatur viele »elegante« Lösungen für die Aufgabe 2.1 bietet, sind diese für die Ökonomen weniger verlockend, da — zumindest bei der Perspektivplanung — nicht die Kostenprogression, sondern die Degression eigentlich das entscheidende Problem ist. Leider bietet — wie wir sehen werden — die Literatur für dieses keine genau so guten Algorithmen.

punkte kann mit einer bestimmten Veränderung ein Algorithmus angewandt werden, der von *H. Uzawa* erarbeitet wurde.[1] Anwendbar ist ferner das sogenannte *sukzessive Verfahren*, das in der ersten Phase der Chemiefaserindustrie-Untersuchungen von *T. Lipták* erarbeitet worden ist.[2]

Zur praktischen Anwendung der erwähnten Verfahren konnte es in unseren Untersuchungen nicht kommen, da der Speicherbedarf bei beiden Verfahren die Speicherkapazität der in Ungarn zur Verfügung stehenden Rechenmaschinen überschritt.

3.2. Wir begnügen uns mit der *Annäherung* der Lösung der konkaven Minimierungsaufgabe. Man könnte zunächst denken, daß sich bei der konkaven Kostenfunktion die gleiche Lösung anbietet wie bei der konvexen Kostenfunktion. Die stetige Funktion wird abschnittsweise durch lineare Funktionen angenähert, für die einzelnen Intervalle werden unabhängige Aktivitäten eingeführt, deren Umfang durch entsprechende Bedingungen beschränkt wird, und so wird die Aufgabe auf eine lineare Optimierungsaufgabe zurückgeführt.

Das ist jedoch leider bei weitem nicht so einfach. Die Zielfunktion stimuliert die Minimierung der Kosten. Daher könnte, der dargestellten Vorstellung nach optimiert, die absurde Situation entstehen, daß beispielsweise im optimalen Programm der Bau des billigsten Abschnitts des neuen Betriebes mit einer Kapazität von über 5000 Tonnen enthalten ist, während das Programm den Bau des teureren Abschnitts unter 5000 Tonnen Kapazität nicht vorsieht.[3] Es ist offensichtlich, daß die relative Einsparung bei der Kapazität über 5000 Tonnen nur dadurch möglich wird, daß schon bei der Schaffung der Kapazität von 5000 Tonnen Kosten entstanden, die bei der weiteren Kapazitätssteigerung entweder gar nicht oder verhältnismäßig weniger stark anwachsen. Hier können keine als voneinander unabhängige Tätigkeiten anwendbare Teilvariablen angesetzt werden. Die Aufgabe läßt sich nicht auf eine lineare Optimierungsaufgabe zurückführen.

Bei der chemiefaserindustriellen Optimierung mußte das vom mathematischen Aspekt nicht vollkommen befriedigende Näherungsverfahren angewandt werden, das aber – wie Kontrolluntersuchungen zeigten – bei der gegebenen konkreten Aufgabe zu annehmbaren Ergebnissen führte.[4] In diesem Zusammenhang betrachten wir die bei der Optimierung der Chemiefaserindustrie erzielten Ergebnisse nur als ersten vorsichtigen Schritt. Wir beabsichtigen, auf diesem Gebiet noch weitere Forschungen durchzuführen.

Unser Überblick erhebt natürlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit. (Beispielweise ist eine Optimierungsaufgabe vorstellbar, bei der die Zielfunktion weder

[1] Siehe [5] (Seiten 23–31 und 179–188).

[2] Siehe [83] Mathematischer Anhang.

[3] Im entgegengesetzten Fall, bei konvexer Kostenfunktion, besteht – wie wir gesehen haben – diese Gefahr nicht. Die Kostenminimierungsaufgabe strebt zuerst zur Inanspruchnahme des ersten, billigeren Abschnitts und erst nach dessen Ausschöpfung zur Inanspruchnahme des zweiten und so fort.

[4] Das Näherungsverfahren wird im Anhang A dargestellt.

konvex noch konkav ist. Das ist möglich, wenn die Kostenfunktion bei einzelnen ökonomischen Aktivitäten konvex, bei anderen dagegen konkav ist.)

3.3. Ein in der Literatur bekanntes Verfahren ist, daß die nichtlineare Optimierungsaufgabe mit *stetigen* Variablen in ein diskretes Optimierungsproblem transformiert und die Lösung hierdurch angenähert wird. Wegen der schon erwähnten rechentechnischen Schwierigkeiten der diskreten Optimierung haben wir dieses Verfahren nicht angewandt.

Wir bemerken noch, wie wichtig der 3. Typ der Kostenfunktion mit abnehmender Ableitung, der Typ der Kostendegression ist. Es ist ein großer Mangel der bisherigen Forschung der mathematischen Optimierung, daß diese Aufgabe bisher nicht gelöst wurde oder wenigstens ein rechentechnisch leicht benützbarer Algorithmus ausgearbeitet wurde, der zu zuverlässigen, gut angenäherten Ergebnissen führt. Dieser Mangel ist natürlich kein Zufall, sondern er hängt mit den grundlegenden mathematischen Schwierigkeiten der Aufgabe zusammen. Es muß betont werden, daß es sich hier um eines der brennenden Probleme handelt, bei denen die Ökonomen, die mathematische Modelle anwenden, von den Mathematikern Hilfe erwarten.

7.4. Die für die verschiedenen Arten der Aktivitäten kennzeichnenden Kostenfunktionen

Untersuchen wir die verschiedenen Aufgabentypen unter dem Gesichtspunkt ihres *ökonomischen Inhalts*. Die Kosten der Aktivitäten hängen in verschiedener Weise von ihrem Umfang ab. Bei ihrer Klassifizierung wird eine kurze Information gegeben, wie die Kosten in den früher erwähnten zweiglichen Modellen praktisch behandelt wurden.

1. Die *Aktivitäten der Produktion bei gegebenem Grundmittelbestand* (z. B. Stoffproduktion auf Maschinen des alten Webmaschinenparks; Produktion von Viskosefasern bei vorhandenen Produktionskapazitäten usw.). In solchen Fällen ist der Kostenfunktionstyp dem kurzfristigen Kostenfunktionstyp ähnlich – auch dann noch, wenn es sich um die Perspektivplanung handelt.[1] (Natürlich nur vom Gesichtspunkt der Abhängigkeit vom Umfang der Aktivität und nicht hinsichtlich der konkreten Kostenstruktur.) Die Ähnlichkeit ist offensichtlich, da es sich um eine Produktion handelt, die bei gegebener Kapazität mit gegebenem Grundmittelbestand durchgeführt wird und die im engeren Sinne keine Netto-Investitionskosten, keine Kapazitätsentwicklungskosten verursacht.

Ein typischer Fall ist die aus der ökonomischen und betriebswirtschaftlichen Theorie wohlbekannte Kostenfunktion mit U-förmiger Ableitung (siehe Abbil-

[1] Unter kurzfristigen Kosten verstehen wir Kosten, die während der laufenden Produktion mit gegebenem fixen Produktionsfonds im Verlauf einer kürzeren Zeitperiode (z.B. 1 Monat, 1 Quartal) entstehen. Demgegenüber enthalten die langfristigen Kosten auch die mit der Vermehrung des fixen Produktionsfonds verbundenen Kosten. Die kurzfristigen Kosten sind also von der *Ausnutzung* eines Betriebes *von gegebener Größe*, die langfristigen Kosten dagegen von der *Größe* des Betriebes abhängig.

dung 7.4). Auf der Abbildung stellten $c(x)$ die Einheitskosten und $C'(x)$ die Ableitung der Kostenfunktion dar.

Mit der Steigerung des Umfanges der Aktivität nehmen nicht alle Kosten zu. Es gibt relativ fixe oder zumindest langsamer anwachsende Kosten (z.B. das Gehalt leitender Angestellten, Kosten für Hilfsleistungen, Laborkosten usw.). Dadurch werden abnehmende Ableitungen zu Beginn der Kurve verursacht. Über eine gewisse Grenze hinaus kann dagegen die Produktion nur noch mit progressiven Kosten gesteigert werden (z.B. Aufnahme von Nachtschichten, Nachtzuschlägen und Beleuchtungskosten, Überstunden, Anwendung von Werkstoffen besonders guter Qualität im Interesse der Produktivitätssteigerung usw.).

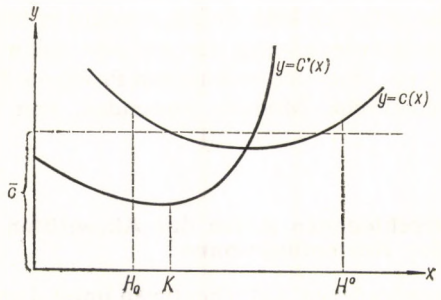


Abb. 7.4

In Ungarn wurden verhältnismäßig wenige zahlenmäßige Untersuchungen zur Bestimmung der kurzfristigen Kostenfunktionen durchgeführt.[1] Die bisherigen ungarischen Untersuchungen haben die Berechtigung der Anwendung von kurzfristigen Kostenfunktionen mit U-förmigen Einheitskosten bekräftigt. Es stellte sich aber auch heraus, daß im unteren Bogen des U, d.h. im für die Praxis am ehesten in Frage kommenden Bereich, sich die Einheitskosten verhältnismäßig wenig ändern. (Das entspricht ungefähr dem Intervall $[H_0, H^0]$ der Abbildung 7.4.)

In unseren Optimierungsmodellen wurden zwei praktische Lösungen gewählt:

1.1. Die Aktivität wurde dort, wo die Kostenprogression schärfer wird, nach oben beschränkt (auf der Abbildung 7.4 bei H^0). Bis dahin wurden die Berechnungen mit einer linearen Kostenfunktion durchgeführt. Der Einheitskostenaufwand c entspricht ungefähr den durchschnittlichen Einheitskosten des Intervalls $[H_0, H^0]$. Das wurde z.B. bei den entsprechenden Veränderlichen des Modells der Baumwollindustrie berücksichtigt.

[1] Die erste Untersuchung wurde in der Textilindustrie vom Verfasser gemeinsam mit *T. Lipták* durchgeführt. (Siehe [78], ferner in englischer Sprache [79].)

Neuerdings stellten in der Maschinenindustrie *A. Máriás* [120] und in der Zellulose-Produktion *A. Deák* [32] ähnliche Untersuchungen an.

Folgende Bedingung wurde nicht ausdrücklich in das mathematische Modell aufgenommen, sondern stillschweigend unterstellt. Ein Programm gilt nicht als optimal, sofern der Umfang der Aktivität bei alter Kapazität sehr klein ist ($x < H_0$). Die Einheitskosten der Aktivität von kleinem Umfang sind nämlich in Wirklichkeit weit größer als die nach der linearen Kostenfunktion ermittelten Einheitskosten. (Hier sind wir schon »im linken oberen Schenkel« des U.) Wir legten fest, daß, falls die Optimierung zu einem solchen Ergebnis führt, auf die Einbeziehung der Aktivität in das Modell verzichtet und nochmals optimiert wird. In der Praxis kam aber dieser Fall nicht vor, da der Umfang der Aktivitäten innerhalb des Intervalls $[H_0, H^0]$ lag.

1.2. Der Umfang der Aktivität wurde dort nach oben beschränkt, wo die Ableitung der Kostenfunktion ihr Minimum annimmt. (Punkt K der Abbildung 7.4.) Im Intervall $[0, K]$ wurde die *konkave* Kostenfunktion angenommen. So gingen wir beispielsweise beim Modell der Chemieindustrie vor. Da bei dieser Untersuchung die Aufmerksamkeit der Kostendegression galt, wurde das Intervall der Produktionsverweiterung, in dem die Kosten progressiv steigen, nicht berücksichtigt.

2. *Produktionserweiterung bei gegebenem altem Grundmittelbestand durch Erweiterung der vorhandenen Kapazität.* (Beispielsweise: Aufstellen neuer Maschinen in alten Baumwollwebereien; Erweiterung einer alten Alaunerdenfabrik usw.)

In solchen Fällen ergeben sich konvexe Kostenfunktionen mit steigender Ableitung. Da die verhältnismäßig günstig aufwendbaren Ressourcen (z.B. ein altes Fabrikgebäude oder ein noch brauchbarer Teil des alten Maschinenparks usw.) nur beschränkt zur Verfügung stehen, muß zwecks Steigerung des Produktionsvolumens eine Kombination mit anderen ungünstigeren Ressourcen und mit wachsendem Produktionsvolumen unter immer ungünstigeren Bedingungen vorgenommen werden.

Beispielsweise kann bei der Alaunerdeproduktion durch die Beseitigung des Engpasses im alten Betrieb ein gewisser Produktionszuwachs erreicht werden. Diese ist die billigste Möglichkeit. Die nächstfolgenden Schritte sind Erweiterung des Betriebes durch verhältnismäßig geringe Bautätigkeit, durch Bebauung der vorhandenen freien Gebäudeplätze, durch Umstellung der Maschinen und mittels Beschaffung einzelner neuer Maschinen. Das ist schon eine teurere Aktion. Die folgende Möglichkeit ist die radikale Erweiterung des Werkes, verbunden mit der gründlichen technischen Rekonstruktion der Einrichtungen. Das kostet noch mehr. Endlich, wenn auch diese Möglichkeit nicht realisierbar ist, kann eine neue Fabrik errichtet werden. Das ist die kostenungünstigste Variante.

Zur Darstellung solcher Kostenfunktionen wurde bei den zweiglichen Modellen das im Abschnitt 7.3, Fall 2.2 beschriebene Verfahren angewandt. Die Aktivitäten wurden in Teilaktivitäten unterteilt, die separat eingeschränkt und durch lineare Kostenfunktionen dargestellt wurden. In diesen Fällen war die Trennung in Teilfunktionen auch technisch gegeben.

3. *Errichtung neuer Betriebe.* In diesem Zusammenhang ergeben sich die allgemein bekannten Vorteile des Großbetriebes, der Massenproduktion (»economies of

scale«). Die Steigerung der Betriebsgröße ist mit relativen Einsparungen verbunden. Das ist besonders in der Chemieindustrie auffallend – hierher gehört auch die Chemiefaserindustrie –, deshalb wird dieses Beispiel hier gebracht.

Relative Einsparungen ergeben sich bei den *Investitions*kosten eines größeren Betriebes z.B. aus folgenden Gründen:

– Die wichtigsten Produktionsmittel der Chemieproduktion sind verschiedene Behälter und Rohranlagen. Der Preis der Behälter und Rohre mit größerer Durchlaßfähigkeit verhält sich nicht proportional zu den Abmessungen, sondern steigt langsamer. Auch die Abmessungen der zu ihrer Unterbringung erforderlichen Gebäude brauchen nicht proportional vergrößert zu werden.

– Die Planungskosten des größeren Betriebes sind nicht proportional größer als die des kleineren Betriebes, da ein bedeutender Teil der Planungskosten von den Abmessungen des zu errichtenden Betriebes unabhängig ist.

– Einzelne Baukosten (z.B. die Baustellenkosten) nehmen nicht proportional zum Umfang der Bauaufgabe zu.

– Beim Kauf einer größeren Anzahl von Maschinen kann eventuell eine Preisermäßigung realisiert werden. Dabei sind auch günstigere Anleihenbedingungen zu erreichen.

Relative Einsparungen ergeben sich bei den *laufenden Kosten* des größeren Betriebes, beispielsweise wenn

– für die größere Produktion – und für die Bedienung der größeren Behälter und Rohranlagen – nicht relativ mehr Personal beansprucht wird. (Die Zahl des administrativen und Hilfspersonals nimmt im Verhältnis zu der Größe des Betriebes ebenfalls zu. In der Chemieindustrie ist die Kostendegression bei den Lohnkosten sehr stark.);

– die Kapazität der einzelnen Bedienungsbetriebe, Labors nicht proportional zur Kapazität des produzierenden Grundbetriebes gesteigert wird;

– die Kosten der Lagerung und des Absatzes nicht proportional zur Kapazität wachsen.

In diesen Fällen ergeben sich konkave Kostenfunktionen mit fallender Ableitung. Wie im Abschnitt 7.3 dargestellt, ist die Lösung der konkaven Minimierungsaufgabe mit außerordentlichen Schwierigkeiten verbunden. Bei den chemiefaserindustriellen Untersuchungen nahmen wir diese Schwierigkeiten dennoch auf uns, da die Außerachtlassung der relativen Einsparungen der Massenproduktion die praktischen Resultate der Berechnungen wesentlich verzerrt hätte.

4. *Außenhandelsaktivitäten.* Mit der Erweiterung der Aktivität können bei Importgeschäften Vorteile, Einsparungen erzielt werden. Der Verkäufer gewährt eventuell beim Kauf eines größeren Importpostens eine Preisermäßigung. Die Erweiterung der Aktivität kann aber auch mit Nachteilen verbunden sein; so muß z.B. beim Verkauf eines größeren Exportpostens Preisermäßigung gewährt werden. Beim Kostenminimierungsmodell ergibt sich im Falle des Imports eine konkave Kostenfunktion. Dagegen führt beim Kostenminimierungsmodell, bei dem die Exporteinnahmen als negative Kosten dargestellt werden, der in Abhängigkeit vom Umfang abnehmende Exportpreis zu einer konvexen Kostenfunktion.

Bei den Modellen wurde dieser Zusammenhang außer acht gelassen, und es wurde mit einer einfachen linearen Kostenfunktion aus zwei Gründen gerechnet: einerseits ist, wie bereits erwähnt, die vom Umfang abhängige Preisermäßigung im Handel unter den sozialistischen Ländern nicht üblich. Andererseits existieren in Ungarn keine entsprechenden Anhaltspunkte zur zahlenmäßigen Bestimmung, mit welchen Preisermäßigungen beim Außenhandel mit den kapitalistischen Ländern gerechnet werden könnte.

7.5. Berücksichtigung der Vorteile der Massenproduktion beim Modell der Chemiefaserindustrie

Wir können jetzt die bei der Darstellung des Modells der Chemiefaserindustrie nur allgemein charakterisierte Zielfunktion (6.8) konkretisieren. Wir wandten bei den Produktionsveränderlichen folgende Kostenfunktion an:[1]

$$C_j(x_j) = P_j\left(\frac{x_j}{X_{oj}}\right)^{\pi_j} + Q_j\left(\frac{x_j}{X_{oj}}\right)^{\Psi_j} + r_j x_j . \tag{7.6}$$

Hierbei bedeuten

X_{oj} die im voraus festgelegte, vorausgesetzte Betriebsgröße bei der j-ten Produktionsaktivität; auf Grund dieser konstanten Betriebsgröße legten die planenden Ingenieure die Investitions- und laufenden Kosten fest

P_j die nach den Investitionskosten errechnete Produktionsfondsabgabe und Instandhaltungskosten[2] bei der vorausgesetzten Betriebsgröße X_{oj}

Q_j die jährlichen Lohnkosten bei der vorausgesetzten Betriebsgröße X_{oj}

π_j, ψ_j Degressionsexponenten, ihre Größen liegen zwischen 0 und 1

r_j auf die Produkteneinheit entfallende Betriebskosten, außer den Lohnkosten. Sie enthalten vor allem Materialkosten. Da diese annähernd proportional zum Umfang der Produktion sind, ist die Voraussetzung der Linearität keine zu starke Vereinfachung.

Die Kostenfunktion ist eine konkave Potenzfunktion. Diese Formel wird von den Planungsingenieuren der petrochemischen Industrie Amerikas und Westdeutschlands angewendet. Wir entnahmen sie der Fachliteratur, die die ökonomischen Probleme der Chemieindustrie behandelt.[3] Auf Grund der Fachliteratur

[1] Von der im Kapitel 6 angewandten Bezeichnung abweichend, wird der Einfachheit halber nur ein — auf die laufende Nummer der Variablen hinweisender — Index verwendet.

[2] Die Instandhaltungskosten drücken die erforderlichen Aufwendungen zur einfachen, auf gleicher Stufe zu vollziehenden Reproduktion der Grundmittel aus. Eine nähere Erklärung wird in einem späteren Teil des Bandes gegeben.

[3] Siehe die Werke von *J. M. Berk, J. E. Haselbarth* [10], *W. Isard, E. W. Schooler, T. Vietorisz* [60], *H. Kölbel, J. Schulze* [89], *S. M. Peters* [141] und *R. Williams* [178].

wurde auch die zahlenmäßige Größe der Degressionsexponenten bestimmt. Der Degressionsexponent der Investitionskosten sowie der Exponent der Lohnkosten beträgt in den meisten Fällen bei den Endoprodukten ca. 0,6 – 0,7. Der Exponent der Lohnkosten für die Zwischenprodukte ist wesentlich niedriger, er liegt ungefähr bei 0,2. Die detallierteren Angaben werden in der Tabelle 7.2 dargestellt.

Der Funktionstyp (7.6) erwies sich in der Praxis als vorteilhaft, da er der Anschauung der bei der Untersuchung mitwirkenden Projektierungsingenieure, die die technischen Daten angaben, entgegenkam. Der Projektierungsingenieur erarbeitet in der Regel keine Kostenfunktionen, sondern bestimmt bei einer festgelegten Betriebsgröße die Kostengröße. Die Kostenfunktion (7.6) bietet die Möglichkeit, von den Angaben eines Betriebes von bestimmter Größe ausgehend, die Kostenfunktion abzuleiten.

Wie schon erwähnt, spiegeln die Einschränkungen der Optimierungsmodelle die Vorteile der Massenproduktion nicht wider. Beispielsweise gelangt der abnehmende Charakter der Ableitung der Investitionskosten in der die Investitionsressourcen beschränkenden Bedingung (6.5) nicht zum Ausdruck. Das verursacht aber keinen großen Fehler. Wir beschränken nämlich die Inanspruchnahme einzelner Ressourcen deshalb durch entsprechende Bedingungen, um sicherzustellen, daß das Programm keinesfalls *mehr* Ressourcen als zulässig beansprucht. Daher bedeutet die Vernachlässigung der mit der Massenproduktion verbundenen Vorteile nur, daß wir uns gewissermaßen »übersichern«. In Wirklichkeit wird das Programm dann etwas *weniger* Ressourcen (Investitionen, Baukapazität, Devisen usw.) beanspruchen, als die Einschränkung des Modells zuläßt. Die mit der Massenproduktion verbundenen Vorteile werden in der Zielfunktion berücksichtigt.

Im Absatz 7.3 wurde bereits darauf hingewiesen, daß wir uns statt der exakten Lösung der konkaven Minimierungsaufgabe nur mit dem Näherungsverfahren begnügen mußten. Deshalb haben wir zur Kontrolle folgende Berechnung durchgeführt.:

Die Zielfunktion wurde »linearisiert«. Die bei der Untersuchung mitwirkenden Projektingenieure haben auf Grund ihrer fachmännischen Routine, ausländischen Erfahrungen usw. die »normale Betriebsgröße« der einzelnen Produktionsaktivitäten bestimmt. Diese werden mit $\bar{x}_j$ bezeichnet. Hiernach wurde festgestellt, wie groß – mit der ursprünglichen, nichtlinearen Kostenfunktion gerechnet – die auf eine Kapazitätseinheit entfallenden Kosten bei »normaler Betriebsgröße« sein würden. Diese »normalen Einheitskosten« werden mit $\bar{c}_j$ bezeichnet und es ist

$$\bar{c}_j = \frac{C_j(\bar{x}_j)}{\bar{x}_j}. \tag{7.7}$$

Übrigens wurde auch bei den in anderen Industriezweigen vorgenommenen ausländischen statistischen Untersuchungen ähnliche Kostenfunktionstypen wie (7.6) nachgewiesen. Siehe z.B. das Buch von *J. Dean* [31] (Seite 300–301) über die in den Wärmekraftwerken, Butterfabriken usw. vorgenommenen Kostenuntersuchungen.

TABELLE 7.2

Die Degressionsexponenten in der Chemiefaserindustrie

Produktenbezeichnung	Degressionsexponenten der Investitionskosten			Degressionsexponenten der Lohnkosten		
	Fachliteratur-quelle	In der Fachliteratur enthaltene Angabe	Bei unseren Berechnungen angewandter Exponent	Fachliteratur-quelle	In der Fachliteratur enthaltene Angabe	Bei unseren Berechnungen angewandter Exponent
Orlonfaser	—	—	0,67	[60]	0,6	0,6
Terylenfaser	—	—	0,67	[60]	0,6	0,6
Nylon-6-Seide	[89]	0,67	0,67	—	—	0,6
Sonstige Endprodukte	—	—	0,67	—	—	0,6
Kaprolaktam	[89]	0,77	0,77	—	—	0,22
Phenol	—	—	0,6	—	—	0,22
Aethylenglykol	[60]	0,625				
	[10] [89]	0,78	0,7	—	—	0,22
Dimethylterephthalat	[60]	0,67	0,67	[60]	0,218	0,22
Akrylnitril	[60]	0,7	0,65*	—	—	0,22
Polypropylen	[10] [89]	0,9**	0,9	—	—	0,22

* Die Quelle der Fachliteratur bezieht sich auf eine andere Technologie, als wir bei der entsprechenden Aktivität unseres Modells vorausgesetzt haben. Diese Abweichung ist der Grund für den niedrigeren Degressionsexponenten.

** Die Fachliteraturquelle bezieht sich auf die Polyäthylenproduktion, die aus dem Gesichtspunkt der Kostendegression als analog zur Polypropylenherstellung betrachtet werden kann.

Diese »normalen Einheitskosten« wurden in die Zielfunktion des linearen Optimierungsmodells als Koeffizienten eingesetzt.[1]

Danach wurde das optimale Programm der auf diese Weise »linearisierten« Aufgabe bestimmt. Dieses wird mit $\mathbf{x}_{lin}$ bezeichnet (im Gegensatz zum Programm $\mathbf{x}_{non\text{-}lin}$ mit einem verhältnismäßig günstigeren Zielfunktionswert, das im Rahmen der nichtlinearen Optimierung annähernd ermittelt wurde).

Darauf wurden die zum $\mathbf{x}_{lin}$ und $\mathbf{x}_{non\text{-}lin}$ gehörenden Zielfunktionswerte, die jetzt schon beide mit der ursprünglichen nichtlinearen Kostenfunktion berechnet wurden, verglichen. Es ergab sich, daß die Kosten des Programms $\mathbf{x}_{lin}$ ca. um 3 Prozent höher sind als die des Programms $\mathbf{x}_{non\text{-}lin}$. *Das Ergebnis des ökonomisch auf gröberen vereinfachenden Voraussetzungen beruhenden, doch mathematisch exakteren Verfahrens bleibt vom effektiven ökonomischen Optimum entfernter, als das mathematisch nicht-exakte, doch ökonomisch auf genaueren Voraussetzungen beruhende Verfahren von annäherndem Charakter.*[2]

Eine der Eigenarten des mit dem linearen Modell gewonnenen $\mathbf{x}_{lin}$ Programms ist, daß es geringer konzentriert als das mit der nichtlinearen Zielfunktion erhaltene $\mathbf{x}_{non\text{-}lin}$ Programm ist. Beispielsweise schreiben beide die Produktion der Nylon-6-Seide für den inländischen Bedarf und zum Export vor. Nach dem mit dem nichtlinearen Modell gewonnenen Programm muß diese mit einer gleichartigen Technologie hergestellt werden, während nach dem mit dem linearen Modell erzielten Programm ein Teil der Produktion mit der Technologie »*A*«, der andere Teil mit »*B*« zu verwirklichen ist. Oder ein anderes Beispiel: gemäß $\mathbf{x}_{non\text{-}lin}$ soll die alte Viskosekapazität im vollen Maße auf die Zellophanproduktion konzentriert werden, während $\mathbf{x}_{lin}$ die Halbfertigprodukten-Kapazität in Zellophan- und Viskoseseide-Produktion aufteilt. Die beiden Beispiele zeigen, daß die konkave Kostenfunktion die Produktionskonzentration viel entschiedener anstrebt.

Untersuchen wir das Problem der Produktionskonzentration näher.

Es wurden folgende Chemiefaserindustrie-Programme miteinander verglichen:

1. Das Programm der »reinen Autarkie«. Sämtliche Produkte, für die gemäß dem Beschränkungssystem des Modells heimischer Bedarf auftritt, werden im Inland unter Ausschluß des Außenhandels hergestellt.
2. Das mit nicht-mathematischen Methoden aufgestellte Programm.
3. Das mittels elektronischer Rechenmaschinen gewonnene günstigste Programm.
4. Ein extrem »extrovertiertes« Programm, bei dem die im Modell ursprünglich enthaltenen Exportschranken für die einzelnen Produkte aufgelöst wurden. (Folglich brauchte das nach dem ursprünglichen Modell kein zulässiges Programm zu sein.)

[1] Es ist umstritten, ob das die zweckmäßigste Methode der »Linearisierung« ist. Bei der Kontrollrechnung gingen wir davon aus, daß wir ungefähr so vorgehen müssen, wenn wir von Anfang an eine Linearoptimierung anstreben. Bei der Bestimmung der technischen und Kostenangaben mußten die Schätzungen der mitwirkenden Projektingenieure zugrunde gelegt werden. Die Projektingenieure bestimmen aber, jedenfalls entsprechend der bisherigen ungarischen Praxis, keine Kostenfunktionen, sondern schätzen die Kosten in bezug auf eine einzige Betriebsgröße (irgendeine von ihnen als »normal« angesehene Betriebsgröße) ein. (Darauf wird noch eingegangen.)

[2] Die Einzelheiten siehe im Abschlußbericht [85].

Von den obigen Programmen wurde nur das dritte mit einer elektronischen Rechenmaschine berechnet, das zweite Programm war gegeben, das erste und vierte Programm konstruierten wir zur Charakterisierung je einer »reinen« ökonomisch-politischen Richtung. Die Resultate der Berechnung werden in Tabelle 7.3 dargestellt.

TABELLE 7.3

Die Wirkung der Produktionskonzentration in der Chemiefaserindustrie

	1	2	3	4
Benennung des Programms	»Autark«	»Offiziell«	»Günstigstes«	»Extrovertiert«
Anzahl der Produkte, die hergestellt werden	13	10	8	2
Export, in 1000 Tonnen	0	38,3	59,3	663,5
Der Zielfunktionswert (Mill. Ft/Jahr)	7740	7272	6425	5255

Die Tabelle zeigt deutlich die Wirkung der Konzentration. Je mehr die Kräfte auf die Herstellung von nur wenigen Produktenarten konzentriert werden, um so mehr gelangen die mit der Massenproduktion verbundenen Vorteile zur Geltung. Die Autarkiebestrebungen verteuern die Produktion beträchtlich. Deshalb ist weitgehend anzustreben, die aus der internationalen Arbeitsteilung sich ergebenden Vorteile auszunutzen.

Die mit konkaven Kostenfunktionen durchgeführten Untersuchungen wurden noch nicht endgültig abgeschlossen. Bei den neuen Berechnungen soll mit der vom Kostenfunktionstyp (7.6) abweichenden Kostenfunktion gerechnet werden.

Zur Veranschaulichung der damit in Verbindung stehenden Probleme wurden die Investitionskosten aus der Funktion (7.6) herausgehoben und in einer einfacheren Form dargestellt:

$$B_j(x_j) = P_j \left(\frac{x_j}{X_{oj}}\right)^{\pi_j} = p_j x_j^{\pi_j} . \tag{7.8}$$

Die Funktion der entsprechenden Einheitskosten und die Ableitung der Kostenfunktion sind:

$$b_j(x_j) = \frac{B_j(x_j)}{x_j} = \frac{p_j x_j^{\pi_j}}{x_j} = p_j \frac{1}{x_j^{1-\pi_j}} , \tag{7.9}$$

$$B_j'(x_j) = \pi_j p_j \frac{1}{x_j^{1-\pi_j}} . \tag{7.10}$$

Obige drei Funktionen sind auf der Abbildung 7.5 dargestellt.

Bei zunehmender Betriebsgröße streben sowohl die Investitionseinheitskosten als auch die Ableitung der Investitionskosten nach 0, obwohl die Ableitung der Kosten immer unter den Einheitskosten liegt. Gleichermaßen verhalten sich die Lohneinheitskosten und die Ableitung der Lohnkosten. Diese streben auch nach 0. Nur für die Ableitung der Materialkosten und die Materialeinheitskosten gilt das nicht.

Damit ist aber der wirkliche Verlauf der Kosten noch nicht zureichend charakterisiert worden. In Wirklichkeit ergeben sich über eine gewisse Betriebsgröße

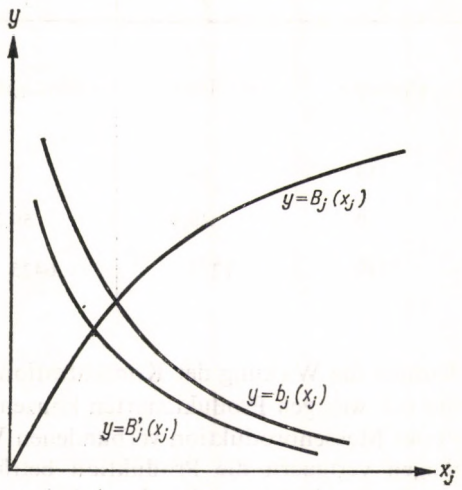


Abb. 7.5

hinaus keine relativen Einsparungen mehr, weder in den Investitions- noch in den Lohnkosten. Deshalb wird es in der Zukunft zweckdienlicher sein, sowohl bei den Investitions- als auch bei den Lohnkosten folgenden Kostenfunktionstyp anzuwenden:

$$B_j(x_j) = \mu_j + \varkappa_j x_j - \frac{\mu_j \xi_j}{x_j + \xi_j}. \tag{7.11}$$

Die Funktion der Einheitskosten und die Ableitung sind für diese hyperbolische Kostenfunktion

$$b_j(x_j) = \frac{B_j(x_j)}{x_j} = \frac{\mu_j}{x_j} + \varkappa_j - \frac{\mu_j \xi_j}{x_j^2 + \xi_j x_j}, \tag{7.12}$$

$$B_j'(x_j) = \varkappa_j + \frac{\mu_j \xi_j}{(x_j + \xi_j)^2}. \tag{7.13}$$

Wie aus den Formeln (7.12) und (7.13) ersichtlich, nähern sich bei der Zunahme von x_j sowohl die Einheitskosten als auch die Ableitung asymptotisch dem Werte

$\varkappa_j$ (siehe Abbildung 7.6). Bei entsprechender Auswahl der Konstanten liegen sowohl die Einheitskosten als auch die Ableitung der Kosten über eine bestimmte Betriebsgröße hinaus, d. h. unter normalen Umständen praktisch über die »maximale« Betriebsgröße hinaus, sehr nahe bei $\varkappa_j$ (in der Abbildung ist diese Betriebsgröße mit H bezeichnet).

Dieser Funktionstyp charakterisiert gut die tatsächliche Auswirkung der mit der Massenproduktion erzielbaren Einsparungen. Über eine gewisse Grenze hinaus können diese Einsparungen praktisch vernachlässigt werden, die Kostenfunktion

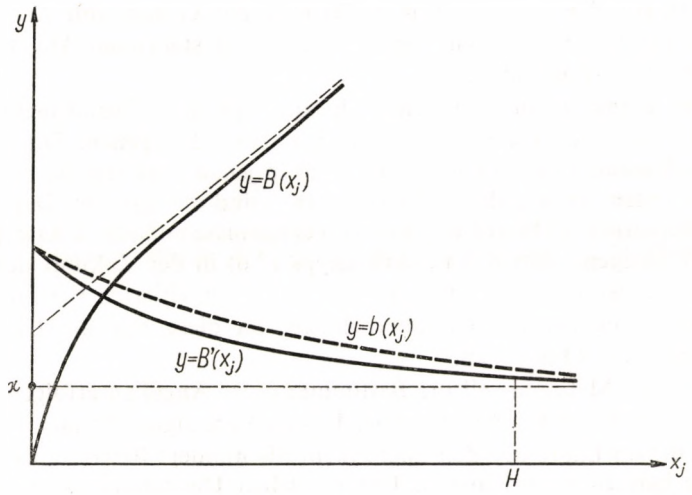


Abb. 7.6

linearisiert sich sozusagen. Wie auf Abbildung 7.6 gut ersichtlich ist, schmiegt sich die Funktion $B_j(x_j)$ für Betriebsgrößen über H schon eng an die gestrichelte Gerade, die Asymptote der Hyperbel an.

Zur zahlenmäßigen Bestimmung der Funktion sind mindestens drei bekannte Punkte erforderlich, und zwar möglichst im Intervall $[0, H]$. In der Praxis kann gewöhnlich eine Schätzung unmittelbar für $\varkappa_j$ angegeben werden, nämlich die Einheitskosten, die praktisch über H nicht mehr abnehmen. Das ist natürlich theoretisch keine genaue Schätzung von $\varkappa_j$, da ja die Einheitskosten sich $\varkappa_j$ nur nähern und es erst im Unendlichen erreichen. Die Abweichung ist aber gering und kann vernachlässigt werden, zumal die Größe von $\varkappa_j$ sowieso praktisch von den Projektingenieuren nicht genau bestimmt werden kann.

7.6. Bestimmung der Parameter der Funktion

Die andere Richtung unserer Untersuchungen hängt mit der Anwendung der konkaven Kostenfunktionen zusammen, und zwar mit der besseren Begründung der zahlenmäßigen Bestimmung der Parameter.

In der Untersuchung der Chemiefaserindustrie haben wir, wie schon erwähnt, die Degressionsexponenten π_j und ψ_j aus (7.6) der ausländischen Fachliteratur entnommen. Dieser Funktionstyp besitzt den Vorteil, daß man – wenn man diese Exponenten kennt – die Kostenangaben nur für eine einzige Betriebsgröße X_{oj} zu erarbeiten braucht.

Unsere Quellen waren zum Teil statistische Angaben, zum Teil wurden die Angaben durch technisch-wirtschaftliche Berechnungen gestützt.

Es entstanden aber Schwierigkeiten dadurch, daß in der Fachliteratur nur für einen Teil der im Modell enthaltenen Produkte unmittelbar entsprechende Angaben existierten, für den anderen Teil mußten sie auf Grund von Analogien selbst geschätzt werden, indem von den zur Verfügung stehenden Angaben ähnlicher Produkte ausgangen wurde.[1]

Darüber hinaus kann man sich auch aus folgendem Grund nicht mit der einfachen Übernahme ausländischer Angaben zufrieden geben. Die Proportionen zwischen Preisen, Löhnen und Kosten sind in jenen Ländern, deren Angaben als Quellen dienten, anders als in Ungarn, daher sind die dortigen Degressionsexponenten vermutlich nicht auf ungarische Verhältnisse adäquat übertragbar.[2]

Da wir übrigens statt des Funktionstyps (7.6) in der Zukunft den Typ (7.11) anwenden wollen, können wir auch nicht die in den zitierten Fachliteraturquellen enthaltenen Angaben einfach übernehmen, da diese nur die Exponenten des Funktionstyps (7.6) angeben.

Mit welcher Methode soll die Bestimmung der Angaben erfolgen? Betrachten wir das Beispiel der Chemieindustrie. In den Vereinigten Staaten gibt es Unternehmen, die im Laufe der Zeit allein mehr als hundert Betriebe, die die gleichen Produkte herstellen, errichteten. Unter solchen Umständen ist es möglich, auf Grund der Ist-Angaben die Kostenfunktionen zu bestimmen. Die ungarische Chemieindustrie ist aber im Vergleich dazu zu klein, um eine genügende Zahl Ist-Angaben für die Parameter der Kostenfunktion zu erbringen. Deshalb muß man von den Projektierungsingenieuren je eine Investition auf verschiedene Betriebsgrößen planen lassen und mittels der so erhaltenen – auf je eine festgelegte Kapazität bezogenen – Angaben die Parameter der Funktion mit den üblichen statistischen Methoden bestimmen. Das Verfahren ist keine Zwangslösung, zu der uns nur der Mangel an Ist-Angaben von entsprechender Zahl zwingt. Es besitzt auch viele Vorteile. Durch die Schätzungen der Ingenieure kann das Prinzip *ceteris paribus* konsequenter zur Geltung gebracht werden. Auf diese Weise ist es den Ingenieuren möglich, Kostenangaben zu berechnen, die in jeder Hinsicht gleiche Umstände, gleiche Technologie, gleiche Produktenzusammensetzung, gleiches Fachkenntnisniveau des Personals usw. voraussetzen, die voll-

[1] Siehe Tabelle 7.2.

[2] Neuerdings wurden auch die Kostenfunktionen, die von den Projektierungsingenieuren der sowjetischen Chemieindustrie zusammengestellt worden sind, bekannt. Siehe z. B. den Artikel von *W. S. Korotkewitsch* [88]. Die sowjetische Preisstruktur steht der ungarischen näher, doch auch diese kann nicht die auf konkreten Inlandsbedingungen beruhenden Angaben ersetzen.

kommen vergleichbar sind und sich nur in einer Hinsicht unterscheiden lassen, nämlich dadurch, daß sie sich auf verschiedene Betriebsgrößen beziehen.

Die ersten Schritte in dieser Richtung wurden bereits getan. Eine derartige Berechnung wurde beispielsweise bei der Untersuchung der Bauxit-Aluminiumindustrie für verschiedene Investitionsaktivitäten durchgeführt. Die weitere Ausdehnung dieser Untersuchungen erfordert aber eine große Organisation und kann deshalb nur dann Resultate erzielen, wenn die offiziellen Organe in großem Umfang die gleichzeitige Erarbeitung von Investitionsvorschlägen mit mehreren Varianten und für mehrere Betriebsgrößen anordnen.

8. Erster Vergleich mit den traditionellen Methoden

In den vorigen Abschnitten wurde die Struktur von zwei zweiglichen Modellen behandelt. Es bestehen noch viele offene Fragen, die noch untersucht werden, jedoch können schon jetzt einige Kennzeichen der traditionellen und der mathematischen Planungsmethoden verglichen werden.

Die in den Kapiteln 5 und 6 beschriebenen Zielfunktionen sind eng mit der wichtigsten Investitionswirtschaftlichkeitskennziffer, der Kennziffer g_n der traditionellen Planung verwandt. Vorläufig wird angenommen, daß hinsichtlich des *Optimalkriteriums* keine Differenz zwischen dem Optimierungsverfahren und den traditionellen Wirtschaftlichkeitsberechnungen besteht. In anderer Beziehung aber gibt es bedeutsame Abweichungen.

8.1. Größere Auswahlmöglichkeit

Die erste wesentliche Abweichung besteht darin, daß *die mathematische Optimierung eine größere und besser organisierte Auswahlmöglichkeit für das Entscheidungen treffende Organ garantiert.*

In der gegenwärtigen Praxis werden für das Genehmigungsdokument keine Varianten erarbeitet. Die Auswahl reduziert sich im wesentlichen auf die Alternative, soll dem unterbreiteten Dokument zugestimmt werden oder ist es abzulehnen? Daran ändert im wesentlichen auch die Tatsache nichts, daß bei der Entscheidung auch über Einzelfragen debattiert wird.

Diese Erscheinung ist allgemeingültig, und sie braucht daher nicht durch Beispiele belegt zu werden.[1] Die offiziellen Formblätter des Genehmigungsdokumentes lassen nicht einmal Platz zur Eintragung mehrerer Varianten. Das ist das normale System der Planung und der Bestätigung der Investitionen.

Obwohl im Stadium der Vorbereitung der Investitionsvorschläge, noch weit vor der Unterbreitung des Genehmigungsdokuments, in der Regel noch mehrere Varianten untersucht werden, und die Aufgabe der einzelnen Vorstudien es gerade ist, mehrere Varianten miteinander zu vergleichen, »verbluten« diese Varianten aber gewöhnlich, bevor das Dokument bestätigt wird. Im kritischen Augenblick liegt zumeist nur der unterbreitete Vorschlag vor.

Die Vorauswahl kann allerdings auch zweckmäßig sein, sofern die Berechnungen beweisen, daß die abgelehnten Varianten *gewiß schlechter* sind, als die zur

[1] Siehe hierzu die Studie von *L. Lukács* [107].

Annahme vorgeschlagenen. Dann ist es überflüssig, das die Entscheidungen treffende Organ mit solchen Varianten zu belasten, die nicht wert sind, verwirklicht zu werden.

In der Mehrzahl der Fälle ist das aber nicht der Fall. Obwohl die Vorstudien bewiesen hatten, daß zur Lösung der gleichen Aufgabe auch andere Varianten ernsthaft in Betracht kommen können, gelangt nur ein Vorschlag zu dem die Entscheidungen treffenden Organ.

So wurde beispielsweise in der Baumwollindustrie dem Bau einer neuen Weberei zugestimmt. Bei der Verhandlung lag *keine* andere Variante vor, nach der die durch die neue Weberei erreichbare Volumenzunahme mit der Rekonstruktion der alten Webereien gesichert werden konnte. Dennoch erwies sich, wie in Kapitel 5 gezeigt wurde, letzten Endes eben diese Variante als die günstigste.

Die sukzessive Ausscheidung der Varianten, die *zeitlich nacheinanderfolgende* Auswahl ersetzt nicht den *gleichzeitigen* Vergleich mehrerer Varianten.

Es ist objektiv festzustellen, daß die Forderung nach dem gleichzeitigen Vergleich mehrerer Varianten noch keine mathematische Optimierung erfordert. Der Vergleich kann auch ohne sie verwirklicht werden. *Jedoch ist die mathematische Optimierung unter anderem eine organisierte Form, ein Impuls für den simultanen Vergleich und die gemeinsame Untersuchung vieler Varianten.* Zum Wesen der Optimierung gehört die Auswahl unter mehreren Varianten; ohne diese Wahlmöglichkeit hat die Optimierung keinen Sinn.

Natürlich ist – worauf bereits hingewiesen wurde – auch im Falle der mathematischen Optimierung eine vorherige Auswahl notwendig. Sie ist erforderlich, da die Anzahl der Möglichkeiten immer enorm und der Umfang des Modells aus rechentechnischen Gründen beschränkt ist. Doch nach der Vorauswahl stellt das Modell der mathematischen Optimierung zahlreiche, bei der Entscheidung ernsthaft zu erwägende Varianten gleichzeitig nebeneinander auf.

In der bisherigen Darstellung wurde das Problem der Auswahl durchgehend als qualitative Wahl behandelt: »Soll dieses oder jenes ausgeführt werden?« Soll neu gebaut oder soll der alte Betrieb rekonstruiert werden? Sollen Schützenwechsel- oder Spulenwechselautomaten beschafft werden? Sollen Polyamid- oder Polyesterfasern hergestellt werden? – und so fort.

Hierbei ergeben sich aber auch quantitative Probleme. Welche Größe und Kapazität soll der neu zu errichtende Betrieb haben? Wieviel neue Maschinen sind anzuschaffen?

Meistens handelt es sich nicht einfach darum, welche Aktivität eingesetzt und welche andere nicht eingesetzt werden soll, sondern in der Regel werden gleichzeitig mehrere Aktivitäten angewandt, die in verschiedenen Proportionen kombiniert werden. Beispielsweise wird nicht die Frage gestellt, *entweder* Maschinenaustausch *oder* Bautätigkeit, sondern es soll *sowohl* Maschinenaustausch als *auch* Bautätigkeit erfolgen – aber in welcher Proportion? Es ergibt sich nicht das Problem, ob ein Austausch von Webmaschinen oder von Vorbereitungsmaschinen durchgeführt werden soll, sondern es werden beide Maschinenarten ausgetauscht, es fragt sich nur, in welcher Proportion.

Die verschiedenen Aktivitäten können demnach auf vielerlei Art kombiniert werden. Die Regeln der Kombinatorik brauchen nicht bekannt zu sein, um einzusehen, daß die Zahl der möglichen Kombinationen der in einem Industriezweig durchführbaren verschiedenen Investitionsaktivitäten unglaublich groß ist.

Bei den üblichen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, bei denen in den seltensten Fällen überhaupt mehrere Varianten verglichen werden, werden auch ungenügende Kombinationsmöglichkeiten untersucht. So hat zum Beispiel ein Arbeitsausschuß in der Baumwollweberei-Industrie einige mit den auch von uns untersuchten Investitionsproblemen im Zusammenhang stehende Varianten erarbeitet und auch die Wirtschaftlichkeit berechnet. Die Tabelle 8.1 stellt die Resultate dar.

Die Zusammenstellung der Varianten erforderte viel Arbeit. Jedoch ist dieses bloß ein Bruchteil der möglichen Kombinationen der Investitionsaktivitäten. Warum sollte nicht z. B. der ganze Maschinenpark der Goldberger-Fabrik allein auf Schützenwechsel- oder allein auf Spulenwechselautomaten umgestellt werden? Warum sollten nicht auch in der Fabrik »Magyar Pamutipar« (Ungarische Baumwollindustrie) Anbauautomaten angebracht werden? Warum sollte nicht in Sopron (Ödenburg) auch nur ein Teil des Maschinenparks ausgetauscht werden, wie es bei der Goldberger-Variante vorgesehen ist?

Hier ist die Grenze der Leistungsfähigkeit des traditionellen Berechnungsverfahrens erreicht. *Es ist eine unlösbare Aufgabe, ohne ein geeignetes mathematisches Verfahren die besten unter sämtlichen möglichen Kombinationen auszuwählen, wenn es sich um Entscheidungsprobleme mit verhältnismäßig vielen Varianten handelt.* Mit der mathematischen Optimierung sind diese Probleme im vollen Umfang lösbar.

Erwähnt sei noch ein praktischer Vorteil der mathematischen Optimierung: das Prinzip der »gleichen Chancen« kann selbstverständlich zur Geltung gebracht werden, d. h., daß viele Varianten *auf Grund gleicher Voraussetzungen* miteinander verglichen werden können. Bei den Berechnungen der technischen und Kostenkoeffizienten sämtlicher Varianten werden beispielsweise gleiche Lohntarife, gleiche Stromgebühren usw. zugrunde gelegt. Das ist natürlich wieder ein Prinzip, das nicht die mathematische Optimierung erfordert. Es kann auch mit den üblichen Berechnungen gewährleistet werden. Praktisch werden aber die Varianten isoliert voneinander aufgestellt (sofern überhaupt solche erarbeitet werden), wobei von anderen Voraussetzungen, anderen Ausgangsangaben ausgegangen wird. Demgegenüber zwingt die Zusammenfassung der verschiedenen Varianten in einem einzigen Modell zur Sicherung der Vergleichbarkeit, zur Berechnung gemäß einheitlicher Prinzipien. Es ist beispielsweise charakteristisch, daß, obwohl im Laufe der Jahre zahlreiche Studien über die Entwicklung der ungarischen Chemiefaserindustrie durchgeführt wurden, unter denen sich umfangreiche und gründliche Arbeiten befanden, trotzdem zur Zeit unserer Untersuchung keine miteinander vergleichbaren, nach gleichen Prinzipien zusammengestellten technischen und Kostenangaben für sämtliche im Modell enthaltenen Produktionsvarianten vorlagen, sondern erst aus vielerlei Quellen von unserer Forschergruppe gesammelt werden mußten.

TABELLE 8.1

Investitionsvarianten der Baumwollindustrie

Lfd. Nr.	Name des Unternehmens	Maschinentyp	Bautätigkeit	Rangordnung gemäß Wirtschaftlichkeitskennziffer
1.	Weberei in Békéscsaba (geplanter neuer Betrieb)	Schützenwechselautomaten	Neues Gebäude	9.
2.	Goldberger Textilwerke	Ein Teil des Maschinenparks besteht aus Schützenwechselautomaten, der andere Teil aus beschleunigten mechanischen Maschinen	Altes Gebäude	5.
3.	Goldberger Textilwerke	Ein Teil des Maschinenparks besteht aus Schützenwechselautomaten, der andere Teil hat Anbauautomaten	Altes Gebäude	10.
4.	Goldberger Textilwerke	Ein Teil des Maschinenparks besteht aus Spulenwechselautomaten, der andere Teil aus beschleunigten mechanischen Maschinen	Altes Gebäude	8.
5.	Goldberger Textilwerke	Ein Teil des Maschinenparks besteht aus Spulenwechselautomaten, der andere Teil hat Anbauautomaten	Altes Gebäude	11.
6.	»Magyar Pamutipar« Spinnerei und Weberei	Schützenwechselautomaten	Altes Gebäude	1.
7.	»Magyar Pamutipar« Spinnerei und Weberei	Spulenwechselautomaten	Altes Gebäude	3.
8.	Baumwollindustrie Sopron	Schützenwechselautomaten	Altes Gebäude	7.
9.	Baumwollindustrie Sopron	Anbauautomaten	Altes Gebäude	6.
10.	Baumwollindustrie Sopron	Aus anderen Fabriken demontierte, gebrauchte mechanische Maschinen	Erweiterung des alten Gebäudes	2.
11.	Baumwollindustrie Szombathely	Schützenwechselautomaten	Erweiterung des alten Gebäudes	4.

8.2. Die Auswahl auf Grund einfacher Rangordnung

Wenden wir uns wieder dem Beispiel der für die Baumwollwebindustrie ausgearbeiteten Investitionsvarianten zu, die in der Tabelle 8.1 dargestellt wurden. Die Varianten wurden gemäß der Wirtschaftlichkeitskennziffer nach der Rangordnung eingestuft. Die auf einfacher Rangordnung beruhende Auswahl ist kein Ausnahmefall. Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit mehrerer Varianten regt von selbst zur Rangordnung gemäß der Kennziffer an, wobei die Auswahl unter den ersten Varianten nach der Rangordnung vorgenommen werden soll. Diese Auswahlmethode wird aber durch folgende Faktoren beschränkt: 1. Die Varianten oder ein Teil derselben sind in Wirklichkeit nicht voneinander unabhängig. Manchmal ist eine günstige Variante nur zu realisieren, wenn mit ihr zusammen auch ungünstigere verwirklicht werden. 2. Auch äußere Bedingungen begrenzen die unbeschränkte Verwirklichung der günstigsten Varianten.

Das Problem kann auch in einer allgemeineren Form analysiert werden. Gegeben ist ein lineares Optimierungsmodell (z. B. das der Baumwollindustrie), in dem sowohl das Einschränkungssystem als auch die Zielfunktion linear sind. Hier ergibt sich die Frage nach dem Kriterium, das aussagt, wann eine Aktivität sicher *nicht* wert ist, unter die Variablen des Modells aufgenommen zu werden, wann schon ab ovo, noch vor der Optimierung eine Aufnahme einer Aktivität in das Modell abgelehnt werden kann.

In diesem Zusammenhang werden sämtliche Einschränkungen in der Form festgehalten, daß die den Ausstoß anzeigenden Koeffizienten ein positives Vorzeichen, die den Aufwand anzeigenden Koeffizienten jedoch negative Vorzeichen erhalten.

Das Modell fordert die Minimierung der Kosten. Unter solchen Umständen dominiert die j-te Aktivität über die h-te Aktivität, wenn eines der folgenden zwei Dominanzkriterien zur Geltung kommt:

1. Dominanzkriterium

$$c_j = c_h\,, \tag{8.1}$$

$$a_{ij} \geqq a_{ih}, \quad i = 1, 2, \ldots, m \tag{8.2}$$

und mindestens für ein i

$$a_{ij} > a_{ih}\,, \tag{8.3}$$

oder:

2. Dominanzkriterium

$$a_{ij} \geqq a_{ih}, \quad i = 1, 2, \ldots, m\,, \tag{8.4}$$

$$c_j < c_h\,. \tag{8.5}$$

Der ökonomische Inhalt der beiden Kriterien ist folgender:[1]

1. *Kriterium:* die *j*-te und *h*-te Aktivität sind vom Gesichtspunkt der Zielfunktion gleich günstig. Die *j*-te Tätigkeit ist zumindest in bezug auf eine Einschränkung bestimmt günstiger (entweder ist der Ausstoß größer oder der Aufwand kleiner), während sie in bezug auf die übrigen Einschränkungen nicht ungünstiger ist. (Der Raumbedarf ist z. B. kleiner, während sie sonst nicht schlechter ist als eine andere ähnliche Aktivität.)[2]

2. *Kriterium:* die *j*-te Aktivität ist vom Gesichtspunkt der beschränkenden Bedingungen nicht schlechter als die *h*-te, während sie vom Gesichtspunkt der Zielfunktion bestimmt günstiger ist.

Wird vor der Optimierung erkannt, daß die *j*-te Aktivität die *h*-te dominiert, so kann letztere aus dem Modell fortgelassen werden. Sie besitzt keine Chance, in das optimale Programm zu gelangen, da sie von der *j*-ten notwendigerweise verdrängt wird.

Die Kriterien der Dominanz sind verhältnismäßig streng.[3] Beim Vergleich zweier Aktivitäten sind die Zielfunktion und alle beschränkenden Bedingungen gemeinsam zu berücksichtigen. Es ist eine Seltenheit, daß in der Praxis eines von beiden Kriterien zutrifft. In der Regel besitzt eine Aktivität im Verhältnis zur anderen sowohl Vorteile als auch Nachteile (z. B. ist die erste von zwei Maschinen mit ähnlichen Zwecken billiger als die andere, produziert aber teurer usw.).

Auf Grund der nach der einfachen Rangordnung erfolgenden Auswahl ergibt sich, daß ausschließlich die Relation (8.5) für wesentlich gehalten wird. Es wird der Vorschlag bevorzugt, bei dem sich die Wirtschaftlichkeitskennziffer als vorteilhafter erweist, während die anderen abzulehnen sind. Es ist aber überhaupt nicht sicher, daß diese Variante die anderen wirklich dominiert, da ja die Einschränkungen nicht nur im Optimierungsmodell, sondern auch in der Praxis zur Wirkung kommen.

Oft wird in der Wirtschaftspraxis der Standpunkt vertreten, daß diese oder jene Technologie den Berechnungen nach sehr wirtschaftlich sei, aber leider hierfür keine Investitionsfonds vorhanden seien. Oder, es sei wirtschaftlich, eine bestimmte Importmaschine anzuschaffen, doch leider gäbe es dafür keine Devisen. Oder: es sei wirtschaftlich, die Kapazität auf gewissen Gebieten zu erweitern, doch leider erfordere der Materialbedarf der weiterverarbeitenden Betriebe eine andere, eine weniger wirtschaftliche Kapazitätserweiterung.

[1] An dieser Stelle sollen nicht sämtliche Fälle der Dominanz erörtert werden. Die in den Formeln (8.1)—(8.5) dargestellten Kriterien sind nur Beispiele zur Klarlegung der behandelten sonstigen Zusammenhänge.

[2] Es kann, wenn auch ausnahmsweise, vorkommen, daß die Aufgabe mehrere optimale Programme besitzt. In diesem Fall können wir mit der Anwendung des ersten Kriteriums eventuell auch von vornherein derartige Aktivitäten auswählen, die — wenn auch nicht in allen optimalen Programmen — so doch wenigstens in dem einen oder anderen optimalen Programm enthalten sein könnten.

[3] Bei der Konstruktion des Chemiefaserindustrie-Modells wurden durch die vorherige Anwendung des obigen Dominanzkriteriums einige Varianten abgelehnt.

Diese Meinungen enthalten eine falsche Begriffsauslegung der »Wirtschaftlichkeit«. Es gibt keine von den äußeren Umständen, von den anderen wirtschaftlichen Aktivitäten *unabhängig* verlaufenden Prozesse in der Volkswirtschaft, ökonomische Aktivitäten an sich. *Als wirtschaftlich ist das zu bezeichnen, was unter gegebenen Bedingungen relativ am günstigsten ist.* In den vorher erwähnten Beschwerden weisen die Nebensätze, die mit »aber leider« oder »doch leider« beginnen, gerade auf die realen Gegebenheiten hin, unter denen das relative Optimum zu suchen ist.

8.3. Die Bilanzmethode und die Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit

Beim Vergleich der Plankoordinierung, die, wie in Kapitel 1 dargestellt, in einer Abstimmung der Bilanzen und Planindizes besteht, mit den Optimierungsmodellen erhebt sich der Gedanke, ob die Plankoordinierung als ein iteratives Verfahren zu betrachten ist, dessen Ziel die angenäherte Lösung einer »Optimierungsaufgabe« ist.

In diesem Optimierungsmodell würden die Plangleichungen, die Bilanzen, die Rolle der Einschränkungen einnehmen, die Wirtschaftlichkeitskennziffer, die Kennziffer g_n würde die Zielfunktion sein. Im Laufe der Koordination wird eine derartige zulässige und die beschränkenden Bedingungen befriedigende Lösung gesucht, die zugleich auch vom Gesichtspunkt der Kennziffer g_n verhältnismäßig günstig ist.

Leider würde diese Charakterisierung die tatsächlichen Verhältnisse übertrieben günstig darstellen.

Die »Zielfunktion«, das in der Wirtschaftlichkeitskennziffer zum Ausdruck gelangende Optimalkriterium, geht in der Praxis mehr oder weniger verloren. Zweifelsohne ist es berechtigt, die Nichtbeachtung der aus den ökonomischen Berechnungen abgeleiteten Empfehlungen zu kritisieren. (Übrigens sind, wie zu erkennen war, diese Empfehlungen nur halbberechtigt.) Die Plankoordinierung beansprucht auch bei der angenäherten Aufstellung eines einzigen zulässigen, im Bilanzsystem festgehaltenen und das »stillschweigende« Einschränkungssystem (in der Terminologie des Kapitels 1: die dokumentierten und Hilfsplangleichungen) befriedigenden Planes eine so große Kraftanstrengung, daß keine Kraft übrig bleibt, um das optimale Programm unter den wirklich zahlreichen zulässigen Programmen auszuwählen.

Das Ministerium für Leichtindustrie hatte z. B. bei der Bearbeitung der ersten Vorschläge, die sich auf die Perspektivplanperiode bezogen, einen Investitionsplan erarbeitet, der die Verwirklichung von 131 Anlagen empfahl. Die g_n Kennziffer sämtlicher Anlagen wurde berechnet und die Vorschläge demgemäß der Rangordnung nach eingestuft. Bei den Überprüfungen des Planes wurden schließlich 29 Vorschläge abgelehnt, die anderen gelangten in den endgültig bestätigten Plan. Bei einer beträchtlichen Zahl der abgelehnten Vorschläge liegt die Kennziffer g_n über 1, und sie ergibt ein günstiges Bild. Der Grund der Ablehnung war in der Regel, daß zur Verwirklichung die erforderlichen Investitionsressourcen fehlen. In den Plan gelangten jedoch auch mehrere Vorschläge, bei denen die Wirtschaftlich-

keitskennziffer unter 1 liegt. Die Begründung dafür ist: diese Anlagen werden in der Regel benötigt, um das Gleichgewicht der entsprechenden volkswirtschaftlichen Produktbilanz zu sichern. Die Zusammenhänge stellt die Tabelle 8.2 dar.

TABELLE 8.2

Die Auswahl von Investitionsvorschlägen in der Leichtindustrie

Kennziffer g_n	Im ursprünglichen Vorschlag enthalten	Bei endgültiger Annahme des Planes abgelehnt	Proportion der abgelehnten Vorschläge zu sämtlichen ursprünglichen Vorschlägen in Prozent
Über 1,5	18	4	22,2
1,5—1,2	28	6	21,4
1,2—1	31	6	19,4
1 —0,8	34	8	23,5
Unter 0,8	20	5	25,0
Insgesamt	131	29	22,1

Es besteht keine signifikante Korrelation zwischen der Kennziffer g_n und der Tatsache, ob der Vorschlag in den Plan aufgenommen wurde oder nicht. (Der Korrelationskoeffizient zwischen der Aufnahme in den Plan und der Kennziffer g_n beträgt bei den in der Tabelle 8.2 dargestellten Fällen 0,022.)

Zugleich kann leider nicht gesagt werden, daß die Nichtberücksichtigung der Zielfunktion als Entscheidungskriterium der Preis sei, der im Interesse der restlosen Befriedigung des Beschränkungssystems (Gesamtheit der Plangleichungen) gezahlt werden muß. Wie bereits im Kapitel 1 betont, besteht praktisch keine Möglichkeit, die Lösung eines so enorm großen Gleichungssystems durch Probieren zu erhalten.

Eben hier bietet die mathematische Optimierung eine große Möglichkeit. Sie gibt die technischen Mittel, um das Streben der traditionellen Planungsmethoden nach der gleichzeitigen Erfüllung des Gleichgewichts und der Optimalität des Planes verwirklichen zu können.[1]

Das Wesen der mathematischen Optimierung besteht darin, daß *nicht durch Probieren, auf Umwegen, sondern systematisch dem Ziel zustrebend, die am besten annehmbaren Kompromisse der »realen Gegebenheiten« und des »Wirtschaftlichkeitsgesichtspunktes« ermittelt werden.* Die mathematische Optimierung verknüpft organisch das Bilanzsystem (an Hand des Einschränkungssystems) und die

[1] Beachtenswerte Feststellungen werden im Artikel von *M. Montias* [128] über das Verhältnis der Gleichgewichts- und Optimierungsanforderungen und damit im Zusammenhang über die Anwendung der mathematischen Methoden in der sozialistischen Planwirtschaft gemacht.

Erfordernisse der Wirtschaftlichkeit (an Hand der Zielfunktion), die bisher voneinander getrennt betrachtet wurden. Darüber hinaus ist die Optimierung gleichberechtigt gegenüber allen anderen Kraftanstrengungen, die um die Ausgeglichenheit des Planes geführt werden. Das Erfordernis der Wirtschaftlichkeit wird im Optimierungsmodell bei der Auswahl zum Hauptkriterium.

8.4. Die Beziehung des zweiglichen Optimierungsmodells zum traditionellen Planbilanzsystem

Wie bereits beim Überblick der »Prototypen« der zweiglichen Optimierungsmodelle behandelt wurde, erscheinen zahlreiche Planveränderliche und Plangleichungen des im Kapitel 1 beschriebenen traditionellen Planbilanzsystems auch im Optimierungsmodell, so z. B. bei der Optimierung der Chemiefaserindustrie.

1. Es erscheinen im Modell einzelne Produktbilanzen des traditionellen Bilanzsystems. Die im Modell angeführten sämtlichen Faserarten und die Mehrzahl der Zwischenprodukte der Chemie gehören auch zu den sogenannten vorrangigen, bilanzierten, in den landesplanungsamtlichen Bilanzen verteilten Produkten. Diese Erscheinen insgesamt mit ihren sämtlichen Positionen im Modell. Beispielsweise bestimmt der traditionelle Plan in der Terylen-Bilanz die Größe der Produktion, des Exportes und Importes und wie hoch der Aufwand in der heimischen Textilindustrie sein soll. Von diesen Planzahlen, diesen Veränderlichen des traditionellen Planes sind auch die ersten drei im Modell als Veränderliche enthalten, die letzte jedoch ist die auf der rechten Seite der Bedingung ausgewiesene konstante Schranke.

2. Unter den Einschränkungen sind im Modell einzelne, von den außerhalb der Chemiefaserindustrie hergestellten Materialien zur Verfügung stehende Kontingente enthalten. Ein derartiges Kontingent ist z. B. das Propylenwerkstoffkontingent. Im Rahmen der traditionellen Planung werden auch Produktbilanzen erarbeitet. Im mathematischen Optimierungsmodell aber erscheint nur eine einzige Position der Bilanz, die der Chemiefaserindustie zugewiesene Propylenmenge. Das ist eine der Unbekannten des traditionellen Plangleichungssystems, eine der dokumentierten Planzahlen; im Optimierungsmodell erscheint sie als Konstante.[1]

3. Im Optimierungsmodell werden die Investitionsressourcen als beschränkt betrachtet; und zwar gerade jene, die auch vom traditionellen Bilanzsystem durch entsprechende Ressourcenbilanzen verteilt werden. Hier liegt auch eine ähnliche Situation, wie beim Propylenkontingent vor, die eine der Unbekannten, der Veränderlichen des Plangleichungssystems erscheint im Optimierungsmodell als konstante Schranke.

In dem Optimierungsmodell erscheinen auch einzelne nicht dokumentierte Hilfsgleichungen des traditionellen Plangleichungssystems. Diese werden, wie im Kapitel 1 bereits erwähnt, nur als Nebenberechnung erarbeitet und kommen even-

[1] Dieser Gedanke wird noch im weiteren eine große Bedeutung bei der Darstellung des volkswirtschaftlichen Optimierungsmodells erhalten.

tuell nur in Gedanken, im Kopf der Planer vor. Derartige Gleichungen – wie z. B. die oberen Exportschranken, Kapazitätsschranken usw. – sind im Optimierungsmodell gleichberechtigt mit den dokumentierten Gleichungen. Folglich müssen auch diese genauestens bestimmt und streng eingehalten werden.

Die in der siebenten Gruppe des traditionellen Planindexsystems angeführten sogenannten vorrangigen Investitionsvorhaben bestehen sozusagen unabhängig von den dokumentierten Bilanzgleichungen. Jetzt sind auch sie organischer Bestandteil des Modells. Sie erscheinen als einzelne inländische Produktions-Investitions-Veränderliche, die, wie erwähnt, gewisse schon vorher bestimmte, in der Periode von 1966 bis 1974 durchzuführende Investitionsvorhaben nach sich ziehen.

Zusammenfassung:

Das Optimierungsmodell bietet die Möglichkeit, die verschiedenen Elemente des traditionellen Planbilanzsystems organisch miteinander zu verknüpfen. Das Optimierungsmodell entscheidet, indem es parallel mehrere Gleichungen löst, simultan über mehrere Veränderliche des traditionellen Plans, über solche Veränderliche, deren angenäherte, aufeinander abgestimmte Ermittlung bisher in dem speziellen Probierverfahren der Plankoordinierung angestrebt wurde.

Alles das bietet die Möglichkeit, die innere Konsistenz des auf traditionelle Art erarbeiteten ursprünglichen Planes zu verbessern und zugleich auch wesentliche Einsparungen im Vergleich zu dem offiziellen Plan zu erreichen. (Bei der Berechnung in der Baumwoll- und in der Chemiefaserindustrie wurden Einsparungen von 12–15 Prozent erreicht.) Vielleicht noch wichtiger ist die »pädagogische« Rolle der mathematischen Optimierung. Sie zeigt die Beziehungen unter den Planzahlen, die innere logische Struktur des Planes auf, sie spornt die Planer zu Rationalisierung, zur zweckdienlichen Auswahl an.

8.5. Die rechentechnischen Grenzen

Es ist auch objektiv auf die gegenwärtigen Schwächen der Optimierungsmodelle hinzuweisen. Je ein zweigliches Optimierungsmodell befaßt sich insgesamt mit einigen Dutzend Planveränderlichen und Plangleichungen. Die traditionelle Planung löst keine einzige Gleichung exakt; sie behält jedoch zur gleichen Zeit viel mehr Zusammenhänge im Auge. Wenn z. B. aus dem traditionellen Plangleichungssystem (1.7) die mit der Chemiefaserindustrie im Zusammenhang stehenden Veränderlichen und Gleichungen hervorgehoben würden, wären viel mehr Angaben zu erhalten, als in dem Optimierungsmodell enthalten waren.

Wenn wir jetzt auch nicht sämtliche Schwierigkeiten der mathematischen Optimierung darstellen (beispielsweise wird die Datenerfassung in einem späteren Abschnitt behandelt), so müssen wir hier wenigstens auf die rechentechnischen Probleme eingehen. Auf der gegenwärtig in Ungarn mit der verhältnismäßig größten Leistungsfähigkeit funktionierenden Rechenmaschine können wir ohne

Schwierigkeiten[1] höchstens solche linearen Optimierungsaufgaben lösen, in denen die Zahl der Einschränkungen nicht größer als 100 ist.

Im Ausland sind noch weit größere Maschinen tätig. Es ist sicher, daß auch der ungarische elektronische Rechenmaschinenpark noch mit Maschinen größerer Leistung bereichert werden wird. Doch es werden immer reale rechentechnische Schranken gegeben sein, die der Größe der Modelle eine Grenze setzen.

Während der Konstruktion des Modells taucht immer wieder der verführerische Gedanke auf, den Untersuchungsbereich zu erweitern, um auf mehr Probleme Antwort geben zu können. Wird dieser Versuchung nachgegeben, so können gefällige papierne Studien das Tageslicht erblicken. Wer aber ernsthaft rechnen will, der *muß nüchterne Kompromisse schließen zwischen dem Anspruch auf Vollständigkeit, Detailliertheit und Präzision einerseits und den Möglichkeiten der gegebenen Rechentechnik andererseits.*

Aus den durch die Größen unserer Modelle notwendigerweise entstehenden rechentechnischen Schranken ergeben sich zwei wichtige Folgerungen. Erstens ist die auf höherer Ebene vorzunehmende, umfassende, zusammenfassende Optimierung mit der auf niederer Ebene vorzunehmenden, sich auf je ein Teilgebiet beziehenden, jedoch konkreteren, detaillierteren Optimierung zu verknüpfen. Im behandelten Fall ist die auf zweiglicher Ebene vorgenommene Berechnung mit den Berechnungen der *Betriebe* zu verknüpfen. Beispielsweise haben wir auch in der Baumwollindustrie zu Versuchszwecken eine derartige Betriebsoptimierung in einer der größten ungarischen Textilfabriken, in einem Betrieb der Goldberger-Werke durchgeführt. Die Möglichkeiten der Verknüpfung der auf höherer und niederer Ebene durchgeführten Optimierungen wird noch eingehender behandelt werden.

Zweitens dürfen die mit der mathematischen Optimierung ermittelten praktischen Vorschläge nicht »mystifiziert«, überschätzt werden. Die Teilangaben der Endresultate der Optimierung dürfen nicht als sichere, eindeutige Anweisungen aufgefaßt und mechanisch angewendet werden.

Die mit Hilfe mathematischer Methoden vorgenommene Optimierung bedeutet nicht die Beendung der Planungsarbeit, sondern die Einleitung eines neuen Abschnitts. Sie ersetzt nicht die Arbeit der Industrieleitung, sondern sie ist nur deren Hilfsmittel. Die Optimierung gibt nur den Rahmen an, der ausgefüllt werden muß. Es sind die Einzelheiten zu planen, und dabei sind *notwendigerweise auch die Ergebnisse der Optimierung unter Berücksichtigung der Zusammenhänge, wie der Gegebenheiten der Unternehmen, der technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkte, die die Optimierung im Interesse der Wirksamkeit des mathematischen Modells nicht in Betracht zu ziehen vermochte, zu korrigieren.* (Das kann natürlich nicht der Grund dafür sein, aus subjektiven Vorurteilen, wegen willkürlicher Erwägungen von dem mit mathematischen Methoden bestimmten optimalen Programm abzuweichen. Es ist nur zweckmäßig, das Programm zu korrigieren, sofern die objektiven Umstände, die im Modell nicht in Betracht gezogenen Gegebenheiten dazu zwingen.)

[1] Ohne die Inanspruchnahme von langsameren, schwerfälligeren Hilfsspeichern (z. B. Filmspeichern) sowie von Dekompositionsmethoden.

Daher ist die auf Grund der Optimierung erarbeitete praktische Empfehlung nur ein Beitrag zum »strategischen Plan« der Investition und der technischen Entwicklung, sie hat nicht zur Aufgabe, den »taktischen Plan«, die operativen Einzelheiten zu bestimmen. Diese müssen (sofern keine ergänzenden Teiloptimierungen vorhanden sind) mit den traditionellen Methoden der Planung erarbeitet werden.

III. TEIL

DIE BEHANDLUNG VON UNSICHEREN DATEN

Im vorangehenden Teil des Buches wurde angenommen, daß alle Daten genauestens bekannt sind. Jetzt soll diese Voraussetzung fallengelassen und die Behandlung von unsicheren Daten untersucht werden.

Die Hauptkennzeichen von sicheren Daten sind im allgemeinen folgende:

a) Sie beruhen auf einer repräsentativen und vertrauenswürdigen statistischen Erhebung für eine frühere Periode.

b) Es kann angenommen werden, daß die Angaben sich in der Zukunft nicht ändern (oder wenigstens annähernd gleich bleiben).

Diesen Kennzeichen entsprechen die statistisch beobachteten, in Naturaleinheiten ausgedrückten technischen Kennziffern für die schon seit längerer Zeit funktionierenden, erprobten technischen Einrichtungen (z. B. die Indizes der Maschinenleistung, die Kapazitätsangaben, die Indizes der Materialaufwendungen usw.).

Auf Grund anderer Kennzeichen, jedoch ebenfalls als sicher zu betrachten sind diejenigen Kauf- oder Verkaufspreise, die mit dem ausländischen Verkäufer (oder Käufer) bei entsprechenden Sanktionen vertraglich festgelegt wurden.

In Anbetracht solcher strengen Kriterien können nur wenige Daten der Investitions-Wirtschaftlichkeits- und der Perspektivplan-Berechnungen als sicher betrachtet werden. Alle anderen Daten müssen als zweifelhaft angesehen werden.

Die mit strukturellen Entscheidungen verbundenen Unsicherheiten lassen sich nach mehreren Gesichtspunkten klassifizieren. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit und vorbehaltlich der Notwendigkeit weiterer theoretischer Verallgemeinerung werden in diesem Buch drei Hauptgruppen von Unsicherheiten behandelt.

1. Unsicher sind die einzelnen *realen* Aufwendungen bzw. realen Erträge irgendeiner Aktivität. Beispielsweise ist also die zu erwartende technische Leistung einer neuen Maschine, die Dauer der Bautätigkeit bei einer Investition usw. unsicher. Das Wort »real« weist darauf hin, daß hier nicht das Problem der Umrechnung des Aufwandes bzw. Ertrages in Forint betrachtet werden soll. Hier handelt es sich also hauptsächlich um die Unsicherheit in der technischen Information. Hierzu kann jedoch auch die Unsicherheit des zu erwartenden Import- bzw. Exportpreises in ausländischer Währung gerechnet werden. Das ist auch ein realer Aufwand bzw. ein realer Ertrag, dessen Unsicherheit von dem Problem abgesondert werden kann, zu welchem Kurs der Dollar- oder Rubelpreis in Forint umzurechnen ist.

Mit dieser Art der Unsicherheit ist die Unsicherheit einzelner Schranken von Aktivitäten oder Aktivitätskombinationen verbunden. Beispielsweise sind die Schranken des Exportmarktes nicht allzu genau bekannt.

In allen derartigen Fällen handelt es sich um eine Unsicherheit, die wegen des Mangels an genauer Kenntnis irgendeiner, objektiv existierender, realer (gegenwärtiger oder zukünftiger) Gegebenheit, einer von uns unabhängigen, *von außen her gegebenen* Größe auftritt. Sie wird zusammenfassend die durch *Mangel an Information* verursachte Unsicherheit genannt. Im folgenden dritten Teil des Buches wird hauptsächlich dieser Typ der Unsicherheit behandelt werden.

2. Es ist problematisch, wie man irgendeine reale Größe (sei es eine von außen her gegebene, oder eine von innen her, durch die wirtschaftliche Leitung bestimmbare Größe) in Forint berechnen soll. Beispielsweise ist auf Grund statistischer Beobachtung bekannt, wie hoch der Stromverbrauch einer neuen Maschine in kWh ist, doch ist der Preis der kWh problematisch.

Dieser Typ der Unsicherheit hängt zum Teil mit den theoretisch ungeklärten Fragen der Preiskalkulation, zum Teil mit praktischen Berechnungsschwierigkeiten zusammen.

Die mit Preisberechnungen und anderen Bewertungen zusammenhängende Unsicherheit wird im vierten Teil des Buches eingehend behandelt.

3. Die bisher behandelten industriezweiglichen Modelle haben sich mit aus der gesamten Volkswirtschaft herausgehobenen Sphären befaßt. Die Optimierungssphäre wurde in erster Linie durch Plandirektiven (Ausstoßvorschriften, Ressourcenfonds usw.) mit den anderen Teilen der Volkswirtschaft verknüpft. Bei der Untersuchung der Teilentscheidungen müssen aber diese Plandirektiven – bis zu einem gewissen Grade – noch als unsicher betrachtet werden. Die Optimierung wird in der Planungsphase durchgeführt; dabei werden eventuell gerade auf Grund der Berechnungen die ursprünglichen Plandirektiven modifiziert. Dieser Typ der Unsicherheit unterscheidet sich auffallend von den vorherigen. Hier handelt es sich um Größen, die (im Gegensatz zur Leistung einer Maschine von gegebener Technologie oder dem Dollarpreis eines Importartikels) nicht von außen her gegeben, sondern *von innen her* bestimmbar sind. Ihre Unsicherheit währt so lange, bis die Wirtschaftsleitung über diese Größen entschieden hat.

Mit dem Problem der auf Entscheidung von oben wartenden Daten befaßt sich der fünfte Teil des Buches.

9. Die Schwierigkeiten bei der Ermittlung von technischen und Kostenangaben

9.1. Die Struktur der Daten

In den Schriften der in den kapitalistischen Ländern wirkenden Ökonomen und Operationsforscher ist öfter zu lesen, welche Schwierigkeiten bei der Datenbeschaffung die Tatsache verursacht, daß die Unternehmen einen bedeutenden Teil der Angaben als Geschäftsgeheimnis behandeln.

Bei unseren Untersuchungen existierte diese Schwierigkeit nicht, was eine große Erleichterung bedeutete. Von diesem Gesichtspunkt aus ist die sozialistische Planwirtschaft mit ihrer weitausgedehnten, organisierten und im großen Maße zentralisierten, vereinheitlichten Datenerfassung im allgemeinen ein fruchtbarer Nährboden für die Anwendung mathematischer Methoden. Es gibt aber spezielle Schwierigkeiten, die hauptsächlich damit zusammenhängen, daß die Anwendung mathematischer Methoden bei derartigen Untersuchungen noch eine neuartige, ungewohnte Aufgabe ist.

Ein Teil der in den Optimierungsmodellen verarbeiteten Daten sind Schätzungen, die sich auf die Zukunft beziehen oder bisher in Ungarn noch unbekannte Technologien charakterisieren usw. Die Unsicherheit solcher Daten ist unvermeidbar. In den Modellen werden aber auch Angaben benötigt, die die *gegenwärtig* und *in Ungarn* bestehenden Tatsachen kennzeichnen und trotzdem nicht als sichere Angaben zur Verfügung stehen.

Die Struktur der Daten richtet sich gegenwärtig im allgemeinen nach dem Informationsanspruch der operativen Leitung. (Auch das nicht vollkommen: oft wird mit Recht darüber geklagt, daß zwischen der operativen Leitung und der Struktur der sich daran anknüpfenden traditionellen Planung und Datenlieferung keine befriedigende Übereinstimmung herrscht.) Sie kann aber kaum den Informationsanspruch der mathematischen Methoden befriedigen. Diese erfordern nämlich sehr oft die Angaben in einer ganz anderen Gruppierung, in einer anderen Struktur, als sie gegenwärtig vom Mechanismus der Datenlieferung regelmäßig zusammengestellt werden. Dies verursacht zahlreiche ernste Schwierigkeiten. Es seien einige Beispiele erwähnt.

Die regelmäßige Datenerfassung erfolgt nach organisatorischen Einheiten (z. B. Ministerium, industrielle Leitung, Unternehmen, innerhalb dessen der Betrieb usw.). Unsere Optimierungsmodelle umfassen jedoch Sphären, die sich nicht unbedingt mit den offiziellen Organisationseinheiten decken. (Siehe hierüber die Abschnitte 5.2 und 6.2.) So mußten wir z. B. besondere Messungen durchführen lassen, um die Betriebsfläche der Baumwollindustrie zu ermitteln und um diese Angabe in die 14. Einschränkung des Modells eintragen zu können.

Die Erfassung der Angaben nach Organisationseinheiten verursacht noch unter einem anderen Gesichtspunkt Schwierigkeiten. In unseren Modellen steht die Auswahl der technologischen Varianten im Vordergrund. So kommt zum Beispiel unter den Varianten des Baumwollindustriemodells der Einsatz der bereits in den ungarischen Betrieben funktionierenden Automaten vor, es ließ sich jedoch in keinem Betrieb aus den zur Verfügung stehenden Angaben unmittelbar feststellen, wie hoch der Hilfsmaterialverbrauch oder Elektroenergieaufwand des Spulenwechselwebautomaten ist, da die normale Betriebsdatenlieferung nur den Hilfsmaterialverbrauch und den Elektroenergieaufwand des ganzen Betriebes beobachtet und im Betrieb die alten mechanischen und die neuen automatisierten Maschinen nebeneinander arbeiten. Auch in solchen Fällen mußten spezielle Beobachtungen durchgeführt werden, um die entsprechenden technischen und Kostenangaben zu ermitteln.

In anderen Fällen erforderte das Modell ausdrücklich zweigliche Durchschnittsangaben. So sollten z. B. im Baumwollindustriemodell mit den durchschnittlichen industriezweiglichen Dampf- und Stromtarifen Berechnungen durchgeführt werden, da das Modell auch sonst die gebietliche Zugehörigkeit der Aktivitäten (nach Betrieben) nicht beachtet. Auch dieses mußte besonders errechnet werden, da eine derartige zweigliche Durchschnittsangabe nicht zur Verfügung stand.

Ähnlich sind auch die Erfahrungen bei anderen Industriezweigen. *Durch die Anwendung der mathematischen Methoden und Maschinen treten jetzt die Methoden der Planung und der Wirtschaftlichkeitsberechnungen in den Vordergrund. Folglich müssen wir die Buchführung und die statistische Datenerfassung so entwickeln, daß sie die damit verbundenen gesteigerten besonderen Ansprüche befriedigen können.*

Übrigens ist das der übliche Verlauf der Entwicklung; in der Regel stellen die Bedürfnisse der Planung und der Wirtschaftlichkeitsberechnung ihre Anforderungen an die Buchführung und Datenerfassung.

Wer sich gegenwärtig mit der mathematischen Optimierung der Perspektivplanung befaßt, muß auf diese Schwierigkeiten gefaßt sein und sich die erforderlichen Zahlen durch außerordentliche Datenerfassungen, spezielle Beobachtungen und Bearbeitung von Schätzungen beschaffen. Doch mit der erweiterten Anwendung der mathematischen Optimierung wird sich verstärkt die Notwendigkeit ergeben, daß die erforderlichen Angaben zumindest zum beträchtlichen Teil in der *organisierten Datenlieferung* enthalten sind.

Die Schwierigkeiten der Datenbeschaffung zwingen gegenwärtig noch dazu, Konzessionen zu machen. Oft muß man auch in den Fällen die Struktur der traditionellen Planung und der Buchführung, deren Kategorisierung und Datensystem übernehmen, wenn es – auf Grund theoretischer Erwägungen – zweckmäßiger wäre, anders zu rechnen. Diese Konzessionen sind aber gegenwärtig erforderlich, um überhaupt die Felder des Modells mit Angaben ausfüllen zu können.

9.2. Unbeabsichtigte und tendenziöse Schätzungsfehler

Das Fehlen genauer Informationen erfordert in vielen Fällen *die Schätzung* von einzelnen technischen und Kostenangaben.

Sofern der Einzelne oder das Kollektiv die Schätzungen *objektiv und ohne Voreingenommenheit* vornimmt, so ist der in der Schätzung steckende Fehler zufälligen Charakters und ist ausschließlich auf die mit Mängeln behaftete Information zurückzuführen.

Eine andere Situation ergibt sich, wenn die Schätzenden in irgendeiner Form persönlich an der Verwirklichung (oder Ablehnung) der in Frage stehenden Investition interessiert sind. In diesen Fällen muß die Schätzung oft als *voreingenommen* angesehen werden.

Um einen Vergleich aus der Ballistik heranzuziehen: im ersten Fall rührt die Streuung der Einschläge um den Zielpunkt herum von den zufälligen Ungenauigkeiten des Zielens her. Im zweiten Fall ist die Visiereinrichtung fehlerhaft; das Geschütz selbst weicht in irgendeine Richtung ab.

Gibt es tendenziöse Schätzungsfehler in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen der traditionellen Investitionen?

Wie bereits früher erwähnt, ist das Genehmigungsdokument die Grundlage zur offiziellen Investitionsentscheidung, das sämtliche kennzeichnenden technischen Produktions- und Kostenangaben der geplanten Anlage enthält. Es ist wichtig zu klären, wie die in den Genehmigungsdokumenten enthaltenen Angaben in Wirklichkeit erfüllt werden.

Die Tatsachen sind leider äußerst schwer zu erkennen. Jahrelang war es in der Praxis üblich, *vor* der Entscheidung jede einzelne Auflage des Genehmigungsdokumentes gründlich zu erörtern, doch niemand unterzog die Erfüllung der Auflagen auch *nachträglich* einer Kontrolle.

Seit 1960 nimmt die Investitionsbank regelmäßig sogenannte nachträgliche Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen vor. Man kontrolliert bis in die Einzelheiten, von Posten zu Posten die Erfüllung der Auflagen der Genehmigungsdokumente.[1] Wir bezeichnen das Verhältnis der effektiven zu der geplanten Angabe als Erfüllungsproportion. In der Tabelle 9.1 sind die Angaben der im Jahre 1960 sowie in der ersten Hälfte des Jahres 1961 durchgeführten nachträglichen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zusammengefaßt.[2]

[1] Bei der Zusammenstellung der hier folgenden Angaben leistete *Frau J. Deák* von der Investitionsbank wertvolle Hilfe. (Siehe auch die Arbeit [33].)

[2] Investitionsvorschläge werden regelmäßig von den verschiedenen Organen (Investitionsabteilungen, Planungsbüros) und Personen (Investitionsreferenten, Abteilungsleiter, Ingenieure und Ökonomen der Planungsbüros) erarbeitet.

Solange die konkreten gegebenen Formen der materiellen und moralischen Impulse, die gegebenen Organisationen, Formen der Investitionsplanung, -genehmigung und -kontrolle unverändert bleiben, werden auch die mit den gegebenen Methoden verbundenen typischen Ergebnisse und Fehler *massenhaft* »reproduziert«. Es scheint also berechtigt, die Erfüllungsproportion der Planzahlen als eine *Zufallsveränderliche* zu betrachten.

Der Einschätzung seien einige Bemerkungen zur Zuverlässigkeit der Angaben vorausgeschickt.

Die Berichte der Bank können nicht als absolut exakt betrachtet werden, da sie jedoch auf der Untersuchung der einzelnen Anlagen beruhen, sind sie sicher zur Verdeutlichung von Tendenzen geeignet. Die Angaben, die von irgendeinem Gesichtspunkt aus nicht befriedigend erschienen, wurden aus der Zusammenstellung fortgelassen. Übrigens haben wir zur Kontrolle festgestellt, daß bei Berücksichtigung der fortgelassenen Angaben die im folgenden aufgezeigten Tendenzen (die Überschreitung von Kosten usw.) sich noch krasser ergeben hätten.

Die Datenmengen, die statistisch untersucht wurden, hatten einen Umfang von 42 bis 90 Daten. (Nicht jeder Bericht enthielt Angaben für sämtliche untersuchten Zusammenhänge.) Dieser Umfang ist nicht allzu groß. Die Auswahl der untersuchten Investitionen ist im wesentlichen als zufällig (im statistischen Sinne der zufälligen Stichproben) zu betrachten.

Da derartige Untersuchungen erst seit anderthalb Jahren durchgeführt werden, konnte die Dynamik der Erscheinungen nicht analysiert werden.[1]

Wir waren bestrebt, immer die Auflagen des Genehmigungsdokumentes mit den Ist-Angaben zu vergleichen. Für mehrere Investitionen stand aber nur ein späteres Dokument, die sogenannte »Planaufgabe« zur Verfügung. Da dies aber erst in einer späteren Etappe der Planung zusammengestellt wird, enthält es genauere Kostenvoranschläge als das Genehmigungsdokument. Deshalb gibt die Tabelle 9.1 ein zu günstiges Bild der Lage.[2]

Die auf die geplante und effektive Produktion bezogenen Angaben sind am wenigsten zuverlässig. Aus Mangel eines entsprechenden Voranschlags wird des öfteren die »Planzahl« nachträglich festgesetzt. Diese Angabenzeile können wir nur mit weitgehendem Vorbehalt annehmen.

Betrachten wir jetzt die wesentlichen Aussagen der Tabelle:

Die effektiven Gesamtinvestitionskosten sind sehr oft höher als die Voranschläge. Der Durchschnitt (das arithmetische Mittel) der Überschreitungen ist äußerst hoch, nämlich 22,2 Prozent.

Die prozentualen Einzelerfüllungen weisen eine ziemlich starke Streuung um die durchschnittliche Überschreitung auf. Die relative Streuung beträgt 29,6 Prozent. *Diese relative Streuung charakterisiert die zufälligen Ungenauigkeiten, die in den Auflagen verborgen sind.* Sehr viele gelegentliche, zufällige Faktoren

[1] Die in der Zwischenzeit durchgeführten Preisänderungen (durch die Preisregelung vom 1. Januar 1959) wurden durch die übliche Umindizierung überbrückt.

[2] Im Untersuchungsmaterial der Investitionsbank aus dem Jahre 1960 standen acht Investitions-Genehmigungsdokumente (»Investitionsprogramme«) mit den Auflagen der Planaufgabe gemeinsam zur Verfügung. Bei den ersteren wurden die Investitionskosten durchschnittlich um 54,2 Prozent, bei letzteren um 8,9 Prozent überschritten.

Zum Vergleich stehen außerordentlich wenige Angaben zur Verfügung. Jedenfalls bestätigen sie die allgemein bekannte Erscheinung, daß die Planaufgabe ein reiferes, ein begründeteres Dokument ist, als das Genehmigungsdokument. Die eigentliche *Investitionsentscheidung* wird aber auf Grund des letzteren vorgenommen.

TABELLE 9.1

Die Auflagen der Genehmigungsdokumente und ihre Erfüllung

	Zahl der erarbeiten Daten	Durchschnitt der Erfüllungsproportionen der Auflagen in Prozent	Streuung (Standard-abweichung)	Relative Streuung (Standardabweichung in Prozent des Mittelwertes)	Konfidenzintervall (mit 95prozentiger Konfidenzwahr-scheinlichkeit*
I. Gesamtinvestitionen	90	122,2	36,2	29,6	114,6—129,8
II. Baukosten	58	126,7	48,9	38,6	113,9—139,5
III. Maschinen-Investitionskosten	42	105,3	39,0	37,0	93,2—117,4
IV. Sonstige Investitionskosten	62	163,5	121,3	74,2	132,7—194,3
V. Realisierungszeitraum**	79	149,4	65,7	44,0	134,7—164,1
VI. Produktion	90	103,9	18,2	17,5	100,1—107,7
VII. Spezifische Investitionskosten	81	122,2	37,2	30,5	114,0—130,4

* Die Angabe des Konfidenzintervalls in der 1. Zeile bedeutet z. B., daß mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 Prozent anzunehmen ist, daß die tatsächlichen Gesamtinvestitionskosten im Intervall von 114,6 Prozent bis 129,8 Prozent liegen.

** Zentral vorgeschriebene Zeiten der vorübergehenden Aussetzung der Investitionen haben wir bei der Berechnung der Realisierungszeit in Abzug gebracht.

bestimmen, inwieweit die Investition letzten Endes die ursprünglich vorgesehene Summe in Anspruch nimmt oder überschreitet. Solche gelegentlichen Faktoren sind: das hohe oder niedrige Niveau der technischen Planung, die Organisation oder Desorganisation der Investition, die Erfüllung oder Nichteinhaltung von Verpflichtungen der kooperierenden Unternehmen, das pünktliche Eintreffen oder die Verspätung der Importlieferungen und so weiter. All dies verhält sich von Investition zu Investition sehr verschieden.

Demgegenüber *spiegelt der 22,2%ige Überschreitungsdurchschnitt die in den Auflagen steckenden tendenziösen Verzerrungen wider.*

Wir haben überprüft, ob diese Tendenz bei größeren Anlagen stärker wirkt als bei kleineren. Zwischen dem Ausmaß der Gesamtinvestitionen und der relativen Überschreitung der vorgesehenen Kosten ergab sich aber keine wesentliche Korrelation.

Die Unsicherheit der Investitions-Kostenvoranschläge bei den drei Hauptgruppen der Kosten ist unterschiedlich. Der Voranschlag der Maschinenkosten ist relativ am genauesten. Die Maschinenpreise sind meistens genau bekannt, unabhängig davon, ob es sich um inländische oder um ausländische Maschinen handelt, die Angabe kann schon bei der Genehmigung verhältnismäßig leicht kontrolliert werden. Viel unzuverlässiger ist der Voranschlag für die Bautätigkeit (der Überschreitungsdurchschnitt beträgt hier 26,7 Prozent) und am schwersten können die sogenannten »sonstigen« Kostenvoranschläge überprüft werden. Diese sind nämlich, wie allgemein bekannt, am wenigsten faßbar.

Die Angaben über den Realisierungszeitraum weisen große Verzögerungen bei der Ausführung der Investitionen auf. Im Falle einer entsprechenden Organisation (zeitgemäße Baumethoden, richtig terminierte Ablieferung der maschinellen Einrichtungen usw.) würden die Auflagen in der Regel erfüllbar sein. Jedoch sind die Auflagen im Verhältnis zu den gegenwärtig allgemein geltenden *tatsächlichen* Realisierungszeiten zu kurz bemessen.

Die sich auf die Produktion beziehenden Zahlen zeichnen – wie schon erwähnt – vermutlich ein zu günstiges Bild der Wirklichkeit. Es scheint jedoch realistisch zu sein, anzunehmen, daß die tatsächliche Kapazität meistens nicht kleiner, sondern sehr oft größer als die geplante ist.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bei der Planung in der untersuchten Periode *eine entschiedene Tendenz zur »Unterplanung« der Kosten, und zwar besonders der Bau- und sonstigen Kosten sowie des Realisierungszeitraums besteht.*[1] Hier spielt der »Chauvinismus« der Betriebe oder der Industriezweige bei den Investitionen eine Rolle. Der Investierende bemüht sich – im Interesse einer sicheren Genehmigung – in den Voranschlägen die Investitionskosten womöglich niedriger als tatsächlich erforderlich anzugeben. Er erwartet, daß, wenn der Voranschlag schon einmal genehmigt wurde, sich nicht allzu große Schwierigkeiten bei einer Überschreitung der Kosten oder bei einer Verlängerung des Investitionszeitraumes ergeben und daß später das Investitionsvorhaben nicht mehr

[1] Siehe hierüber auch die Arbeit von *L. Lukács* [107].

stillgelegt und die Kostenüberschreitung sanktioniert wird. Das mit den Investitionen verknüpfte System der finanziellen Beteiligung wirkt nicht gegen diese Tendenz, da die Überschreitung der Planzahlen keine besondere Konsequenzen nach sich zieht.[1]

Diese Erscheinungen sind wohlbekannt. Es gehört nicht zum Aufgabenkreis dieses Buches, die Faktoren, die die Tendenz hervorrufen, bis in die Einzelheiten zu klären. Hierzu müßte man sämtliche mit den Investitionen verknüpften materiellen und moralischen Impulse, die Organisationsprobleme der Planung, der Abwicklung und der Kontrolle usw. einer detaillierten Analyse unterziehen. An dieser Stelle soll es genügen, festzustellen, daß die Angaben der Genehmigungsdokumente typische Fehler und tendenziöse Verzerrungen enthalten. Diese werden durch die Angaben der Tabelle 9.1 nachgewiesen.

Mit den in der Tabelle 9.1 enthaltenen Angaben der Gesamtinvestitionskosten wurde noch eine weitere Berechnung durchgeführt. Im folgenden wird der Quotient der tatsächlichen und geplanten Gesamtinvestitionskosten, die Erfüllungsproportion mit Q bezeichnet.

Wir haben in unserer Untersuchung festgestellt, daß die Erfüllungsproportion eine Zufallsveränderliche ist, die in zufriedenstellender Weise durch

TABELLE 9.2

Die Erfüllungsproportionen und ihre Häufigkeitsverteilung

Erfüllungsproportionsbereiche in Prozent	Zahl der untersuchten Investitionen	Empirische relative Häufigkeit in Prozent	Theoretische Wahrscheinlichkeit gemäß der Lognormalverteilung in Prozent
bis 60	0	0	1,1
60— 80	6	6,7	8,3
80—100	19	21,1	20,1
100—120	23	25,6	23,7
120—140	19	21,1	20,1
140—160	9	10,0	12,7
160—180	7	7,8	7,1
180—200	3	3,3	3,7
200—220	2	2,2	1,7
220—240	1	1,1	0,8
240—260	1	1,1	0,4
260 und mehr	0	0	0,3
Insgesamt	90	100,0	100,0

1 Die Motive zur vorsichtigeren Planung der Kapazitäten sind nicht vollkommen evident. Vielleicht erklären sie sich dadurch, daß man die geplante Kapazität im voraus als Ressource betrachtet und in die Produktbilanzen »einplant«; das Ausfallen geplanter Kapazitäten wird deshalb strenger beurteilt.

die sogenannte *Lognormalverteilung* befriedigend charakterisiert werden kann. Sie wird in Tabelle 9.2 und in Abbildung 9.1 dargestellt.

In der dritten Spalte der Tabellen stehen die auf Grund der Untersuchungen der Investitionsbank berechneten empirischen *relativen Häufigkeiten.* (Beispielsweise lag bei 10 Prozent der von der Bank untersuchten Fälle die Erfüllungsproportion zwischen 140 und 180 Prozent.) In der vierten Spalte stehen die auf Grund der

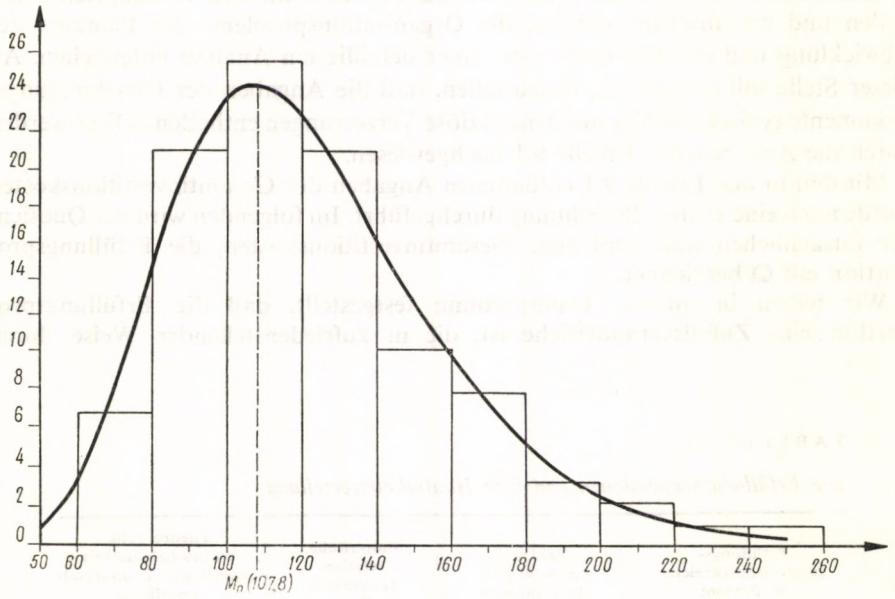


Abb. 9.1

angepaßten Lognormalverteilung *berechneten Wahrscheinlichkeiten.* (Zum Beispiel besteht eine 20,1%ige Wahrscheinlichkeit, daß die Erfüllungsproportion zwischen 120 und 140 Prozent liegt.) Die auf der Abbildung sichtbare Treppenlinie zeigt die auf Grund der Bankangaben errechneten relativen Häufigkeiten, die stetige Kurve die angepaßte stetige Dichtefunktion. Aus der Abbildung geht hervor, daß die Werte der empirischen Funktion nahe an den entsprechenden Werten der angepaßten Funktion liegen[1] (auch der in diesem Zusammenhang durchgeführte

[1] Über die Lognormalverteilung siehe das Buch von *A. Rényi* [148] (Seite 162) oder das Buch von *H. Cramér* [23] (Seite 220).

Die Dichtefunktion der Lognormalverteilung hat die folgende Form:

$$g(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma y} \exp \frac{-(\ln y - m)^2}{2\sigma^2}, \quad y > 0. \tag{9.1}$$

In unserem Fall sind die Parameter der theoretischen Funktion:
der Mittelwert des natürlichen Logarithmus der Daten $m = 4{,}76$
Streuung des natürlichen Logarithmus der Daten $\sigma = 0{,}29$

Test bestätigte, daß die empirischen relativen Häufigkeiten von der stetigen Dichtefunktion nicht signifikant abweichen).

Vom ökonomischen Gesichtspunkt sind einige charakteristische Eigenschaften der Verteilung beachtenswert.

Der *häufigste* Wert, der Modus liegt bei 107,8 Prozent (in der Abbildung mit M_0 bezeichnet). Wie wir sehen, liegt er über dem Kostenvoranschlag, doch nicht allzusehr. Der *durchschnittliche* Wert der Erfüllungsproportionen (arithmetischer Mittelwert) liegt aber weit darüber hinaus, bei 122,2 Prozent.

Die Verteilung ist asymmetrisch. Die Kurve fällt rechts vom Modus, von der Maximumstelle der Dichtefunktion ziemlich sanft, links davon weit steiler ab. Die ökonomische Erklärung hierfür ist – unserer Meinung nach – folgende:

Wie bereits bemerkt, liegt es nicht im Interesse derjenigen, die das Genehmigungsdokument unterbreiten, die Investitionskosten allzuhoch einzuplanen. Dennoch kommen auch in dieser Hinsicht Fehler vor, sie sind aber nicht tendenziös. *Absichtlich* erarbeiten die Planer keine Pläne mit zu hohen Kosten, deshalb ist die Streuung der Angaben in dieser Richtung nicht stark. Dies kommt darin zum Ausdruck, daß die auf der Abbildung 9.1 dargestellte Kurve nach links steil abfällt.

Die Unterbreiter des Dokumentes möchten, daß der Investitionsvorschlag zur Annahme gelangt. Das beeinflußt in Richtung auf eine »Unterplanung«, doch *nicht bei jedem Vorschlag in gleichem Maße.* Einerseits haben die verschiedenen Planer nicht das gleiche Verantwortungsbewußtsein, andererseits lohnt es sich auch nicht, jeden Vorschlag zu »verschönern«. Wenn der Vorschlag zum Beispiel schon vorher, aus anderen Gründen angenommen wurde, lohnt es sich nicht, die Kosten zu unterplanen; auch die ungünstigere Wirtschaftlichkeitskennziffer gefährdet das Los des Vorschlages nicht. Wenn aber das Los des Vorschlages zweifelhaft erscheint, lohnt es sich, den Vorschlag noch mit gewissermaßen optimistischeren Zahlen zu »unterstützen«. Infolge dieser vielfältigen Faktoren streut das Ausmaß der Unterplanung letzten Endes stark. Dies kommt darin zum Ausdruck, daß die auf der Abbildung 9.1 dargestellte Kurve nach rechts schwach abfällt.

Die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung der vorgesehenen Kosten beträgt 60,9 Prozent.

Mit Q_{80} wird diejenige Erfüllungsproportion bezeichnet, für die folgendes gilt: es besteht eine 80%ige Wahrscheinlichkeit dafür, daß der Wert der effektiven Erfüllungsproportion kleiner als Q_{80} ist. Diesen Wert nennt man in der Wahrscheinlichkeitsrechnung das 80%ige *Quantil* der Zufallsveränderlichen Q.[1] Im vorliegenden Fall beträgt Q_{80} = 148,4 Prozent. Mit anderen Worten: wir können mit 80%iger Wahrscheinlichkeit damit rechnen, daß die Überschreitung des Kostenvoranschlags nicht mehr als 48,4 Prozent beträgt, und mit nur 20%iger Wahrscheinlichkeit, daß die Überschreitung größer ist.

Die Beobachtung einer größeren Anzahl von Daten würde unsere Kenntnisse über die Wahrscheinlichkeitsverteilung der in den Auflagen steckenden Fehler

[1] Mit dem Begriff des Quantils befaßt sich *A. Rényi* in [148] (Seite 182) und *H. Cramér* in [23] (Seite 181).

präzisieren. In dem Maße, wie sich die Sphäre der Angaben erweitert, muß man auch die Analyse erweitern. Man muß die *Dynamik* der beobachteten Tendenzen untersuchen, die zwischen den einzelnen Gebieten und Industriezweigen aufzufindenden eventuellen charakteristischen Abweichungen und so weiter.

9.3. Die Verbesserung der Objektivität der Schätzungen

Wie können wir uns bei unseren Wirtschaftlichkeitsberechnungen gegen die im vorigen Abschnitt geschilderten tendenziösen Verzerrungen schützen?

Das Allerwichtigste besteht darin, die zur Verzerrung treibenden Faktoren auszumerzen, die materiellen und moralischen Impulse, die Kontrollmethoden entsprechend zu modifizieren usw. Die Möglichkeit ist gegeben; mit den konkreten Mitteln dazu befaßt sich dieses Buch nicht.

Da wir wissen, daß die Unterbreiter der Genehmigungsdokumente – in der gegenwärtigen Situation – meistens voreingenommen sind, ist es zweckmäßig, die Schätzungen von denjenigen überprüfen zu lassen, die *kraft ihrer Position* unvoreingenommen sind. Man muß womöglich die Überprüfung von Experten vornehmen lassen, deren Dienstunterstellung oder persönliches Interesse eine Voreingenommenheit ausschließt.

Unsere eigenen Optimierungsuntersuchungen haben auch in diesem Sinne eine Kontrolle der ursprünglichen Pläne zur Folge gehabt. *Kraft der Position*, die die an den Untersuchungen verantwortlich beteiligten leitenden Ökonomen innehatten, war keiner von ihnen daran interessiert, die Wahrheit des einen oder anderen Standpunktes zu »beweisen«.

Bei unseren Untersuchungen haben auch verantwortliche Leiter der Industriezweige oder Unternehmen, zumindest als Informatoren, teilgenommen, bei denen man mehr oder minder mit Voreingenommenheit zu rechnen hatte. Die Beschaffenheit des Investitions-Optimierungsmodells trieb sie aber zu objektiveren Schätzungen. Beim Baumwollwebindustriemodell mußten wir zum Beispiel den zur Erfüllung eines *gegebenen Produktionsplanes*, einer gegebenen Ausstoßverpflichtung erforderlichen Maschinenpark von optimaler Zusammensetzung bestimmen. Die Leiter der Unternehmen und Industriezweige, die sich an den Schätzungen beteiligten, wurden von uns auf die Folgen der in den Schätzungen steckenden Fehler aufmerksam gemacht. Wenn sie die Leistungsfähigkeit der Automaten, der modernen Einrichtungen *unter*schätzen, so wird die Berechnung ihre Anschaffung nicht als wirtschaftlich anzeigen (wohingegen die Industrieleiter aber ihren Industriezweig moderner gestalten möchten). Wenn sie aber die zu erwartende Leistung der Maschinen *über*schätzen, dann folgt aus der Berechnung die Anschaffung von weniger Maschinen zur Erfüllung des gegebenen Produktionsplanes und erfordert eine kleinere Investitionssumme, als in Wirklichkeit notwendig wäre. Der Produktionsplan kann sich unter solchen Umständen als zu angespannt erweisen, was sie – als verantwortliche Leiter – sicher nicht gerne sehen würden. Daher stand es im Interesse der mitwirkenden Experten, möglichst präzise, weder zu niedrige noch zu hohe Schätzungswerte anzugeben.

Weit über das Beispiel der Baumwollwebindustrie hinaus ist der »Januskopf« der Industrieleiter, die den Produktionsplan bzw. den Investitionsplan entgegennehmen, wohlbekannt. Wenn es sich um den *Investitionsplan* eines Zweiges handelt, dann bemühen sie sich in der Regel, den höheren Organen die zu erwartende hohe Produktivität der neuen, modernen Einrichtungen zu beweisen. Häufig treffen wir eine zu optimistische Schätzung der technischen Leistungsfähigkeit der neuen Einrichtungen an (obwohl es auch entgegengesetzte Schätzungen gibt). Handelt es sich aber um den Produktionsplan, so wird die zukünftige Kapazität in der überwiegenden Mehrheit vorsichtig, ein wenig pessimistisch eingeschätzt. Zu dieser Dualität trägt auch bei, daß die Überprüfung der Wirtschaftlichkeit der Investitionen und die Planung der Produktionsauflagen getrennt voneinander vorgenommen werden.

Die in diesem Buch dargestellten Modelltypen bieten eine Möglichkeit zur Minderung der Wirkung dieser Dualität. *Das Modell enthält nämlich sowohl den Produktions- als auch den Investitionsplan. Identische* technische Leistungsangaben stehen in den Einschränkungen, die die Produktionsverpflichtungen vorschreiben und in der Zielfunktion, die das wirtschaftliche Ergebnis angibt. Folglich kann man nicht gleichzeitig in einer Richtung zu optimistisch und zu pessimistisch in der anderen Richtung sein, die Beschaffenheit des Modells verhilft zur Widerspruchslosigkeit und Folgerichtigkeit des Standpunktes.

Die Objektivität der Schätzung kann auch dadurch gesteigert werden, daß man sich statt auf individuelle Meinungen *möglichst auf kollektive Schätzungen* verläßt. In diesem Zusammenhang haben wir im Laufe der Industriezweiguntersuchungen gute Erfahrungen erworben. Die an den Untersuchungen teilnehmenden Ingenieure, Ökonomen der Unternehmen haben gemeinsam, ihre gegenseitigen Empfehlungen auf Grund der eigenen Erfahrungen korrigierend, die Schätzungen durchgeführt. Die Schätzungsangaben der Forschungsgruppe wurden dann einem größeren Kollektiv, einer Konferenz von Experten unterbreitet und nach einer gründlichen Debatte ein Teil derselben korrigiert. All dies gestaltete die Schätzungen zuverlässiger und objektiver.

Bisher wurde über Methoden zur Steigerung der Objektivität gesprochen. Zugleich muß man real sehen, daß sich hierzu nicht immer die Möglichkeit bietet. Obwohl die in Richtung der Verzerrung wirkenden Faktoren ausgemerzt werden können, gelangen sie *vorläufig* noch zur Geltung. Es besteht auch nicht immer die Möglichkeit, daß unvoreingenommene Experten die Schätzungen vornehmen können und so weiter. Oft muß also die Wirtschaftsleitung auf Grund der im üblichen Verlauf der Investitionsplanung erlangten Angaben entscheiden – obwohl man mit der tendenziösen Beschaffenheit der Angaben rechnen kann. Welche Aufgabe ergibt sich dann?

Nach unserer Auffassung ist es *zweckmäßig, zusätzlich Kontrollberechnungen auszuführen, die die in dem Genehmigungsdokument steckenden wahrscheinlichen Fehler in das Resultat sozusagen »mit einkalkulieren«*. Beispielsweise nehmen wir an, daß die Erfüllungsproportion der Kostenvoranschläge, des Realisierungszeitraumes, der geplanten Kapazität dann dem gegenwärtigen *Durchschnitt* entsprechen.

Wenn wir also die durchschnittliche Überschreitung der Gesamtinvestitionskosten (mangels besserer Angaben) in der oben angegebenen Weise mit 22,2 Prozent bestimmen, dann werden rund 22 Prozent zum ursprünglich unterbreiteten Kostenvoranschlag addiert. Ähnlich werden auch die übrigen Angaben korrigiert und dann errechnet, ob auch in diesem Fall die Investition wirtschaftlich ist. Über die Ausführung ähnlicher Kontrollberechnungen wird später noch detailliert zu berichten sein.

Die nüchterne Erwägung der mit der eventuellen Überschreitung der vorgesehenen Kosten verbundenen Konsequenzen widerspricht nicht der bei den obigen Berechnungen aufgestellten Forderung, daß die nach der Entscheidung herausgegebene Genehmigung und Plananweisung real sein muß. Es wäre eine unbegründete Nachgiebigkeit, den Investierenden die in den Kontrollberechnungen angewandten höheren Sicherheitswerte vorzuschreiben. Man muß eine strengere mobilisierende Vorschrift geben.

Bei der Anwendung der Kontrollberechnungen ist zu beachten, daß die aus den vorherigen Angaben gezogenen zahlenmäßigen Folgerungen (z. B. die Feststellungen, die sich auf den Durchschnitt der Planungsfehler und auf die Wahrscheinlichkeitsverteilung beziehen) nur soweit gültig sind, bis *die äußeren Umstände*, unter denen diese Angaben zustande gekommen sind, *unverändert bleiben*. Sobald die Methoden des materiellen und moralischen Anreizes, die Organisation der Investitionen usw. eine Änderung erfahren – und zahlreiche Änderungen wären wünschenswert –, verlieren die zahlenmäßigen Folgerungen ihre Geltung.

10. Empfindlichkeitsuntersuchungen Parametrische Optimierung

10.1. Berechnungsserien

Wäre jede Voraussetzung und jede Angabe des Modells vollkommen exakt, so würde es genügen, eine einzige Optimierung vorzunehmen, und die gewonnene Lösung wäre dann eindeutig das optimale Programm. In der Praxis gibt es aber keine derartigen langfristigen Berechnungen, auf die zuverlässig aufgebaut werden könnte. Deshalb ist es in der Regel zweckmäßig, anstatt einer einzigen Optimierung eine ganze Optimierungsserie durchzurechnen.

Es ist zahlenmäßig zu untersuchen, welche Konsequenzen damit verbunden sind, wenn in den Berechnungen statt von den ursprünglichen Voraussetzungen von anderen ausgegangen wird, und wenn die zahlenmäßigen Angaben die Wirklichkeit nicht genau widerspiegeln. Wie »empfindsam« reagiert darauf das optimale Programm, inwieweit verändert es sich?

Die Berechnungen, die diese Fragen beantworten, werden als Empfindlichkeitsuntersuchung bezeichnet.[1] Diese Berechnungen beantworten also die Frage, *welche Auswirkungen irgendeine Änderung der Ausgangsannahmen und der zahlenmäßigen Angaben auf das optimale Programm hat.*

Das Resultat der Berechnungsserie und der Empfindlichkeitsuntersuchung ist nicht ein »optimales«, sondern sind mehrere »optimale« Programme. Jedes ist optimal in bezug auf andere Voraussetzungen und besondere Ausgangsdaten. Diese Programme stellen folglich in jedem Fall *relative* Optima dar. Ihr simultanes Studium und ihre vergleichende Analyse sind eine Hilfe bei der rationellen Entscheidung. (Deshalb darf der Begriff »Optimum« bei den Diskussionen über die Optimierung vom ökonomischen Gesichtspunkt aus nicht überschätzt werden.)

Ein Teil der Empfindlichkeitsuntersuchungen beschäftigt sich damit, zu welchen Programmen die Abänderung der Struktur des Modells führt. Unter der Struktur des Modells wird hier der Typ der Einschränkungen, der Zielfunktion usw. verstanden, d. h. alles, was mit Hilfe mathematischer Symbole, ohne Zahlen niedergeschrieben werden kann. Beispielsweise besteht eine derartige Empfindlichkeitsuntersuchung im Vergleich der Ergebnisse der mit konkaver und mit linearer Kostenfunktion vorgenommenen Optimierung der Chemiefaserindustrie (siehe Abschnitt 7.5).

In anderen Empfindlichkeitsuntersuchungen wird erforscht, welche Wirkungen eintreten, wenn innerhalb eines Modells von gegebener Struktur die für die Sym-

[1] Über die Empfindlichkeitsuntersuchungen siehe z. B. den Artikel [2] im Buch [1] von *E. L. Arnoff* und *S. S. Sengupta.*

bole eingesetzten *zahlen*mäßigen Werte, die zahlenmäßigen charakteristischen Daten des Modells verändert werden.[1] Beispielsweise haben wir bei der Baumwollindustrie-Optimierung untersucht, ob sich das optimale Programm ändert, wenn bei der Kostenfunktion höhere oder niedrigere Maschinenanschaffungspreise veranschlagt werden.

Die einfachste, jedoch äußerst nützliche Form der Empfindlichkeitsuntersuchung besteht im Vergleich der Ergebnisse von parallel vorgenommenen Berechnungen. Diese Form der Empfindlichkeitsuntersuchung liegt vor, wenn die Wirkungen der Strukturänderungen des Modells oder der Änderung der im Modell enthaltenen charakteristischen Daten untersucht werden. Hierbei werden Vergleiche für im voraus festgelegte diskrete Werte der jeweiligen Größe vorgenommen. In bestimmten Fällen ist es möglich, für derartige Empfindlichkeitsuntersuchungen ein spezielles Verfahren, die sogenannte parametrische Optimierung anzuwenden.

10.2. Die parametrische Optimierung

Betrachten wir ein Beispiel. Es ist eine Optimierungsaufgabe zu lösen, bei der alle charakteristischen Daten bekannt sind, mit Ausnahme der Koeffizienten der Zielfunktion. Ihre zahlenmäßige Bestimmung wäre möglich, wenn die Größe des ökonomisch begründeten Produktionsfondsabgabefaktors bekannt wäre. Dann ließen sich die Koeffizienten c_j in der Zielfunktion nach der bekannten Formel

$$c_j = \gamma p_j + r_j \tag{10.1}$$

bestimmen, wobei

γ der Produktionsfondsabgabefaktor
p_j die auf die j-te Aktivitätseinheit entfallenden Investitionskosten und
r_j die auf die j-te Aktivitätseinheit entfallenden Betriebskosten bedeutet.

Nehmen wir an, daß wir p_j und r_j genau kennen, jedoch die Größe des Produktionsfondsabgabefaktors γ nicht bekannt sei. Dann wird nicht eine, sondern eine ganze Reihe von Optimierungsaufgaben aufgestellt. In der ersten Aufgabe ist der Produktionsfondsabgabefaktor zum Beispiel 5 Prozent, in der zweiten 6 Prozent, in der dritten 7 Prozent und so weiter. Die Aufgaben sind einander ähnlich, sie sind eng verwandt miteinander. Gemeinsam ist allen Aufgaben der »Familie« die Struktur des Modells, identisch sind auch die charakteristischen Daten der Aufgaben, mit Ausnahme des Produktionsfondsabgabefaktors, der die Größe der Koeffizienten in der Zielfunktion beeinflußt. Die Aufgaben unterscheiden

[1] Bei einem Modell mit gegebener Struktur nennen wir die Gesamtheit der das optimale Programm determinierenden zahlenmäßigen Werte die charakteristischen Daten der Optimierungsaufgabe. Beispielsweise sind die charakteristischen Daten der im Kapitel 5 beschriebenen linearen Optimierungsaufgabe die zahlenmäßigen Werte der Elemente der Matrix **A** sowie der Komponenten der Vektoren **b** und **c'**.

sich dadurch, daß an die Stelle des Symbols γ der Reihe nach jeweils andere zahlenmäßige Werte eingesetzt werden.

Es wäre vorstellbar, die einzelnen Aufgaben dieser Aufgabenmenge voneinander unabhängig, eine jede separat zu lösen. Zuerst wird die Optimierungsaufgabe für $\gamma = 0{,}06$ gelöst, dann für $\gamma = 0{,}07$, danach für $\gamma = 0{,}08$ und so fort. Zu jeder Aufgabe gehört je ein optimales Programm. Mit dem Verfahren der parametrischen Optimierung kann jedoch an Stelle dieser langwierigen Arbeit *mit einer einzigen Berechnung* die ganze Aufgabenmenge gelöst werden. In unserem Beispiel ist der Parameter der Produktionsfondsabgabefaktor γ.

Unter parametrischer Optimierung wird im allgemeinen Sinne folgendes verstanden:

Die charakteristischen Daten der Optimierungsaufgabe oder zumindest ein Teil derselben sind keine konstanten Zahlen, sondern Veränderliche, Funktionen des sogenannten Parameters. (In unserem vorigen Beispiel sind die Zielfunktionskoeffizienten, die Komponenten des Vektors $\mathbf{c}'$, Funktionen des Parameters γ.) Hieraus folgt, daß *auch das optimale Programm* selbst – das durch die charakteristischen Daten der Aufgabe determiniert wird – *eine Funktion des Parameters ist*. Wir bezeichnen im allgemeinen den Parameter mit λ, das optimale Programm mit $\mathbf{x}^*$, dann gilt also

$$\mathbf{x}^* = \mathbf{x}^*(\lambda)\,. \tag{10.2}$$

Zu bestimmen ist $\mathbf{x}^*(\lambda)$, das optimale Programm als Funktion des Parameters. Dabei ist der Parameter λ eine reelle Zahl. Die Aufgabe kann weiter verallgemeinert werden, wenn wir zulassen, daß der Parameter ein Vektor ist. Beispielsweise hängt die Größe des Zielfunktionskoeffizienten vom Produktionsfondsabgabefaktor λ_1, vom Rubelkurs λ_2, vom Dollarkurs λ_3, vom Steigerungstempo der Lohnhöhe λ_4 ab. Dann ist $\boldsymbol{\lambda} = (\lambda_1, \ldots, \lambda_4)$ der Parameter. (Im vorliegenden Kapitel befassen wir uns nicht mit Vektorparametern und beschränken uns auf den Fall, daß der Parameter eine einzige reelle Zahl ist.)

Um die *ökonomische Bedeutung* der parametrischen Optimierung für den folgenden Teil des Buches zu verstehen, muß man wissen, daß die Änderung des Parameters in der Regel keine effektive zeitliche Änderung der jeweiligen ökonomischen Größe ausdrückt. Der wirkliche und effektive Wert des Parameters *ist nicht bekannt, und deshalb* ändern wir ihn, lassen ihn unterschiedliche Werte annehmen, und wir stellen fest, inwiefern sich das optimale Programm in Abhängigkeit vom Parameter ändert. In diesem Fall *sollen also ökonomische Folgerungen aus den Funktionsbeziehungen, die zwischen den verschiedenen Parametern und dem optimalen Programm bestehen, gezogen werden.*

Die parametrische Optimierungsaufgabe ist, in der oben angegebenen allgemeinen Form sehr umfangreich. In der Praxis müssen normalerweise wesentliche Einschränkungen vorgenommen werden, um zu einer lösbaren Aufgabe zu gelangen.

Die wichtigste Einschränkung besteht darin, daß die charakteristischen Daten der Aufgabe *lineare* Funktionen des Parameters sein müssen.

Die zweite Einschränkung ist, daß es nicht gleich ist, welche charakteristischen Daten der Aufgabe vom Parameter abhängen (z. B. ob nur die Koeffizienten der Zielfunktion oder nur die rechten Seiten der Einschränkungen bzw. nur die in den Einschränkungen enthaltenen Koeffizienten, oder ob sie alle gemeinsam vom Parameter abhängen). Rechentechnisch gut verwendbare Verfahren der Lösung wurden bisher nur für bestimmte spezielle Fälle erarbeitet. Ein Teil dieser Fälle wird im Abschnitt 10.3 dargestellt werden.

Erleichternd wirkt, daß wir uns in der Praxis nicht für alle möglichen Werte des fraglichen Parameters interessieren. Niemand interessiert sich dafür, wie das optimale Programm bei einem Produktionsfondsabgabefaktor von 100 Prozent aussehen würde. Auf Grund ökonomischer Erwägungen kann die untere und obere Grenze des Parameters angegeben werden, über welche hinaus es sich nicht lohnt, Untersuchungen anzustellen. Wir bezeichnen diese Grenzen mit den Symbolen λ_0 und λ^0. Demgemäß reduziert sich die parametrische Optimierung darauf, daß die Funktion

$$\mathbf{x}^* = \mathbf{x}^*(\lambda), \qquad \lambda_0 \leqq \lambda \leqq \lambda^0 \tag{10.3}$$

zu bestimmen ist. Die Aufgabe besteht z. B. nur noch darin, alle diejenigen optimalen Programme zu bestimmen, die sich ergeben, wenn der Produktionsfondsabgabefaktor das Intervall von 3 Prozent bis 30 Prozent durchläuft.

Erleichternd wirkt weiterhin, daß *in der Mehrzahl der Fälle nicht alle Änderungen des Parameters eine radikale Veränderung im optimalen Programm verursachen.* Betrachten wir diese Frage näher.

Die Gesamtheit der Indizes der im optimalen Programm mit positivem Wert enthaltenen Veränderlichen nennen wir die Struktur des Programms. Zwei voneinander abweichende Programme können eine identische Struktur besitzen. Beispielsweise seien in beiden Programmen die gleichen Veränderlichen mit positivem Wert enthalten; unter anderem auch die erste Veränderliche, im ersten Programm sei $x_1 = 1000$, während im zweiten $x_1 = 2000$ sei. *Programme von gleicher Struktur haben die gleiche Richtung in bezug auf ihre Aktivitäten, sie weichen aber voneinander darin ab, wie weit sie sich in der gegebenen Richtung fortbewegen.*

Bei der parametrischen Optimierung kommt oft einer der beiden folgenden Fälle vor:

1. *Dasselbe* optimale Programm gehört zu mehreren, nacheinander folgenden Werten, zu einem ganzen Bereich des Parameters.

2. Zu mehreren, nacheinanderfolgenden Werten, zu einem ganzen Bereich des Parameters gehören optimale Programme *gleicher Struktur*, obwohl innerhalb der gleichen Struktur die Größen der einzelnen Veränderlichen abweichen.

Im ersten Fall sprechen wir von einem quantitativen Identitätsbereich, im zweiten Fall von einem qualitativen Identitätsbereich des Parameters.

Für die ökonomischen Analysen ist es erforderlich, *die Grenzen* der Identitätsbereiche zu kennen. In diesem Zusammenhang werden folgende Bezeichnungen eingeführt.

Die Grenzen der quantitativen Identitätsbereiche heißen quantitative charakteristische Werte des Parameters, die Grenzen der qualitativen Identitätsbereiche werden qualitative charakteristische Werte des Parameters genannt.

10.3. Einige Beispiele aus der Praxis

Einige Beispiele aus der Praxis unserer Optimierungsberechnungen sollen die Empfindlichkeitsuntersuchungen veranschaulichen.

Ein für die parametrische Optimierung typischer Fall ist, daß alle oder einige Koeffizienten der Zielfunktion von einem reellen Parameter abhängen. Das ist beispielsweise der Fall, wenn die in der Zielfunktion berücksichtigten Kosten vom kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktor oder vom Devisenkurs abhängig sind. Im Laufe unserer zweiglichen Optimierungen haben wir mehrere derartige Berechnungen durchgeführt, auf die wir im IV. Teil des Buches, bei der Behandlung des kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und des Devisenkurses noch zurückkommen werden. Vom Gesichtspunkt der numerischen Behandlung ist das der verhältnismäßig einfachste Fall. Hierbei gelangen wir in der Regel (wenn das Modell den in diesem Band behandelten Modellen gleicht) zu mehr oder minder ausgedehnten quantitativen Identitätsbereichen.[1]

Ein anderer typischer Fall der parametrischen Optimierung besteht darin, die Wirkung der Veränderung der charakteristischen Daten einer Aktivität auf das optimale Programm zu untersuchen.

In diesem Zusammenhang nehmen wir folgendes an:

Die j-te Veränderliche sei *nicht* im optimalen Programm enthalten. Die Kennzeichen der j-ten Aktivität sind der Koeffizient c_j in der Zielfunktion und der j-te Spaltenvektor $\mathbf{a}_j$ der Koeffizientenmatrix der Einschränkungen (also z. B. im Modell der Baumwollwebindustrie: die Jahresproduktion, der Bruttoinvestitionsbedarf, der Devisenbedarf für das kapitalistische Ausland, der Raumbedarf, die Materialbedürfnisse usw. der Aktivität).

Nehmen wir ferner an, daß sowohl der Koeffizient c_j als auch der Spaltenvektor $\mathbf{a}_j$ die Funktion irgendeines Parameters λ ist. (Eventuell sind nur einige Komponenten des Spaltenvektors vom Parameter abhängig.)

Hierbei läßt sich mit einem verhältnismäßig einfachen Verfahren feststellen, bei welchem charakteristischen Wert des Parameters λ die j-te Veränderliche in das optimale Programm einbezogen wird.

Es sei kurz eine solche Empfindlichkeitsuntersuchung für die Baumwollwebindustrie dargestellt.

Im optimalen Programm war von den neuen Webautomaten der billigste, doch am wenigsten produktive Schützenwechseltyp enthalten. Er verdrängte den teureren, doch produktiveren Spulenwechseltyp aus dem optimalen Programm.

[1] Wenn eine lineare Optimierungsaufgabe gegeben ist, die mit dem Simplexverfahren gelöst wird und wenn der Koeffizient in der Zielfunktion eine lineare Funktion des Parameters ist, kann das im Buch [43] von *S. Gass* dargestellte Verfahren angewendet werden.

Bei der Mitteilung unserer Ergebnisse tauchten Zweifel auf, ob die Differenz zwischen der Leistungsfähigkeit der beiden Typen real in Betracht gezogen worden war.

Deshalb führten wir zur Kontrolle folgende Berechnung durch:

Die Angaben, die ursprünglich für den Schützenwechseltyp charakteristisch waren, wurden beibehalten. Die Leistung der Maschine beträgt 210 Umdrehungen/Minute bei einem Wirkungsgrad von 87 Prozent. Einige charakteristische Daten des Spulenwechselautomaten (im Modell Aktivität Nr. 118) wurden dagegen in Abhängigkeit von einem Parameter, der Umdrehungszahl der Maschine betrachtet. Zwecks einfacherer Übersicht wurde der Parameter λ bei einem gegebenen Wirkungsgrad von 87 Prozent folgendermaßen definiert:

$$\lambda = \frac{\text{Umdrehungszahl der Spulenwechselmaschine}}{\text{Umdrehungszahl der Schützenwechselmaschine}}.$$

Vom Parameter λ sind folgende charakteristische Daten der Maschine abhängig:

$$a_{1,118}(\lambda) = a''_{1,118}\,\lambda, \tag{10.4}$$

wobei $a''_{1,118}$ die Jahresproduktion der Maschine bei einer Umdrehungszahl von 210 U/min ist.

$$a_{7,118}(\lambda) = a''_{7,118}\,\lambda\,, \tag{10.5}$$

wobei $a''_{7,118}$ bei einer Umdrehungszahl von 210 U/min der Jahresbedarf dieser Maschine an Schlichtwalzen ist. Ebenso sind die Koeffizienten $a_{i,118}$ in den übrigen einschränkenden Bedingungen mit Produktionsbilanzcharakter zu definieren.

Somit ist der Spaltenvektor aller der in den Einschränkungen enthaltenen Koeffizienten bei der Spulenwechselmaschine:

$$\mathbf{a}_{118} = \mathbf{a}'_{118} + \mathbf{a}''_{118}\,\lambda\,, \tag{10.6}$$

wobei $\mathbf{a}'_{118}$ der aus dem vom Parameter nicht abhängigen Teil der Koeffizienten $a_{i,118}$ gebildete Spaltenvektor, $\mathbf{a}''_{118}$ hingegen der aus dem vom Parameter abhängigen Teil der Koeffizienten $a_{i,118}$ gebildete Spaltenvektor ist.

Der Koeffizient in der Zielfunktion ist:

$$c_{118} = c'_{118} + c''_{118}\,\lambda\,, \tag{10.7}$$

wobei c''_{118} der vom Parameter nicht abhängige Teil der Einheitskosten ist (Grundinvestitionskosten), während c'_{118} der vom Parameter abhängige Teil der Einheitskosten (Grundkosten der Produktion) ist. Einzelne Elemente der letzteren sind, streng genommen, der Umdrehungszahl nicht genau proportional (die Energiekosten steigen z. B. mit der Zunahme der Umdrehungszahl progressiv), doch bedeutet die Voraussetzung der Linearität keine allzugroße Ungenauigkeit.

TABELLE 10.1

Die kritische Umdrehungszahl der Spulenwechselwebmaschine

	Umdrehungszahl der Spulenwechselwebmaschine pro Minute (bei einem Wirkungsgrad von 87 Prozent)	Umdrehungszahl der Spulenwechselwebmaschine pro Minute (bei einem Wirkungsgrad von 87 Prozent) in Prozent der Umdrehungszahl der Schützenwechselwebmaschine
Kritische Umdrehungszahl, bei der die Spulenwechselwebmaschine in das optimale Programm gelangt	230	108,5
Voranschläge der Leitung der Baumwollindustrie für das		
2. Jahr nach Inbetriebnahme	213	106,1
3. Jahr nach Inbetriebnahme	233	107,1

Es ergibt sich die Frage: welche kritische Umdrehungszahl die Spulenwechselmaschine in der Regel erreichen muß, um den Schützenwechselautomaten aus dem optimalen Programm verdrängen zu können? Um wieviel Prozent muß letzterer übertroffen werden, d. h. wie groß muß der charakteristische Wert des Parameters sein?[1]

Das Ergebnis der Berechnung ist in der Tabelle 10.1 dargestellt.[2]

Ein ähnlicher charakteristischer Wert kann auch dann ermittelt werden, wenn nicht der Spaltenvektor $\mathbf{a}_j$ vom Parameter abhängt, sondern nur der Koeffizient c_j der Zielfunktion. Die zahlenmäßige Ermittlung des charakteristischen Wertes ist in diesem Fall äußerst einfach.[3]

Derartige Berechnungen wurden z. B. bei der Baumwollindustrie-Optimierung vorgenommen. Wir untersuchten, wie hoch die Herstellungskosten bei einzelnen vorgesehenen Textilindustriemaschinen ungarischen Fabrikats sein dürfen, und wie hoch auf Grund der Herstellungskosten der Preis sein darf, wenn sie noch Bestandteil des optimalen Programms der Baumwollindustrie sein sollten.

Ein weiteres Beispiel ist die Untersuchung in der Chemiefaserindustrie. Es wurde der niedrigste Exportpreis festgestellt, bei dem es sich noch lohnt, Produktions-

[1] Über das angewandte Berechnungsverfahren siehe [77].

[2] Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu beachten, daß es sich hier nicht darum handelt, ob die Spulenwechselwebmaschine überhaupt 230 Umdrehungen erreichen kann. Entscheidend ist, ebenso wie auch sonst bei den Berechnungen für die Baumwollindustrie, ob alle ungarischen Baumwollwebereien *durchschnittlich, regelmäßig* eine derartig große Leistung erreichen können.

[3] Siehe [77]. Diese Aufgabe kann übrigens auch als spezieller Fall der unter Punkt 1 erwähnten Aufgabe (der Vektor $\mathbf{c}'$ ist eine Funktion des Parameters) aufgefaßt werden.

kapazitäten, die den Inlandsbedarf irgendeines Produktes übersteigen, für den Export zur Verfügung zu stellen.

Zum Schluß sei noch eine oft gestellte Aufgabe erwähnt. Bei gegebenen zahlenmäßigen Kennzeichen wurde das optimale Programm errechnet. *Danach ist derjenige Bereich des numerischen Wertes eines charakteristischen Datums zu bestimmen, innerhalb dessen er sich frei bewegen kann, ohne daß das optimale Programm sich verändert* (vorausgesetzt, der zahlenmäßige Wert der übrigen Kennzeichen der Aufgabe bleibe unverändert).[1] Um einen Ausdruck aus der Technik zu benutzen, werden die *Toleranzgrenzen* des jeweiligen charakteristischen Datums bestimmt.

Beispielsweise bestimmten wir das optimale Programm mit der Annahme, daß die jährlichen Betriebskosten irgendeiner Aktivität 20 000 Ft betragen. Nach der durchgeführten Optimierung konnte festgestellt werden, daß das optimale Programm gleich bleibt, wenn die Betriebskosten beliebig zwischen 19 400 und 20 800 Ft liegen.

Die Bestimmung der Toleranzgrenzen gehört vom mathematischen Gesichtspunkt ebenfalls zum Aufgabenkreis der parametrischen Optimierung. Dabei wird die Wirkung der Veränderung einer einzigen Angabe untersucht, und es sind die Grenzen nur *eines* Identitätsbereiches unter und über dem ursprünglichen Wert des Parameters zu bestimmen.

10.4. Die »Umgebung« des Optimums

Im Laufe unserer Berechnungen waren wir bestrebt, auch die »Umgebung« des Optimums zu bestimmen, d. h. diejenigen suboptimalen Programme, deren Zielfunktionswert nur wenig ungünstiger als der des optimalen ist. Die Kenntnis dieser Programme ist recht nützlich. Bei der Entscheidung sind nämlich eventuell auch solche Gesichtspunkte zu beachten, die vom Einschränkungssystem und von der Zielfunktion des Modells nicht berücksichtigt wurden und die doch nicht zu vernachlässigen sind. Deshalb können für die praktische Verwirklichung auch derartige Programme gewählt werden, die vom Gesichtspunkt der Zielfunktion nicht viel ungünstiger sind als das optimale Programm, die jedoch vom Gesichtspunkt der im Modell außer acht gelassenen Faktoren günstiger sind.

So z. B. wäre es vorteilhaft in der Chemiefaserindustrie die Propylenherstellung in voller Produktionskombination auszubauen, d. h. sowohl Ausgangspolypropylenwerkstoff als auch Polypropylenseide und Polypropylenfaser herzustellen. Die Organisationsvorteile dieser Kombination sind evident. Unser mathematisches Modell, das die Produktion des Polypropylenwerkstoffes, der Polypropylenseide und -faser als einzelne Aktivitäten gesondert behandelte, war jedoch gegenüber den Vorteilen der Kombination, der simultanen Produktion unempfindlich. Deshalb gelangte nur Polypropylenwerkstoff und Polypropylenseide in das Programm mit dem günstigen Zielfunktionswert, die Produktion der Polypropylenfaser aber fiel weg. In der »Umgebung« des Optimums gab es dagegen auch ein

[1] Für den Fall der linearen Optimierung siehe hierzu den Artikel [22] von *M. Courtillot*.

Programm, das vom Gesichtspunkt des Zielfunktionswertes kaum schlechter war, aber die Produktion aller drei Produkte enthielt. Im vorliegenden Fall muß die Wirtschaftsleitung erwägen, ob es nicht sinnvoll ist, die verhältnismäßig geringen Mehrkosten, die in der Zielfunktion zum Ausdruck kommen, zur Sicherung der gemeinsamen Produktion in Kauf zu nehmen, d. h., um eines Vorteils willen, der in der Zielfunktion nicht zum Ausdruck kommt, jedoch real zu erwarten ist.

10.5. Die Bedeutung der Empfindlichkeitsuntersuchungen

Zusammenfassend kann als eines der wichtigsten Ergebnisse der Empfindlichkeitsuntersuchungen festgestellt werden, daß sie *die gemeinsamen Elemente, die stabilen Punkte*, der von verschiedenen Gesichtspunkten aus optimalen Programme nachweisen. Sie heben diejenigen Aktivitäten hervor, die auch bei unterschiedlichen Voraussetzungen, verschiedenen Ausgangsangaben, charakteristischen Daten im optimalen (oder dem optimalen naheliegenden) Programm enthalten sind. Sie führen auch diejenigen Aktivitäten an, die in keinem optimalen Programm enthalten sind. Das erleichtert der Wirtschaftsleitung von vornherein die Entscheidung. Sie kann verhältnismäßig leicht die in den verschiedenen Programmen gleichermaßen als optimal sich erweisenden Aktivitäten auswählen, und sie kann die in den verschiedenen Programmen unvorteilhaften ablehnen. Natürlich bleibt auch in diesem Fall die Beurteilung der »labilen« Aktivitäten offen, die in einem Programm optimal sind, im anderen hingegen nicht enthalten sind. Doch bietet auch in diesen Fällen die Empfindlichkeitsuntersuchung einen Anhaltspunkt für die weitere Analyse, da sie konkret angibt, wogegen das optimale Programm empfindlich ist, d. h. von welcher Voraussetzung oder Angabe es abhängt, ob die Aktivität günstig oder ungünstig wird.

Die Schwäche der mit primitiveren Methoden durchgeführten traditionellen Wirtschaftlichkeitsberechnungen liegt darin, daß sie allzu »selbstsicher« sind. Die vereinfachenden Voraussetzungen, die Unsicherheiten werden oft verschwiegen und dadurch die Illusion erweckt, daß die Leitung sich ihnen bei der Entscheidung unbedingt anvertrauen kann. »Wenn der Wert der Kennziffer über 1 liegt, ist es gut, wenn der Wert der Kennziffer unter 1 liegt, ist es schlecht . . .« – eine derartige Bewertung kann leicht auf Irrwege führen.

Die Empfindlichkeitsuntersuchungen kühlen diese Selbstsicherheit ein wenig ab. Es stellt sich mit einem Male heraus, daß die optimale Entscheidung von recht vielen Faktoren (unter ihnen von unsicheren und bestreitbaren Faktoren) abhängt. Gewisse Unschlüssigkeiten als Ergebnis von Empfindlichkeitsuntersuchungen sind aber u. E. gesund, da sie zu tieferen Untersuchungen und zur vielseitigeren Analyse anregen.[1]

[1] In unserem Buch befaßten wir uns mit weit mehr verschiedenen Empfindlichkeitsuntersuchungen, parallelen Optimierungen als zum regelmäßigen Gebrauch erforderlich sind. In unseren Untersuchungen sind die Lösung der von der Wirtschaftsleitung gestellten praktischen Aufgabe, die wissenschaftliche Forschung und die experimentelle Erprobung der Optimierungsmethodologie miteinander verflochten.

11. »Pessimistische« und »optimistische« Rangordnungen

11.1. Das Problem der Entscheidung mit einer unsicheren Konsequenz

Bei der bisherigen Behandlung von unsicheren Angaben, in den Kapiteln 9 und 10, untersuchten wir derartige Fragen, wie die Ursachen der Zweifelhaftigkeit einzelner Daten, in welcher Form die Schätzungen zu fundieren sind und wie Empfindlichkeitsunterschungen durchgeführt werden können usw. Dabei ergab sich, daß ein Teil der Angaben bei langfristigen Berechnungen notwendigerweise *unsicher* ist. Eben deshalb taucht logischerweise die Frage auf (und das ist der Gegenstand der Kapitel 11 bis 14):

Wie muß eine Entscheidung rationell gefällt werden, wenn ein Teil der Konsequenzen der Entscheidung unsicher ist?

Das ist das zentrale Problem der sogenannten *Entscheidungstheorie*. Mit dieser Frage haben sich in den letzten zwei Jahrzehnten Ökonomen und noch mehr Mathematiker und mathematische Statistiker befaßt. Auf diesem Gebiet ist das von dem weltberühmten Mathematiker ungarischer Herkunft *J. Neumann* und von *O. Morgenstern* verfaßte bahnbrechende Werk die wichtigste Veröffentlichung.[1]

Die Fragestellungen, die mathematischen Formulierungen der Entscheidungstheorie sind gedankenreich und anregend. Der Anwendung sind aber bei unseren Forschungen auf Grund ihres von den erwähnten Werken abweichenden Charakters Grenzen gesetzt. Die sich mit der Entscheidungstheorie befassenden Autoren suchen in der Regel auf Grund äußerst abstrakter Fragestellungen, indem sie sich nach äußerst allgemeinen Postulaten richten, Kriterien der rationalen Entscheidung zu finden. Das ist in gewissem Sinne das Verdienst ihrer Werke. Daher wird es möglich, daß einzelne ihrer Feststellungen (die sie u. a. mit Beispielen aus dem Kartenspiel oder der Vermögensversicherung illustrieren) zur Lösung von praktischen Problemen der sozialistischen Wirtschaft angewandt werden können. In ihren Werken können aber keine Rezepte für die Lösung der praktischen Aufgaben, die unter unseren Verhältnissen auftauchen, gefunden werden.

Es muß betont werden, daß die Thesen der Entscheidungstheorie und deren Methoden auch von den Vertretern dieser Wissenschaft stark umstritten werden.

[1] Siehe [134]. Auf dieses Buch folgten noch zahlreiche andere bedeutsame Arbeiten über diesen Themenkreis. Siehe z. B. die Bücher von *H. Chernoff* [20], *L. J. Savage* [153], *A. Wald* [176] und *J. Milnor* [127]. Über die Entwicklung der Entscheidungstheorie geben der Artikel [3] von *K. Arrow* sowie das Buch [106] von *R. D. Luce* und *H. Raiffa* eine umfassende Übersicht.

Sie können als ein vielversprechender, gedankenanregender Anfang und dürfen nicht als eine ausgereifte Theorie betrachtet werden.

Die in der Folge behandelten Modelle berühren die Problematik der Entscheidungstheorie. Die Probleme wurden auf die Untersuchung *einzelner Investitionsentscheidungen der sozialistischen Planwirtschaft* eingeengt. Es wurde hauptsächlich die praktische Seite der Frage untersucht, und die auf ersten Experimenten beruhenden Überlegungen erheben keine besonderen theoretischen Ansprüche.

Vor der Darstellung der praktischen Erfahrungen sind aber einige Seiten der *mathematischen Form der Schätzung* zu behandeln.

11.2. Die »von-bis«-Form der Schätzungen

Es ist im wirtschaftlichen Leben üblich, eine unsichere Angabe durch zwei Werte zu kennzeichnen: die *untere* und *obere Grenze*, die sicher oder zumindest mit sehr großer Wahrscheinlichkeit nicht überschritten werden. Die Angabe wird dann üblich in der Form »von-bis« ausgedrückt. Diese Form ist auch bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen zweckmäßig, die der Begründung von Perspektivplänen und strukturellen Entscheidungen dienen.

In der Schätzungsform »von-bis« wurden auch die technischen und Kostendaten sowie die Schätzung der Außenhandelspreise durch die bei der Untersuchung der Chemiefaserindustrie mitwirkenden chemieindustriellen Projektingenieure erarbeitet.

Die Bezeichnung für die in Frage stehende Angabe sei Z (sie kann den Preis, die Kosten usw. bezeichnen). Der genaue Wert ist nicht bekannt, nur daß er zwischen zwei Grenzen liegt:

$$Z_0 \leqq Z \leqq Z^0. \tag{11.1}$$

Der zwischen den beiden Grenzen liegende Mittelpunkt des Angabenbereichs, d. h. der arithmetische Mittelwert der Grenzen Z_0 und Z^0 wird mit $\bar{Z}$ bezeichnet:

$$\bar{Z} = \frac{Z_0 + Z^0}{2}. \tag{11.2}$$

Die Unsicherheit der Angabe wird durch die Differenz zwischen einer Grenze und dem Mittelwert dividiert durch den Mittelwert selbst charakterisiert. Dieser Quotient wird mit U bezeichnet:

$$U = \frac{Z^0 - \bar{Z}}{\bar{Z}} = \frac{\bar{Z} - Z_0}{\bar{Z}}. \tag{11.3}$$

Das ist der Unsicherheitsgrad der bei praktischen Anwendungen in Prozent ausgedrückt werden kann. (Wie noch später behandelt wird, genügt die

Angabe des Unsicherheitsgrades in der Regel nicht zur Kennzeichnung der Unsicherheit der Angabe. Vorläufig aber soll sie genügen.)

Es ist zweckmäßig, geschätzte Angaben in der Form »von-bis« anzugeben, *wenn unter Varianten gewählt wird, deren kennzeichnende Angaben sich nicht nur in ihrer zahlenmäßigen Größe, sondern auch in ihrem Unsicherheitsgrad unterscheiden.*

Im Laufe der Untersuchung der Chemiefaserproduktion mußte z. B. die Wahl zwischen der Weiterentwicklung der Produktion von Viskosefasern mit Zellulosegrundstoff und der Einführung der Produktion verschiedener synthetischer Fasern getroffen werden. Es gibt zumindest vier Grade der Unsicherheit für die verschiedenen Aktivitäten.

1. Die Herstellung von Viskosefasern erfolgt bereits seit Jahrzehnten, die technischen und Kostencharakteristiken der Produktion sind statistisch genauestens bekannt.

2. Seit ein-zwei Jahren wird die »Nylon-6«-Faser von einem kleineren Betrieb mit einigen hundert Tonnen Kapazität produziert. Unsere Kenntnisse sind weniger gründlich, als die Informationen über die Viskosefasern. Wir verfügen jedoch schon über gewisse Erfahrungen, auf Grund statistischer Beobachtungen.

3. Über einige synthetische Faserarten und über ihre Technologie besitzen wir zwar keine eigenen Herstellungserfahrungen, wir verfügen jedoch auf Grund der ausländischen Studienreisen, Auskünfte, Angaben der Fachliteratur, Belieferungsangebote usw. über weitausgedehnte Informationen. Diese sind zweifellos weniger zuverlässig als die unmittelbaren Erfahrungen, jedoch bieten sie gewisse Anhaltspunkte zur Berechnung.

4. Über die technischen und Kostenangaben der im Ausland erst vor kurzem erschienenen synthetischen Faserarten (z. B. Polypropylen) wissen wir nur wenig. Bei unseren Berechnungen können sie trotzdem nicht unbeachtet gelassen werden, da sie gemäß den zur Verfügung stehenden spärlichen Informationen über zahlreiche vorteilhafte Eigenschaften technischer und wirtschaftlicher Art verfügen.

Wie wir sehen, wird der Unsicherheitsgrad von der 1. Kategorie an bis zur 4. immer größer.

Es wird von den Projektingenieuren, Industrie- und Außenhandelsexperten nichts Unmögliches verlangt, wenn wir sie auffordern, ihre Schätzungen in der Form »von-bis« anzugeben. Es ist viel schwerer, wie es bei den traditionellen Wirtschaftlichkeitsberechnungen häufig gefordert wird, eine derartige Angabe durch eine einzige konstante Zahl zu bezeichnen, obwohl sie unsicher ist. *Die Form »von-bis« ist nicht gekünstelt, sondern in unserer Planungspraxis die natürliche Form der Schätzung.*

Es ist offensichtlich, daß die die Breite des Angabenbereichs bzw. den Unsicherheitsgrad bezeichnenden Zahlen nicht die ganz genauen Kennzeichen der Unsicherheit der Daten sein können. Es wird jedoch immer noch ein kleinerer Fehler begangen, wenn die Unsicherheit einer Angabe im voraus auf 20 Prozent geschätzt wird, und es sich später herausstellt, daß man sich um 2–3 Prozent geirrt hatte, als wenn man von vornherein *nur* mit den Mittelwerten gerechnet hätte, wie bei der

gegenwärtig üblichen Praxis bei den traditionellen Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Im allgemeinen kann festgestellt werden, daß auch im Falle einer nicht ganz genauen Bestimmung der zur Kennzeichnung des Unsicherheitsgrades angegebenen Kriterien die Realität eher angenähert wird, als wenn die Unsicherheit der geschätzten Angaben vollkommen außer acht gelassen worden wäre.

11.3. Die Rangordnungen in der Chemiefaserindustrie

Im folgenden stelle ich eine bei der Untersuchung der Chemiefaserindustrie vorgenommene Berechnung dar. Während dieser Berechnung erfolgte keine Optimierung, sondern die Aktivitäten wurden nur nach bestimmten Wirtschaftlichkeitskennziffern *nach der Rangordnung geordnet.*

Hierzu wurde zuerst der Umfang jeder produktiven Aktivität für eine vorausgesetzte Betriebsgröße festgelegt, die nach folgenden Gesichtspunkten bestimmt wurde:

– Für die miteinander unmittelbar konkurrierenden Varianten wurden möglichst gleiche Betriebsgrößen unterstellt.

– Die Betriebsgrößen waren vom Gesichtspunkt der Einschränkungen des Modells, die sich aus den technischen und Materialversorgungsbedingungen sowie aus den Kapazitätserfordernissen ergaben, zulässig.

– Wo es unter Berücksichtigung der obigen Gesichtspunkte möglich war, wurde die Betriebsgröße so bestimmt, daß der Betrieb über den Inlandsbedarf hinaus auch für den Export produzieren konnte.

Für die Faserproduktion erforderliche Zwischenprodukte, deren Produktion durch Aktivitäten des Modells dargestellt sind, wurden zu Importpreisen verrechnet, damit die bei den aufgewandten Zwischenprodukten entstehenden Gewinne nicht den Aktivitäten, die das Material *verbrauchen*, sondern denen, die den Werkstoff *herstellen*, zugerechnet werden.

Die für die Rangordnung angewandte Kennziffer ist ein spezieller kalkulatorischer Gewinnanteil:

$$\Gamma_j = 1 - \frac{C_j(x_{0j})}{s_j^{(i)} v_j + s_j^{(e)} (x_{0j} - v_j)} \,. \tag{11.4}$$

Hierbei bedeutet

x_{0j} die festgelegte Betriebsgröße der j-ten produktiven Aktivität

$C_j(x_{0j})$ die jährlichen Kosten in Ft bei Betriebsgröße x_{oj} [zu ihrer Bestimmung wurde die Kostenfunktion (7.6) des Modells der Chemiefaserindustrie verwandt]

$s_j^{(i)}$ den Importeinheitspreis des Produktes, auf Ft umgerechnet

$s_j^{(e)}$ den Exporteinheitspreis des Produktes, auf Ft umgerechnet

v_j den Inlandsbedarf an dem Produkt. (Dieser ist auf der linken Seite der entsprechenden Einschränkungen des Modells aufgeführt.)

Im Nenner der Formel (11.4) ist folglich die zur Deckung des Inlandsbedarfes notwendige (den Import ersetzende) Produktenmenge zu Importpreisen und der darüber hinaus für den Export vorgesehene Teil zu Exportpreisen ausgewiesen.

Es wurde insgesamt für 19 Varianten die Einstufung der Rangordnung nach vorgenommen.

Der Gewinnanteil wurde auf dreierlei Art bestimmt.

1. Bei der Bestimmung von C_j, $s_j^{(i)}$ und $s_j^{(e)}$ wurde mit dem Mittelwert der in der Form »von-bis« gegebenen Angaben gerechnet.

2. Es wurde mit dem pessimistischen Wert der in der Form »von-bis« bestimmten Angaben gerechnet. Das bedeutet, daß bei den Angaben für die Kosten und den Aufwand die obere Grenze und bei den Angaben, die die Einnahmen ausdrücken (das heißt bei der nach den Nebenprodukten berechneten Einnahme im Zähler sowie bei der Importersparnis und bei der Exporteinnahme im Nenner), die untere Grenze zugrunde gelegt wurde. Der pessimistische Gewinnanteil drückt aus, wie groß der Gewinnanteil sein wird, wenn sich alles so ungünstig wie möglich gestaltet.

3. Es wurde mit dem optimistischen Wert der »von-bis«-Daten gerechnet. (Das ist sinngemäß der Gegensatz zur Darstellung zum Punkt 2.)

So gelangten wir schließlich zu drei Rangordnungen, die auf den Tabellen 11.1, 11.2 und 11.3 dargestellt sind.

TABELLE 11.1

Rangordnung der Chemiefasern nach dem Mittelwert

Rangordnung	Produktive Aktivität	Kalkulatorischer Gewinnanteil in Prozent
1	Polypropylenseide	44,4
2	Zellophan im neuen Betrieb	31,8
3	Nylon-6-Seide, Technologie B	30,6
4	Phenol	29,0
5	Akrylnitril-Kopolymer-Faser	28,6
6	Aethylenglykol	27,1
7	Viskoseseide	25,0
8	Nylon-6-Seide, Technologie A	24,9
9	Polypropylen	21,9
10	Orlonfaser	13,3
11	Terylen	11,9
12	Kaprolaktam auf Benzolgrundlage	7,3
13	Dimethylterephthalat	5,1
14	Polypropylenfaser	4,8
15	Zellophan im alten Betrieb	− 3,7
16	Akrylnitril	−15,8
17	Viskosefaser im neuen Betrieb	−17,2
18	Kaprolaktam auf Phenolgrundlage	−27,4
19	Viskosefaser im alten Betrieb	−43,1

11.4. Die erste Auswahl

Welche Anhaltspunkte können aus diesen drei Rangordnungen gewonnen werden? Vor allem ergeben sich einige ganz naheliegende Folgerungen.

1. Einzelne Varianten sind auch im optimistischen Fall mit Verlust verbunden. (Siehe die zwei letzten Zeilen der Tabelle 11.3.) Das ist ein schwerwiegendes Argument für ihre entschiedene Ablehnung.

2. Einzelne Varianten sind auch im pessimistischen Fall besser als andere im optimistischen Fall. Auf Grund dessen können die in den ersten 6 Zeilen der Tabelle 11.2 dargestellten Varianten gegenüber den in den letzten vier Zeilen der Tabelle 11.3 angeführten Produkten bevorzugt werden. Erstere *dominieren* in diesem Zusammenhang über letztere.

3. Es lohnt sich, gesondert zu untersuchen, ob unter den miteinander unmittelbar konkurrierenden Varianten kein Dominanzverhältnis besteht. Es kann festgestellt werden, daß die Herstellung des Zellophans mit neuer Einrichtung in sämtlichen Einstufungen allen Viskose-Varianten überlegen ist, die gemäß dem Einschränkungssystem des Modells die gleiche beschränkte alte Halbstoff-Kapazität beanspruchen. Analog erscheint die Nylon-6-Seide-Produktion mit der Technologie B in sämtlichen Einstufungen früher als die mit der Technologie A. Hierdurch fallen 2 von den entsprechend dem obigen zweiten Punkt günstig bewerteten 6 Varianten weg.

TABELLE 11.2

Rangordnung der Chemiefasern nach dem »pessimistischen« Wert

Rangordnung	Produktive Aktivität	Kalkulatorischer Gewinnanteil in Prozent
1	Zellophan im neuen Betrieb	23,7
2	Polypropylen-Seide	21,3
3	Viskoseseide	14,7
4	Nylon-6-Seide, Technologie B	13,4
5	Aethylenglykol	12,7
6	Nylon-6-Seide, Technologie A	12,3
7	Zellophan im alten Betrieb	− 9,1
8	Phenol	− 9,6
9	Polypropylen	−28,6
10	Akrylnitril-Kopolymer-Faser	−29,2
11	Viskosefaser im neuen Betrieb	−31,5
12	Dimethylterephthalat	−36,6
13	Kaprolaktam auf Benzolgrundlage	−39,9
14	Akrylnitril	−42,8
15	Orlonfaser	−45,4
16	Terylen	−46,7
17	Viskosefaser im alten Betrieb	−51,4
18	Polypropylenfaser	−56,6
19	Kaprolaktam auf Phenolgrundlage	−87,2

Es ist zu erkennen, daß die »pessimistische« und »optimistische« Rangordnung bereits einige wertvolle Anhaltspunkte zur Entscheidung liefert. Sie fördert die Ablehnung einzelner entschieden schlechter oder von anderen Varianten dominierter Varianten. Nach dieser Auswahl ist das Entscheidungsproblem zwar nicht gelöst, doch zumindest eingeengt.

11.5. Die Sicherheitsrangordnung der Varianten

Vorläufig soll keine Stellungnahme erfolgen, ob wir uns die optimistische, die gemäß dem Mittelwert festgelegte oder die pessimistische Rangordnung zu eigen machen. Statt dessen untersuchen wir eine Verallgemeinerung dieser Frage. Wir bestimmen den Gewinnanteil (11.4) als Funktion des Sicherheitsniveaus ϑ folgendermaßen:

$$\Gamma_j(\vartheta) = 1 - \frac{\overline{C}_j(x_{0j}) + [C_j^0(x_{0j}) - C_{0j}(x_{0j})](\vartheta - 0{,}5)}{\overline{s}_j^{(i)} v_j + \overline{s}_j^{(e)}(x_{0j} - v_j) - [(s_j^{0(i)} - s_{0j}^{(i)}) v_j + (s_j^{0(e)} - s_0^{(e)})(x_{0j} - v_j)](\vartheta - 0{,}5)}$$

$$0 \leqq \vartheta \leqq 1, \quad (11.5)$$

wobei

$\overline{C}_j, \overline{s}_j^{(i)}$ und $\overline{s}_j^{(e)}$ die Mittelwerte

$C_{0j}, s_{0j}^{(i)}$ und $s_{0j}^{(e)}$ die unteren Grenzen und

$C_j^0, s^{0(i)}_i$ und $s_i^{0(e)}$ die oberen Grenzen der Kosten bzw. der Import- und Exportpreise sind.

TABELLE 11.3

Rangordnung der Chemiefasern nach dem »optimistischen« Wert

Rangordnung	Produktive Aktivität	Kalkulatorischer Gewinnanteil in Prozent
1	Polypropylenseide	64,0
2	Akrylnitril-Kopolymer-Faser	56,5
3	Phenol	53,9
4	Polypropylenfaser	47,1
5	Polypropylen	46,4
6	Terylen	46,4
7	Nylon-6-Seide, Technologie B	45,4
8	Orlonfaser	42,1
9	Aethylenglykol	39,4
10	Zellophan im neuen Betrieb	39,3
11	Kaprolaktam auf Benzolgrundlage	38,6
12	Nylon-6-Seide, Technologie A	35,8
13	Dimethylterephthalat	35,2
14	Viskoseseide	34,6
15	Kaprolaktam auf Phenolgrundlage	12,3
16	Akrylnitril	7,3
17	Zellophan im alten Betrieb	1,6
18	Viskosefaser im neuen Betrieb	− 3,5
19	Viskosefaser im alten Betrieb	−35,2

Wenn $\vartheta > 0{,}5$ ist, so wird der Gewinnanteil gemäß dem Mittelwert *vermindert*. Der Unterschied spielt unter diesen Umständen gewissermaßen die Rolle einer gewissen Unsicherheitsbuße. Wenn $\vartheta < 0{,}5$ ist, so wird der Gewinnanteil gemäß dem Mittelwert sinngemäß durch eine Unsicherheitsprämie *vergrößert*. Wenn aber $\vartheta = 0{,}5$ ist, so wird der Gewinnanteil gemäß dem Mittelwert weder vergrößert noch vermindert.

Wird das Sicherheitsniveau ϑ als Veränderliche, als Parameter, betrachtet, und lassen wir es den Bereich von 0 bis 1 durchlaufen, so wird die nach dem kalkulatorischen Gewinnanteil vorgenommene Einstufung der 19 Produkte eine Funktion des Parameters ϑ sein. Unser Verfahren, das als Sicherheitsrangordnung der Varianten bezeichnet wird, ist auf Abbildung 11.1 dargestellt.

Auf der Abbildung sind die kalkulatorischen Gewinnanteile auf der Ordinatenachse und das Sicherheitsniveau auf der Abszissenachse aufgetragen worden. Der Gewinnanteil jeder Variante wird mit je einer Kurve dargestellt.[1] Links sind die einzelnen Varianten nach der optimistischen Rangordnung, in der Mitte nach dem Mittelwert und rechts nach der pessimistischen Rangordnung übereinander angeordnet.

Betrachten wir zunächst nur die praktische Seite des Problems. Welche Anhaltspunkte kann die auf Abbildung 11.1 dargestellte Sicherheitsrangordnung der Wirtschaftsleitung bieten, noch bevor ein endgültiger Standpunkt zur Frage des wünschenswerten, zweckmäßigen Sicherheitsniveaus bezogen wurde?

Die Abbildung führt auf den naheliegenden Gedanken, daß es sich nicht lohnt, solche Varianten zu wählen, deren Kurve bei keinem Sicherheitsniveau verhältnismäßig *oben*, im oberen Teil der Abbildung, liegt. Wenn es sich real erweisen würde, den vollen Investitionsfonds für eine einzige Variante aufzuwenden, so kämen nur zwei Varianten in Betracht: die Produktion von Polypropylenseide (für $0 \leqq \vartheta \leqq 0{,}94$) und die Produktion des Zellophans im neuen Betrieb (für $0{,}94 \leqq \vartheta \leqq 1$). Da es praktisch infolge verschiedener Gründe nicht real ist, sämtliche Investitionen auf eine einzige Variante zu konzentrieren, kann der Kreis der in Frage kommenden Varianten auf diejenigen erweitert werden, die sich bei irgendeinem Sicherheitsniveau unter den besten 2 bis 3 befinden.

Wie zu ersehen ist, wird hier eine erneute Selektion durchgeführt. So kann wiederholt das Wahlproblem eingeengt werden.

Letzten Endes haben obige Rangordnungen und Auswahlverfahren den Vorteil von vier Varianten bei der Chemiefaserindustrie ergeben. Diese sind: die Produktion der Nylon-6-Seide mit der Technologie »B«, die Produktion der Polypropylenseide, des Aethylenglykols und die Produktion des Zellophans im neuen Betrieb. Diese sind sowohl nach der Rangordnung gemäß dem Mittelwert als auch entsprechend dem pessimistischen Wert unter den ersten sechs. Ferner ist der optimistische Gewinnanteil bei keiner Variante kleiner als 39 Prozent. Die vier Varianten können also auch bei Berücksichtigung von Unsicherheiten empfohlen werden.

[1] Um die Abbildung nicht zu überladen, wurde nur ein Teil der Kurven dargestellt.

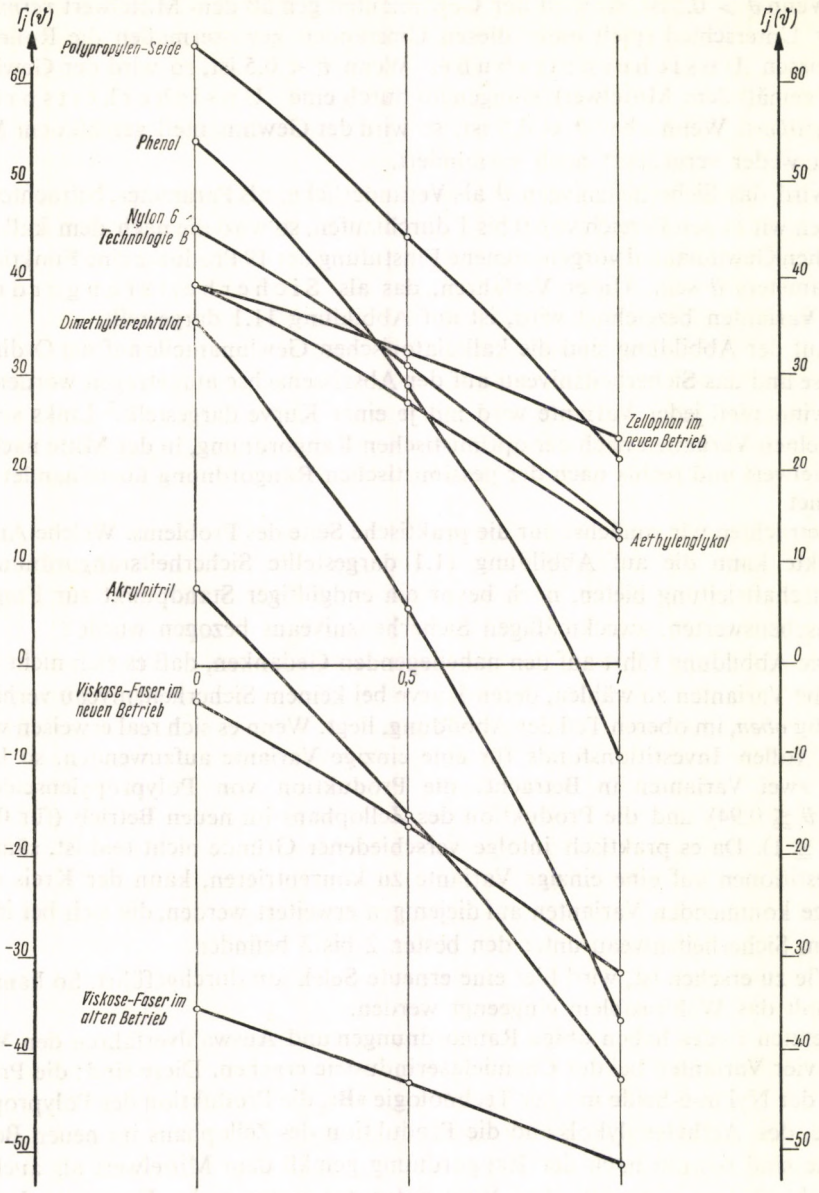

$\Gamma_j(\vartheta)$
$\Gamma_j(\vartheta)$
Polypropylen-Seide
Phenol
Nylon 6 -
Technologie B
Dimethylterephtalat
Akrylnitril
Viskose-Faser im neuen Betrieb
Viskose-Faser im alten Betrieb
Zellophan im neuen Betrieb
Aethylenglykol
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
0
0,5
1

Abb. 11.1

11.6. Die Mängel des Verfahrens

Die in den Abschnitten 11.4 und 11.5 dargestellten Schlußfolgerungen in unseren praktischen Beispielen haben den Zweck, die »ziemlich guten« von den »bestimmt schlechten« Varianten zu trennen bzw. von denen, wofür es noch »bestimmt bessere« gibt. Das erwies sich als nützlich doch nicht als befriedigend. Auf Grund der in den Abschnitten 11.3 bis 11.5 beschriebenen Methoden kann der Wirtschaftsleitung aus mehreren Gründen keine befriedigende eindeutige Empfehlung gegeben werden.

Erstens, da nur eine Einstufung nach Rangordnung vorgenommen wurde, obwohl, was aus Kapitel 8 hervorgeht, zur fundierten Auswahl eine Optimierung erfolgen müßte.

Zweitens, weil die allgemeinen Entscheidungskriterien bei unsicherer Konsequenz noch nicht geklärt wurden.[1] Die Fragen nach dem eigentlichen ökonomischen Inhalt der »Unsicherheitsbuße« und des »Sicherheitsniveaus« wurden noch nicht beantwortet. Welches Sicherheitsniveau soll zweckmäßigerweise gefordert werden? Dieses Kapitel soll hauptsächlich mit der besonders einfachen Technik der Einstufung nach der Rangordnung vertraut machen, während in den weiteren Abschnitten die tieferen Fragen der Entscheidungskriterien behandelt werden.

Selbst die Form »von-bis« kann aus folgenden Gründen, nicht ganz befriedigen.

1. Wenn den Fachleuten, die die Schätzungen vornehmen, die Frage gestellt wird, ob mit 100%iger Sicherheit behauptet werden könne, daß die geschätzte Angabe die Grenzen der Form »von-bis« wirklich nicht überschreiten wird, so geben sie in der Regel keine bejahende Antwort. Sie behaupten lediglich, die Möglichkeit einer Überschreitung der Grenzen sei nur ganz gering, jedoch nicht ausgeschlossen.

2. Es ist äußerst unwahrscheinlich, daß solche unglücklichen Umstände eintreten, durch die *sämtliche* Faktoren, die den Gewinn beeinflussen, sich so negativ gestalten, daß der »pessimistische« Grenzwert des kalkulatorischen Gewinnanteils erreicht wird. Es ist möglich, daß ein Teil der den Gewinn beeinflussenden Rohstoffe zu teuer sein wird, doch das wird eventuell durch eine günstigere anstelle der durchschnittlichen Gestaltung bei anderen Preisen, bei anderen Kosten zum

[1] Der in der Entscheidungstheorie bewanderte Leser wird erkennen, daß die Sicherheitsrangordnung der Varianten vor allem die spezielle Anwendung des sogenannten *Hurwicz-Kriteriums* bedeutet (siehe *L. Hurwicz* [58]).

Wenn $\vartheta = 1$ so wurde das *Maximin-Kriterium* angewandt. In diesem speziellen Fall stimmt es mit der Anwendung des *Maximin-Regret*-Kriteriums überein. (Es ist bekannt, daß in anderen Fällen diese beiden Kriterien zu abweichenden Entscheidungen führen.)

Wenn $\vartheta = 0{,}5$, so wurde das *Laplace-Kriterium* angenommen.

Wenn $\vartheta = 0$, so wird die Wahl gemäß dem *Maximax-Kriterium* getroffen.

Über die Entscheidungskriterien bietet das Buch von *W. S. Baumol* [9] (Seite 371–375) eine populäre Übersicht. Eine detailliertere Analyse über die einzelnen Entscheidungskriterien, sowie über die ihnen zugrundeliegenden Postulate bietet das Buch [127] von *J. Milnor* bzw. das Buch [106] von *R. D. Luce, H. Raiffa.*

Teil oder ganz ausgeglichen. Es ist möglich, daß der Investitionsbedarf höher als der Mittelwert, dagegen der Bedarf an Arbeitskräften geringer sein wird usw. Die Abweichungen vom Mittelwert in beiden Richtungen gleichen sich mehr oder weniger aus. Deshalb besteht eine größere Aussicht, daß sich der durch viele Faktoren beeinflußte Gewinnanteil dem Mittelwert nähert, als daß er der pessimistischen oder der optimistischen Grenze nahekommt.

3. In den oben behandelten Rangordnungen wurden die verschiedenen Varianten unabhängig voneinander analysiert, obwohl sie vielseitig miteinander zusammenhängen, nicht zuletzt vom Gesichtspunkt der Bewegungen innerhalb des »von-bis«-Bereiches aus. Wenn z. B. der Preis von Kaprolaktam auf dem Weltmarkt höher als der geschätzte Mittelwert wird, so ergibt sich daraus eine Rückwirkung auf 8 Varianten unseres Modells, so auf die Produktion der Nylon-6-Faser (inklusive technologischer Varianten) bzw. auf deren Import und Export sowie auf die Produktion des Kaprolaktams bzw. auf dessen Import und Export. Es wäre nicht real, bei der Bestimmung des Gewinnanteils der Nylon-6-Faser-Produktion so zu rechnen, daß dem Preis des Kaprolaktams die oberste Grenze, dagegen dem Preis der Nylon-6-Faser die untere Grenze zugrunde gelegt wird. (Das geschah jedoch bei der Berechnung des pessimistischen Gewinnanteils.)

Zur Beseitigung dieser Mängel werden die Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung angewendet. Das führt uns zum Thema des nächstfolgenden Abschnittes.

12. Sicherheitsoptimierung

Mitverfasser: TAMÁS LIPTÁK

12.1. Übersicht

In den jetzt folgenden drei Abschnitten werden die in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen verwendeten unsicheren Angaben oder ein Teil derselben als *Zufallsvariablen* aufgefaßt und zur Sicherung der Entscheidungen Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung angewandt.

Die Untersuchung wurde folgendermaßen durchgeführt:

Im Abschnitt 12.2 wird die Berechtigung der Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung begründet. Im Abschnitt 12.3 werden die Methoden behandelt, mit denen die unsicheren Angaben in Zufallsvariablen transformiert werden. Die als »Sicherheitsoptimierung« bezeichnete spezielle parametrische Optimierung wird im Abschnitt 12.4 beschrieben und im Abschnitt 12.5 vom ökonomischen Gesichtspunkt erläutert.

Kapitel 13 befaßt sich mit den Problemen der Sicherheit und des Risikos.

Nach der theoretischen Behandlung der Berechnungsprinzipien und -methoden in den Kapiteln 12 und 13 folgt deren praktische Anwendung an Hand von Beispielen aus der Untersuchung in der Chemiefaserindustrie im Kapitel 14.

12.2. Die Berechtigung der Anwendung von Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung

Die Wahrscheinlichkeitsrechnung entwickelte sich historisch als mathematische Theorie zur Beschreibung von zufälligen Massenerscheinungen und zur Erforschung ihrer Gesetzmäßigkeiten. Ist die Anwendung von Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung für Wirtschaftlichkeitsberechnungen auf Grund unsicherer Angaben berechtigt? Mit welchem Recht können z. B. die Investitionskosten einer neuen ungarischen Polypropylenseidenfabrik als Zufallsvariable behandelt werden, wenn bisher keine Möglichkeit bestand, die Investitionskosten ähnlicher Fabriken statistisch zu beobachten, da jetzt die erste gebaut wird?

Zunächst kann man folgendermaßen argumentieren: Das ist unberechtigt, da jede einzelne wirtschaftliche Entscheidung ein einmaliges, unvergleichbares, nichtwiederkehrendes Ereignis ist.[1] Unserer Meinung nach ist jedoch die Anwendung

[1] In der Literatur vertritt *G. L. S. Shackle* [155] diesen Standpunkt in der schärfsten Form. Die Argumentation *Shackles* wurde von vielen Verfassern bestritten. (Z. B. von *G. Merk* [126] und *R. S. Weckstein* [177].) Wir stimmen mit letzteren überein, und wir

von Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung auch in den auf unsicheren Angaben beruhenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen berechtigt.

Vor allem ist zu betonen, daß – wie später ersichtlich – nur einzelne Elementarbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Wahrscheinlichkeit, Erwartungswert, Streuung, Korrelation) angewendet werden. Diese Begriffe dienen in der üblichen Theorie der Wahrscheinlichkeitsrechnung zur »groben« Beschreibung, Messung und Mittelwertbildung gewisser tiefer liegender Eigenschaften stochastischen Charakters. Sie spielen im Falle der Entscheidung bei Unsicherheit eine ähnlich deskriptive Rolle; deshalb wird eigentlich nur mangels eines besseren Ausdrucks von der Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung gesprochen.

So wird z. B. später vom »Erwartungswert« und von der »Streuung« der Zufallsvariablen gesprochen, die durch geschätzte Kostenangaben in »von-bis«-Form repräsentiert werden. Bei zufälligen Massenerscheinungen besitzen beide Werte eine experimentell kontrollierbare Bedeutung. Das Mittel der beobachteten Werte strebt z. B. bei unabhängiger Wiederholung der entsprechenden zufälligen Erscheinung nach dem Gesetz der großen Zahlen gegen den Erwartungswert, und eine ähnliche Gesetzmäßigkeit gilt auch bei der Streuung. Die formaldeskriptive Rolle der beiden Begriffe ist folgende: Der Erwartungswert ist ein mit den Wahrscheinlichkeiten gewogenes arithmetisches Mittel der möglichen Werte, die Streuung hingegen ein (gleichfalls mit den Wahrscheinlichkeiten) gewogenes quadratisches Mittel der möglichen Abweichung vom Erwartungswert.

Unseres Erachtens lassen sich bei der wirtschaftlichen Entscheidung bei Unsicherheit die Begriffe »Erwartungswert« und »Streuung« im obigen zweiten »Mittelwertbildungs«-Sinne anwenden. Der Erwartungswert »peilt« sozusagen die unsichere Angabe »an«, die Streuung hingegen »mißt« den in der Unsicherheit zum Ausdruck kommenden Informationsmangel.

Es handelt sich aber nicht nur um die deskriptive Rolle. Es wäre falsch, den Gegensatz zwischen den von uns untersuchten Erscheinungen und dem klassischen Typ der sogenannten »zufälligen Massenerscheinungen« überzubetonen und ihn als absolut zu betrachten. Um bei dem erwähnten Beispiel der neuen ungarischen Polypropylen-Seidenfabrik zu bleiben, ist die Errichtung einer derartigen Fabrik als Ganzes ein einmaliges, sich nichtwiederholendes Ereignis. Zugleich handelt es sich aber dabei eigentlich um eine Gesamtheit zahlreicher Momente und Teilereignisse, und diese Teilereignisse sind schon nicht mehr einmalig, sondern Einzelglieder einer größeren, aus ähnlichen Ereignissen sich zusammensetzenden Mannigfaltigkeit. Beispielsweise gibt es bei der Errichtung der erwähnten Polypropylen-Seidenfabrik Aktivitäten, die ähnlich sind wie Aktivitäten 1. beim Bau einiger bisher errichteter ausländischer Polypropylen-Seidenfabriken, 2. beim Bau aller

---

haben auch ihre Argumentationen z. T. benutzt, obwohl unser Gedankengang in einigen Gesichtspunkten von ihr abweicht. Wir betrachten die Übersicht über diese Diskussion nicht als unsere Aufgabe, sondern wir wollen nur unseren eigenen positiven Standpunkt darlegen.

Über die Diskussion gibt der bereits erwähnte Artikel [3] von *K. J. Arrow* einen Überblick.

ungarischer Anlagen der Chemiefaserindustrie, 3. bei der Errichtung aller Fabriken der ungarischen Chemieindustrie, 4. bei der Errichtung aller ungarischen Fabriken usw. Daraus ist zu erkennen, daß die betrachtete Ereignismenge von 1 bis 4 immer umfangreicher, die Verwandtschaft, die Analogie zwischen dem von uns näher untersuchten Ereignis (neue ungarische Polypropylen-Seidenfabrik) und die jeweilige Ereignismenge jedoch immer loser wird. Wenn das von uns untersuchte Einzelereignis den Schätzungen der Experten unterworfen wird, dann werden von ihnen eigentlich die aus der Menge der analogen Ereignisse sich ergebenden Informationen verwendet, und aus ihnen werden Folgerungen für die Einzelereignisse gezogen.

Die Möglichkeit, aus einer Menge analoger Ereignisse zu schlußfolgern, besteht eigentlich bei den Schätzungen von Kennziffern wirtschaftlicher Ereignisse beliebiger Art. Unter den Verhältnissen der sozialistischen Planwirtschaft ist aber die Möglichkeit für die Anwendung indirekter Informationen besonders groß. Es werden die Entscheidungen nicht von voneinander unabhängigen Unternehmern getroffen, sondern als Folge der zentralen Leitung von Institutionen, denen laufend regelmäßig zahlreiche Investitionsvoranschläge unterbreitet werden. Es handelt sich dabei nicht nur um das Landesplanungsamt, das bei jeder wichtigeren Investitionsentscheidung maßgeblich mitwirkt, sondern auf unterer Ebene erhalten auch die Investitionsabteilungen, Investitionsreferenten in den Ministerien, in den mittleren Organen, die einzelne Industriezweige leiten, über viele Investitionen ständig einen Überblick. Unter diesen Umständen, wo so viele direkte und indirekte Informationen zur Verfügung stehen, wäre es unbegründet, die Investitionsentscheidung nur als ein einmaliges, nichtwiederkehrendes Ereignis aufzufassen.

Aus diesen Gründen kann der hier untersuchte Ereignistyp weder als »einmaliges Ereignis« noch als »Massenerscheinung«, sondern er muß eher als eine Kombination von beiden charakterisiert werden. Die Begriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung wie der Erwartungswert, die Streuung usw. sind deshalb zur Beschreibung und zur Charakterisierung von Ereignissen derartigen Typs geeignet. Die auf das untersuchte wirtschaftliche Ereignis bezogene Schätzung ist umso sicherer, 1. je mehr analoge Ereignisse vorliegen, 2. je eindeutiger gefolgert werden kann und 3. je größer die Analogien der Ereignisse untereinander sind. So wird z. B. die Schätzung der Investitionskosten der neuen Polypropylen-Seidenfabrik umso sicherer, 1. je mehr Angaben über Polypropylen-Seidenfabriken bekannt sind, 2. je weniger die Angaben streuen. 3. Die Schätzung wird umso besser sein, je mehr von den Angaben der Polypropylen-Seidenfabriken ausgegangen wird, als wenn auf indirekte Weise, z. B. aus den Angaben über Nylon-6-Seidenfabriken, Schlußfolgerungen gezogen werden müßten. (Es ist selbstverständlich, daß in der Praxis die Schätzungen in der Regel auf Grund der aus den direkten und indirekten Informationen gewonnenen Folgerungen kombiniert werden.)

Die Streuung (Standardabweichung) ist eine Kennziffer, mit der der Grad des Mangels an vollkommenen, zur absolut sicheren Schätzung hinreichenden Informationen gemessen wird. Die geschätzte Angabe wird durch eine umso kleinere

Streuung gekennzeichnet, je besser es gelungen ist, sie empirisch zu sichern, je zahlreicher, eindeutiger und unmittelbarer die zur Verfügung stehenden Informationen sind.

Der Zusammenhang soll durch ein anschauliches Beispiel illustriert werden. Bekannt sind die kybernetischen Experimente, bei denen elektronischen Maschinen das Spielen gewisser Spiele beigebracht wird. Solange die Maschine nur die allgemeinen Regeln des Spieles kennt, verliert sie sehr viele Partien. Wenn aber die Maschine so programmiert wird, daß sie »lernt«, d. h. in ihrem Speicher die einzelnen Lehren der bereits gespielten Partien gespeichert hat, damit sie sich deren Analogien in den folgenden Partien nutzbar machen kann, wird ihr Spiel mit jedem Male erfolgreicher sein. Hier besteht ein unmittelbarer und auch sogar zahlenmäßig meßbarer, experimentell beobachtbarer, durch entsprechende Kennziffern charakterisierbarer Zusammenhang einerseits zwischen Menge und Güte der in das Speicherwerk aufgenommenen »Erfahrungen«, der aus analogen Fällen gezogenen Folgerungen und der Sicherheit des Spieles andererseits. Ebenso hängt die Sicherheit der Schätzung auch bei unseren Fachleuten, die Schätzungen vornehmen, von den im eigenen Gedächtnis »gespeicherten« Informationen ab (und zwar von der Quantität und Qualität der sich auf den Gegenstand der Schätzung beziehenden unmittelbaren Informationen und der sich auf analoge Erscheinungen beziehenden Informationen, die für die indirekte Folgerung eine Grundlage bieten). Als Ausdruck dieses Zusammenhangs ist die Streuung ein gut anzuwendendes Maß.

Die Streuung mißt also nicht den Grad irgendeines subjektiven Empfindens (z. B. das Ausmaß der Überraschung bei einem eintreffenden Ereignis usw.). Sie widerspiegelt einen objektiven Zusammenhang (die Quantität und die Qualität der zur Verfügung stehenden Informationen), doch erfolgt die Widerspiegelung des Zusammenhangs mangels entsprechender Meßanlagen nur auf Grund von groben, ungenauen, individuellen oder kollektiven Schätzungen.

Wir sind uns im klaren darüber, wie kompliziert das aufgeworfene Problem ist, ob es richtig ist, die Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung anzuwenden. Es hat gleichermaßen erkenntnistheoretische, mathematische, soziologische und ökonomische Aspekte. Das Problem muß weiterhin erforscht werden.[1] Auch hier zeigt sich der charakteristische Verlauf der Wissenschaftsentwicklung, daß zuerst der Anspruch der Praxis auftritt und erst dann von der Wissenschaft die beste Art der Befriedigung dieses Anspruches untersucht wird. In der Praxis ist die Unsicherheit eines Teiles der Ausgangsdaten für die wirtschaftliche Entscheidung unvermeidlich. Deshalb muß die beste mathematische Form zur Behandlung der

[1] Eine völlig einwandfreie Anwendung von Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung würde vielleicht ermöglicht werden, wenn sich die Theorien der Wahrscheinlichkeitsrechnung der zufälligen Massenerscheinungen und die Theorie der Entscheidungen bei Unsicherheiten in einer gemeinsamen mathematischen Theorie vereinigen ließen. Obwohl dieses schon versucht wurde, konnte das Problem bisher nicht befriedigend gelöst werden.

unsicheren Daten gefunden werden. Gegenwärtig sehen wir für diesen Zweck kein geeigneteres Mittel als die Anwendung von Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung.[1]

12.3. Unsicherheit und Wahrscheinlichkeit

In vielen Fällen – z. B. auch bei der Untersuchung der Chemiefaserindustrie – haben die Experten Schätzungen in der Form »von-bis« angegeben. Sie gingen dabei von folgenden Voraussetzungen aus:

1. Die Überschreitung des Bereiches »von-bis« ist vorstellbar, obwohl die Wahrscheinlichkeit dafür sehr gering ist.

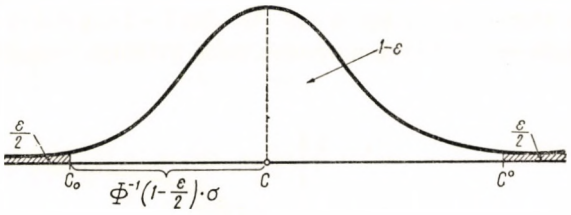


Abb. 12.1

2. Das Eintreffen des Mittelwertes oder eines ihm benachbarten Wertes ist wahrscheinlicher als das Eintreffen der »von-bis« Grenzen oder der ihnen benachbarten Werte.

3. Die Schätzungen wurden objektiv vorgenommen. Niemand war daran interessiert, die Schätzungen zu verzerren. Daher kann angenommen werden, daß die Abweichung vom Mittelwert in beiden Richtungen mit gleicher Wahrscheinlichkeit eintrifft.

Wenn man einen derartigen Typ der unsicheren Angaben durch eine zufällige Variable repräsentieren will, so ist es auf Grund der obigen drei Eigenschaften angebracht, eine derartige Wahrscheinlichkeitsverteilung zu wählen, deren Erwartungswert mit dem Halbierungspunkt des »von-bis«-Bereiches zusammenfällt, deren Verteilung um diesen Punkt herum symmetrisch und »glatt« ist und für die der außerhalb des »von-bis«-Bereiches liegende Wahrscheinlichkeitswert verschwindend klein ist, sagen wir gleich einem bestimmten kleinen positiven Wert (z. B. $\varepsilon = 0{,}02$). Da dem speziellen Typ der Verteilung bis auf diese Anforderungen keine besondere Bedeutung zukommt, kann angenommen werden, daß die Veränderliche unter Einhaltung dieser Bedingungen normal verteilt ist: Die Grenzen »von-bis« C_0 und C^0 sowie der Wert von ε geben eindeutig den die entspre-

[1] Wie der Leser feststellen konnte, haben wir das nicht als den *einzigen* beschreitbaren Weg betrachtet.

chend normale Verteilung charakterisierenden Erwartungswert C und die Streuung σ an (Abbildung 12.1):

$$C = \frac{C_0 + C^0}{2}, \qquad \sigma = \frac{C^0 - C_0}{2\Phi^{-1}\left(1 - \frac{\varepsilon}{2}\right)}, \tag{12.1}$$

wobei Φ^{-1} die inverse Funktion der durch

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{u^2}{2}} du \tag{12.2}$$

definierten normalen Verteilungsfunktion ist (Abbildung 12.2 und 12.3). Schätzungen des Typs »von-bis« mit den in den Punkten 1 – 3 angeführten Eigenschaften können also mittels von (12.1) in normalverteilte zufällige Variable transformiert werden.

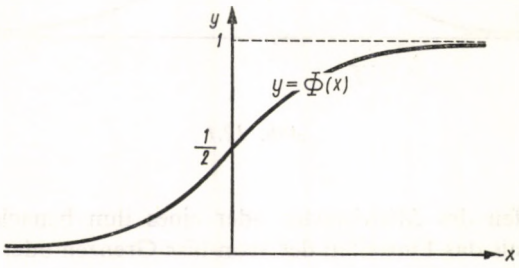


Abb. 12.2

Auf ähnliche Weise kann auch eine Gesamtheit, die aus mehreren, miteinander in mehr oder weniger enger Beziehung stehenden, geschätzten Angaben besteht, in eine gemeinsame mehrdimensionale Normalverteilung transformiert werden. Hierzu sind lediglich weitere Voraussetzungen erforderlich, durch die gesichert wird, daß einzelne Gruppen von Angaben von anderen Gruppen unabhängig sind bzw. einzelne Angaben entweder voneinander unabhängig sind oder in einer durch einen gegebenen positiven bzw. negativen Korrelationskoeffizienten beschriebenen Beziehung stehen. Bekanntlich bestimmen diese Voraussetzungen gemeinsam mit den Erwartungswerten und den Werten der Streuung eindeutig die Parameter der entsprechenden mehrdimensionalen Normalverteilung.[1] Gerade diese Eigenschaft, die »Regularität« ihrer Verteilung und ihre eindeutige Bestimmung durch Erwartungswerte, Streuungen und Korrelationskoeffizienten, machen die Normalverteilung für das vorliegende Problem besonders geeignet.

Bei der Untersuchung der Chemiefaserindustrie, wo wir die Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung zum ersten Mal angewandt haben, wurden die

[1] Siehe z. B. das Buch [23] von *H. Cramér* (Seite 310–317).

unsicheren Angaben durch zufällige Veränderliche mit Normalverteilung repräsentiert. Das ist aber nicht die einzig mögliche Lösung; in anderen Fällen kann auch die Anwendung anderer Verteilungen zweckmäßiger sein.

So hatte z. B. die Anwendung der Normalverteilung unter anderem zur Voraussetzung, daß die Schätzung objektiv ist. Tatsache aber ist, daß man nicht annehmen darf, daß die Schätzenden unvoreingenommen sind. Im Abschnitt 9.2 des Buches wurden ausführlich die oft tendenziösen Verzerrungen der in den Genehmigungsdokumenten enthaltenen Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen beschrieben, in denen, um die Genehmigung leichter zu erhalten, mit zu niedrigen Investitionskosten gerechnet wird. Es wurde festgestellt, daß sich die Erfüllungsproportion der Schätzung durch eine asymmetrische Lognormalverteilung gut charakterisieren läßt.

In diesem Fall ergibt sich eine wesentliche Abweichung vom obigen 3. Punkt. Wenn man die Angaben des Optimierungsmodells aus den Berechnungen der Genehmigungsdokumente entnehmen würde, so wäre wegen des Mangels an Objektivität und wegen der Verzerrungsabsicht statt der um den Erwartungswert symmetrischen Normalverteilung mit einer asymmetrischen (z. B. lognormalen) Verteilung zu rechnen. Es könnte angenommen werden, daß der Erwartungswert dieser zufälligen Variablen von den Angaben in den Genehmigungsdokumenten

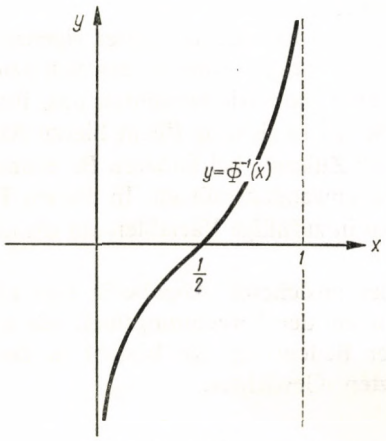


Abb. 12.3

in gleicher Proportion abweicht wie die durchschnittliche effektive Erfüllung nach den bisherigen Beobachtungen. (Diese Abweichung beträgt z. B. nach den im Abschnitt 9.2 angegebenen Zahlen im Durchschnitt 22 Prozent.)

Dabei ist zu beachten, daß diese Transformation der Angaben aus den Genehmigungsdokumenten in zufällige Variablen *auf Grund wesentlich anderer Überlegungen* erfolgt als die Transformation der objektiven Schätzungen von Experten in »von-bis«-Form nach (12.1) und (12.2). Im Gegensatz zu der vorher behandel-

ten Transformation beruht die jetzt angewandte Wahrscheinlichkeitsverteilung auf einer statistischen Beobachtung einer Massenerscheinung (auf der Beobachtung der effektiven Erfüllung der Angaben der Genehmigungsdokumente). Dabei wird nicht *das Objekt* der Schätzung (z. B. die Investitionskosten von Dutzenden neuer Polypropylen-Seidenfabriken) beobachtet, sondern das »Subjekt«, die Zuverlässigkeit der Individuen oder Kollektive, Institutionen, die die Schätzungen vornehmen.

Die Logik dieser Überlegung soll durch einen Vergleich veranschaulicht werden.

In einer Versuchsserie wird je ein Gegenstand zuerst auf einer ungenauen Waage gewogen und dann die Messung auf einer genauen Waage kontrolliert. Auf diese Weise kann die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Abweichung des genauen Resultats von dem auf der ungenauen Waage erhaltenen Ergebnis festgestellt werden. Später werden die Ergebnisse der ungenauen Waage nicht mehr angenommen, sondern in zufällige Variable transformiert, wobei vorausgesetzt wird, daß das effektive Gewicht in der gleichen Wahrscheinlichkeitsverteilung wie bei den früheren Messungen von dem durch die ungenaue Waage angezeigten Gewicht abweicht.

In vorliegendem Fall entspricht das durch die ungenaue Waage erhaltene Ergebnis der Angabe des Genehmigungsdokuments und das von der genauen Waage angezeigte Kontrollresultat der durch die nachträgliche Wirtschaftlichkeitsuntersuchung erhaltenen Angabe.

Zu derartigen Berechnungen kam es in unserer eigenen Praxis noch nicht. Bei unseren bisherigen Untersuchungen wurden die Schätzungen jedesmal speziell für unsere Zwecke erarbeitet, und wir bemühten uns, ihre Unvoreingenommenheit durch verschiedene Mittel zu sichern. (Siehe hierzu Abschnitt 9.3.) Es ist aber vorstellbar, daß wir in der Zukunft bei anderen Berechnungen die Angaben der Genehmigungsdokumente anwenden müssen. In diesem Fall kann es dazu kommen, daß wir die Angaben in zufällige Variablen auf die oben beschriebene Weise transformieren werden.

Die Transformation der unsicheren Angabe in eine zufällige Variable bringt zwar eine gewisse Willkür bei der Berechnungsmethode mit sich, diese ist jedoch durchaus von sekundärer Bedeutung. Sie besteht in der Auswahl der bei der Mittelwertbildung benutzten »Gewichte«.

12.4. ▌Modell der Sicherheitsoptimierung

Nach diesen Überlegungen wenden wir uns dem Optimierungsmodell zu. Zur Vereinfachung wird davon Abstand genommen, daß in den Einschränkungen unsichere Koeffizienten und Schranken enthalten sind. Diese werden vielmehr als Konstanten behandelt.[1] Im Sinne des in den Abschnitten 12.2 und 12.3 Gesagten

[1] Das bedeutete z. B. in der Untersuchung der Chemiefaserindustrie praktisch, daß die entsprechenden Angaben der Form »von-bis« mit ihren Mittelwerten in unsere Berechnungen einbezogen wurden. Mit einzelnen von diesen Angaben haben wir Empfindlichkeitsuntersuchungen durchgeführt.

werden hingegen die in der Zielfunktion figurierenden unsicheren Angaben in Zufallsvariablen transformiert.

Das Optimierungsproblem nimmt im weiteren folgende Form an. Unter den den Bedingungen

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b}, \tag{12.3}$$

$$\mathbf{x} \geqq \mathbf{0}$$

genügenden Programmen $\mathbf{x}$ ist dasjenige (bzw. sind diejenigen) zu bestimmen, wofür der Wert der stochastischen Zielfunktion

$$\mathsf{C} = \mathsf{C}(\mathbf{x}) \tag{12.4}$$

minimal ist. Da bei (12.4) der Wert der Kosten für alle Werte des Programms $\mathbf{x}$ auch eine zufällige Variable ist, so ist die Lösung dieser Optimierungsaufgabe auf *unmittelbare* Weise nur dadurch vorstellbar, daß angegeben wird, welche Programme mit welchen Wahrscheinlichkeiten optimal sein können.

Obwohl eine derartige Lösung zur Entscheidung eine gewisse Hilfe bieten könnte, haben wir, auch wegen der außerordentlichen rechentechnischen Intensität, einen anderen Weg eingeschlagen.

Bezeichne $C_P(\mathbf{x})$ die P Quantile der stochastischen Funktion unter (12.4), sei also dies der von $\mathbf{x}$ abhängige Wert, bei dem die Wahrscheinlichkeit des Geschehnisses

$$\mathsf{C}(\mathbf{x}) \leqq C_P(\mathbf{x}) \tag{12.5}$$

gleich P ist.[1]

Besonders erwähnenswert ist der Fall, bei dem $\mathsf{C}(\mathbf{x})$ für jedes Programm $\mathbf{x}$ normal verteilt ist. Wenn $C(\mathbf{x})$ den Erwartungswert bezeichnet und $\sigma_C(\mathbf{x})$ die Streuung, dann kann aus (12.6) abgeleitet werden, daß

$$C_P(\mathbf{x}) = C(\mathbf{x}) + \theta_P \sigma_C(\mathbf{x}), \tag{12.7}$$

wobei der Faktor θ_P für jedes Programm $\mathbf{x}$ der gleiche, nur von der Größe P abhängige Wert ist.[2]

[1] Wenn $F(\gamma; \mathbf{x})$ die Verteilungsfunktion von $\mathsf{C}(\mathbf{x})$ bezeichnet, also die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses $\mathsf{C}(\mathbf{x}) \leqq \gamma$ als Funktion von γ, dann kann aus (12.5) die folgende Formel für $C_P(\mathbf{x})$ abgeleitet werden:

$$C_P(\mathbf{x}) = F_I^{-1}(P\,;\,\mathbf{x})\,. \tag{12.6}$$

F_I^{-1} bezeichnet die (verallgemeinerte) inverse Funktion in bezug auf die erste Veränderliche der Funktion von mehreren Variablen $F(\gamma\,;\,\mathbf{x})$.

[2] $\theta_P = \Phi^{-1}(P)\,.$ (12.8)

Sodann wird folgende parametrische Optimierung durchgeführt: Zu jedem Wert des Parameters P zwischen 0 und 1 bestimmen wir das nach (12.3) zulässige Programm $\mathbf{x}_P$, für das der Wert von (12.6) minimal ist. Mit anderen Worten: Zu jedem Wert P zwischen 0 und 1 *wird das Programm bestimmt, für das derjenige Kostenwert, der von den effektiven Kosten mit der Wahrscheinlichkeit P nicht überschritten wird, am geringsten ist.* Der Wert von P wird als Sicherheitsniveau, θ_P als Sicherheitsfaktor, die Zielfunktion $C_P(\mathbf{x})$ als Sicherheitswert vom Niveau P, die zugehörige parametrische Optimierung

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{Ax} &= \mathbf{b} \\ \mathbf{x} &\geqq \mathbf{0} \\ C_P(\mathbf{x}) &\to \min! \end{aligned}\right\} \quad 0 \leqq P \leqq 1 \tag{12.9}$$

als Sicherheitsoptimierung bezeichnet.[1]

Bei der Normalverteilung wird die Optimierung mit dem Sicherheitsniveau $P = {}^1/_2$ einfach zur Minimierung des Erwartungswertes $C(\mathbf{x})$ der stochastischen Kostenfunktion $\theta(\mathbf{x})$, da nämlich auf Grund (12.8) $\theta_{1/2} = 0, C_{1/2}(\mathbf{x}) = C(\mathbf{x})$.[2] Mit dem Anwachsen von P nimmt θ_P zu und die Rolle von $\sigma_C(\mathbf{x})$, das die in den Angaben steckende Unsicherheit repräsentiert, tritt immer mehr in den Vordergrund.

(Siehe hierzu die Formel (12.2) und die Abbildungen 12.2 und 12.3.) Zur Veranschaulichung seien die Werte von θ_P für einige P angegeben

P Prozent	θ_P
50	0
70	0,52
80	0,84
90	1,28
95	1,64
99	2,33
99,99	3,71

[1] In ähnlicher Weise, wenn auch für den Fall eines stochastischen Einschränkungssystems, behandelt auch die Arbeit [64] von *S. Kataoka* die stochastische Zielfunktion. Diese Arbeit erschien während der Vorbereitung des vorliegenden Buches zur Publikation in der ersten Nummer des Jahres 1963 der *Econometrica* viele Jahre nach den ersten Veröffentlichungen unseres eigenen Modells in ungarischer Sprache. Dort wird diese Aufgabe aber nicht als parametrische Optimierungsaufgabe mit dem Sicherheitsniveau als Parameter behandelt. Der Artikel weist nur kurz auf die ökonomische Interpretation des Verfahrens hin, ohne sie einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen.

[2] Dies ist für alle um ihren Erwartungswert herum symmetrische Verteilungen gültig: bei diesen stimmt nämlich die ${}^1/_2$-Quantile (Mediane) und der Erwartungswert überein.

12.5. Die ökonomische Interpretation der Sicherheitsoptimierung

Zur leichteren Verständlichkeit werden wir einfache Fälle darstellen, in denen normalverteilte zufällige Variablen angewendet werden.

Wir betrachten das Sicherheitsniveau P als einen derartigen Parameter, den die Wirtschaftsleitung auf Grund von allgemeinen wirtschaftspolitischen Erwägungen bestimmt. Wenn z. B. das Sicherheitsniveau zu 0,8 bestimmt wird, dann gibt $C_{0,8}(\mathbf{x})$ diejenigen Gesamtkosten an, die von den effektiven Kosten $\mathbf{C}(\mathbf{x})$ des Programms $\mathbf{x}$ mit 80%iger Wahrscheinlichkeit nicht überschritten werden. Es besteht nur eine 20%ige Wahrscheinlichkeit dafür, daß die effektiven Kosten des Programms höher sind als der Sicherheitswert $C_{0,8}(\mathbf{x})$.

Es ist jedoch nicht unbedingt erforderlich, der Funktion $C_P(\mathbf{x})$ eine unmittelbare Wahrscheinlichkeitsaussage zu geben; sie drückt auch ohnedies gewisse ökonomische Zusammenhänge aus.

Das Verhalten des entscheidungfällenden Organs in bezug auf die Unsicherheit der Investitionsentscheidung wird Sicherheitsstrategie genannt. Die Wirtschaftsleitung bringt mit der Auswahl des Sicherheitsniveaus P eine bestimmte Sicherheitsstrategie zum Ausdruck. Von diesem Gesichtspunkt aus gibt es vier verschiedene Arten von Strategien:

1. Wenn $P = 0{,}5$ ist, dann ist $\theta_P = 0$. In diesem Fall liegen der Zielfunktion ausschließlich die Erwartungswerte zugrunde und die Streuung wird außer acht gelassen. Das bedeutet, daß die Wirtschaftsleitung sich gegenüber dem Risiko, das mit der Unsicherheit der Schätzung verbunden ist, indifferent verhält. Dieses Verhalten heißt risikoindifferente Strategie.[1]

2. Wenn $P > 0{,}5$ ist, dann ist $\theta_P > 0$. Für positives θ_P wird der zum Erwartungswert zu addierende Ausdruck $\theta_P \sigma_C(\mathbf{x})$ im folgenden Unsicherheitsbuße genannt. Sie wird als spezielle kalkulatorische Mehrkostenart betrachtet, von der das Programm $\mathbf{x}$ betroffen wird. Die Buße ist umso größer, 1. je größer $\sigma_C(\mathbf{x})$, d. h. je unsicherer das Programm ist, und 2. je größer θ_P, d. h. je höher das von der Wirtschaftsleitung geforderte Sicherheitsniveau ist.

Die Unsicherheitsbuße drückt folgendes aus: Die Wirtschaftsleitung hat eine Scheu gegenüber dem Risiko, das mit der Unsicherheit der Schätzungen verbunden ist. In den Augen der Wirtschaftsleitung wird die Gefahr, daß die tatsächlich erscheinenden Kosten größer sein können als der Erwartungswert, *nicht* durch die Chance kompensiert, daß die Kosten auch geringer sein können, obwohl die Wahrscheinlichkeit für beide Fälle gleich ist. Der potentielle Verlust gegenüber dem Erwartungswert wird höher eingeschätzt als der potentielle Gewinn gegenüber dem Erwartungswert. Dieses Verhalten wird als Strategie der beschränkten Sicherheit bezeichnet.

3. Wenn P gegen 100 Prozent strebt, dann nimmt auch θ_P rapide zu; innerhalb des Sicherheitswertes verschwindet der Erwartungswert verhältnismäßig immer

[1] Die von *F. Knight* eingeführte Abgrenzung der Unsicherheit und des Risikos wird hier nicht angewandt. (Siehe [67].) Bei der vorliegenden Begriffsbildung ist das Risiko die Folge der Unsicherheit.

stärker, und das Gewicht der Streuung nimmt zu. Aus der Voraussetzung der Normalverteilung folgt, daß P nur bei »unendlich hohem« Wert von θ_P 100% sein kann.[1] Praktisch kann jedoch schon die Forderung eines Sicherheitsniveaus von 99,99 Prozent als maximale Sicherheitsstrategie bezeichnet werden.

4. Ist schließlich $P < 0{,}5$, dann ist $\theta_P < 0$. In diesem Fall muß der positive Ausdruck $|\theta_P| \sigma_F(\mathbf{x})$ vom Erwartungswert subtrahiert werden, das heißt, er darf jetzt nicht mehr als Unsicherheitsbuße, sondern muß als Unsicherheitsprämie aufgefaßt werden. Das bedeutet, daß die Wirtschaftsleitung eine *Risikofreudigkeit*, und keine *Scheu* vor dem mit der Unsicherheit verbundenen Risiko zeigt. Der potentielle Gewinn wird gegenüber dem Erwartungswert höher eingeschätzt als der potentielle Verlust. Dieses Verhalten kann als Hasardstrategie qualifiziert werden.[2]

Der in der Entscheidungstheorie bewanderte Leser kann die Sicherheitsstrategien mit den entsprechenden bekannten Entscheidungskriterien identifizieren. Ohne auf die Einzelheiten der Identifizierung einzugehen, sei lediglich erwähnt:[3]

1. Bei $P = 0{,}5$ wird das sogenannte Laplace-Kriterium angewandt.

2. Zu der Anwendung der beschränkten Sicherheitsstrategie, d. h. bei $0{,}5 < P < 1$, sind genau analoge Entscheidungskriterien in der Literatur nicht bekannt. Wir haben bei unseren Berechnungen in der Praxis der Wirtschaftsleitung eben dieses Kriterium empfohlen. (Mit seiner Begründung befaßt sich das folgende Kapitel des Buches.)

3. Bei $P = 1$ wird das *Maximin*-Kriterium nach *Wald* angewandt. Wenn mit normal verteilten zufälligen Variablen operiert wird, und infolgedessen P nur angenähert ist, so bedeutet das, daß auch unser Entscheidungskriterium sich dem Maximin-Kriterium nur annähert.

[1] Von diesem Gesichtspunkt aus wäre es vielleicht realer, zur Darstellung der Unsicherheit der Schätzung statt der Normalverteilung die *abgestumpfte* Normalverteilung anzuwenden. Bei dieser sind die untere und obere Grenze, die von der Zufallsvariablen keinesfalls überschritten werden, gegeben; nahe den Grenzen gelegene Werte haben eine geringere Wahrscheinlichkeit als die Werte in der Umgebung des Erwartungswertes.

In der Praxis gibt es, wenn auch die Überschreitung des Bereiches der Schätzung »von-bis« nicht ausgeschlossen ist, doch reale untere und obere Grenzen, die von der Veränderlichen mit 100%iger Sicherheit nie überschritten werden (z. B. können die Produktionskosten nie geringer als 0 sein).

Die Berechnung mit der unabgestumpften Normalverteilung ist jedoch viel bequemer, und entspricht — obwohl sie offensichtlich theoretisch nicht einwandfrei ist — den praktischen Zwecken vollkommen.

[2] Mit der Rolle der Risiko-Prämie (bzw. der dazu analogen Unsicherheitsbuße) in den Erwartungen bezüglich der Preise haben sich zahlreiche Autoren befaßt. Siehe z. B. die Werke von *J. R. Hicks* [54] und *O. Lange* [95]. *Hicks* schreibt folgendes: »Wenn wir die Unsicherheit der Erwartungen in Betracht ziehen, ... so darf man nicht den wahrscheinlichsten Preis als Repräsentanten des Erwartungspreises betrachten, sondern den wahrscheinlichsten Preis $\pm$ einen Zuschlag bzw. einen Nachlaß, d. h. eine Risiko-Prämie (bzw. eine Buße) wegen der Unsicherheit der Erwartung.« (*Hicks* benutzt den Ausdruck »allowance«.)

[3] Die auf die Literatur der Entscheidungstheorie bezogenen Hinweise sind im Kapitel 11 zu finden.

4. Bei $P = 0$ würde das sogenannte *Maximax*-Kriterium zur Anwendung gelangen. (Dieses wird in der Literatur in der Regel nur der Vollständigkeit halber erwähnt, doch wird eine Anwendung von keinem Autor vorgeschlagen.)

Die Rolle des Sicherheitsniveaus als Parameter bei der Sicherheitsoptimierung ist übrigens der Rolle ähnlich, die vom »Optimismus-Pessimismus-Index« des Entscheidungskriteriums nach *Hurwicz* ausgeübt wird. Die Abweichung besteht hauptsächlich darin, daß dieser Parameter in unserem Fall in der Zielfunktion des stochastischen Optimierungsmodells vorkommt, und zwar auf eine Weise, die sowohl wahrscheinlichkeitstheoretisch als auch ökonomisch interpretiert werden kann.

Es ist an dieser Stelle angebracht, sich an die im Kapitel 11 behandelte »Sicherheitsrangordnung« zu erinnern. Die Parallelität ist offensichtlich. Die dort angeführte »optimistische Rangordnung« entspricht sinngemäß der hier behandelten »Hasardstrategie«, die »Einstufung der Rangordnung nach dem Mittelwert« der »risikoindifferenten Strategie«, die »pessimistische Rangordnung« jedoch der »maximalen Sicherheitsstrategie«.

Zwischen den in den Kapiteln 11 und 12 beschriebenen Methoden bestehen mehrere Unterschiede. Es ist nicht erforderlich, hier auf solche Abweichungen einzugehen, wie z. B. darauf, daß dort eine Einstufung nach der einfachen Rangordnung vorgenommen wurde, während es sich jetzt um eine Optimierung handelt, daß dort der Gewinn maximiert und hier Kosten minimiert wurden usw. Vom Gesichtspunkt der gegenwärtigen Analyse aus liegt der entscheidende Unterschied darin, daß *dort ausschließlich mit den Grenzen der Bereiche »von-bis« operiert wurde, hier jedoch die Angaben »von-bis« in zufällige Variable transformiert wurden.*

Dieser Unterschied darf jedoch nicht überschätzt werden.

Wenn die im Kapitel 11 behandelte unsichere Angabe in der Form »von-bis« als *gleichverteilte* zufällige Variable betrachtet wird – die Wahrscheinlichkeit dafür, daß der effektiv eintreffende Wert außerhalb der Grenzen fällt, sei 0, während jeder Wert innerhalb des Bereiches »von-bis« gleich wahrscheinlich sei –, so ist die im Kapitel 11 beschriebene Methode der im Kapitel 12 vollkommen analog, und es kann auch unmittelbar vom Gesichtspunkt der Wahrscheinlichkeit interpretiert werden. Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß der Erwartungswert und die die Unsicherheit repräsentierende Streuung durch den als Grundlage der Bewertung dienenden Index, den Sicherheitswert, *auf andere Art gewogen* werden.

Die Voraussetzung der Normalverteilung ist jedoch vom Gesichtspunkt der Wahrscheinlichkeitsinterpretation realistischer. Es trifft offensichtlich nicht zu, daß die Überschreitung der Grenzen »von-bis« eine Wahrscheinlichkeit von 0 hat, daß das Eintreffen des Mittels und der beiden Grenzen gleich wahrscheinlich ist usw.

13. Sicherheit und Risiko

13.1. Graphische Darstellung der Sicherheitsstrategie

Es wird unterstellt, daß eine Sicherheitsoptimierung mit einer Kostenfunktion, in der die unsicheren Angaben durch normalverteilte zufällige Variablen repräsentiert sind, durchgeführt wird. In unserem Verfahren bringt das Sicherheitsniveau P die Strategie der Wirtschaftsleitung zum Ausdruck. Eine Stellungnahme der Wirtschaftsleitung zu irgendeinem Wert von P bedeutet auch eine Stellung dazu, wieviele unsichere Forint einem sicheren Forint für gleichwertig erachtet werden.[1]

Dieser Standpunkt läßt sich gut durch eine Schar entsprechender Indifferenz-Geraden darstellen (siehe Abbildung 13.1).

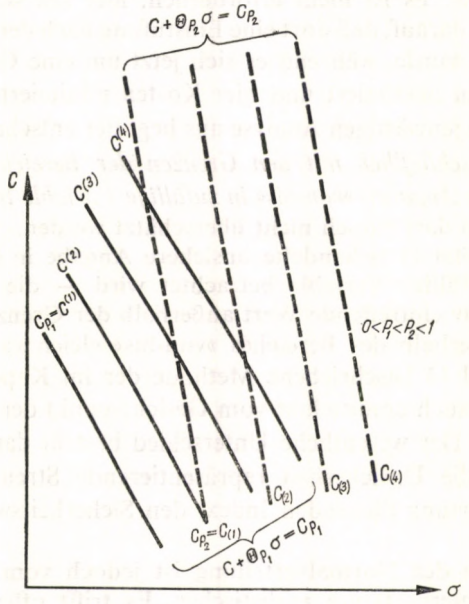


Abb. 13.1

[1] In Wirklichkeit kann die Sicherheitsstrategie nicht nur in der Wahl des Sicherheitsniveaus P zum Ausdruck gelangen, sondern — wie aus Abschnitt 12.5, beim Vergleich der Anwendung der Gleich- und der Normalverteilung hervorgeht — auch in der Auswahl der die Unsicherheit repräsentierenden Wahrscheinlichkeitsverteilung. Das wird im folgenden zur Vereinfachung der Darlegung nicht beachtet, die zufälligen Variablen des Modells werden von vornherein als normalverteilt vorausgesetzt.

Die zu irgendeinem festgelegten Sicherheitswert $C_P(\mathbf{x})$ gehörende Gerade in Abbildung 13.1 zeigt, daß der gleiche Sicherheitswert durch verschiedene Kombinationen des Erwartungswertes und der Streuung erhalten werden kann. Die größere Streuung, d. h. die größere Unsicherheit eines Programmes muß die Verminderung des Erwartungswertes kompensieren (oder umgekehrt), damit sie für die Wirtschaftsleitung gleichwertig ist.

Der Sicherheitsfaktor θ_P bestimmt den Anstieg der Geraden. Je größer das Sicherheitsniveau ist, umso steiler ist der Abfall der Geraden, da wir in diesem Falle eine große Erwartungswertsteigerung für eine kleine Streuungsverminderung in Kauf zu nehmen geneigt sind.

Einer der größten Vorteile des Funktionstyps entsprechend Abbildung 13.1 liegt darin, daß er einfach ist und ökonomisch leicht erläutert werden kann; sein Inhalt wird von den Wirtschaftsleitern, die Investitionsfragen zu entscheiden haben, leicht verstanden.

Bisher wurde die Frage nach der Auswahl des Sicherheitsniveaus P, d. h. der unter den gegebenen Umständen geeignetsten Sicherheitsstrategie, offen gelassen. Für die Beantwortung der Frage bestehen zwei Möglichkeiten. Die eine ist empirisch: Wir haben versucht festzustellen, was nach der Meinung der Wirtschaftsleiter tatsächlich am zweckmäßigsten ist. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind im Abschnitt 13.2 zu finden. Die andere Möglichkeit beruht auf theoretischen Überlegungen. Diese werden im Abschnitt 13.3 dargestellt.

13.2. Die typischen Ansichten der Wirtschaftsleiter

Zur Erkundung der charakteristischen Standpunkte haben wir im Kreise der Wirtschaftsleiter eine kleine Meinungsforschung veranstaltet. Natürlich hätte es keinen Sinn gehabt, unmittelbar nach dem Sicherheitsniveau zu fragen, da ja die Gefragten unsere Vorstellungen über die Sicherheitsoptimierung nicht kennen konnten. Deshalb konstruierten wir ein einfaches Beispiel, so daß wir aus den Antworten Folgerungen in bezug auf das Sicherheitsniveau ablesen konnten.

Die Befragten wurden vor folgendes Problem gestellt:

»Es wurde angenommen, daß zur Durchführung eines Investitionsvorhabens zwei Varianten zur Auswahl stehen. Die Produktions- und die Betriebskosten seien bei beiden gleich, die Investitionskosten aber verschieden. Die 1. Variante sei dadurch gekennzeichnet, daß die Größe der Investitionskosten genau bekannt ist; die Investitionskosten sind also *sicher*. Die 2. Variante sei dadurch gekennzeichnet, daß die Größe der Investitionskosten *unsicher* ist, nur ihre untere und obere Grenze sind bekannt, genauer bekannt ist der Mittelwert, und es ist sicher, daß die mögliche Abweichung davon höchstens ± 20 Prozent beträgt.

Es seien fünf Fälle von solchen Auswahlproblemen gegeben. Die Investitionskosten der 1. Variante seien in allen fünf Fällen gleich, die der 2. Variante dagegen jedesmal anders. Die fünf Auswahlprobleme sind in der Tabelle 13.1 zusammengestellt.

Es ist klar, daß bei Fall E) die 2. Variante bevorzugt werden muß, da die Kosten auch im ungünstigsten Fall 100 Millionen Forint betragen (d. h. ebensoviel wie bei der 1. Variante), es ist aber auch möglich, daß sie geringer sind. Welche der beiden Möglichkeiten ist aber vorteilhafter in den Fällen A), B), C), und D)?

TABELLE 13.1

Auswahl zwischen sicheren und unsicheren Varianten

Fall	Investitionskosten der 1. Variante	Investitionskosten der 2. Variante	
		Mittelwert	»von-bis«
A)	100	98,5	79—118
B)	100	94,5	76—113
C)	100	90,0	72—108
D)	100	86,5	69—104
E)	100	83,5	67—100

Wie man sieht, wird der Mittelwert der Kosten der 2. Variante von Fall A) zu E) immer kleiner. Es ergibt sich die Frage, bei welcher Größe der kleinere Mittelwert der 2. Variante und ihre weit geringere untere Grenze die Gefahr kompensiert, daß die Investitionskosten möglicherweise (nicht sicher!) die sicheren Kosten von 100 Millionen Forint der 1. Variante überschreiten?«

Diese Frage wurde insgesamt zwanzig Personen vorgelegt. Es handelte sich ausnahmslos um solche Wirtschaftsfunktionäre, wie Obersektionsleiter, Sektionsleiter, Referenten des Landesplanungsamts und von Ministerien, Direktoren und Abteilungsleiter von Betrieben, also um Leiter sowohl auf höherer als auch auf niederer Ebene, die regelmäßig zu Investitionsentscheidungen Stellung nehmen. Die Befragten gehören zu verschiedenen Ministerien (Landesplanungsamt, Finanzministerium, Außenhandelsministerium, Ministerium für Schwerindustrie, Ministerium für Leichtindustrie).

Die Auswahl der Befragten erfolgte absichtlich unsystematisch. Wir sammelten zwei bis drei Wochen lang die Antworten von Kollegen, die wir zufällig (auf Ausschußsitzungen, in wissenschaftlichen Gesellschaften, während der Datenbeschaffung usw.) trafen. Frage und Antwort erfolgte immer in Form eines mündlichen Interviews. Wir unterbreiteten der Reihe nach die Fälle A) bis E) und baten um Stellungnahme.

Die Antworten fielen ziemlich einheitlich aus. Die Ergebnisse sind in Tabelle 13.2 zusammengefaßt. In der Tabelle wurde nur angeführt, bei welchem Auswahlproblem der Befragte die 1. Variante verwirft und zur 2. Variante übergeht, oder zumindest, bei welchem Problem er zu schwanken beginnt oder bei welchem er beide Varianten als ungefähr gleich günstig empfindet. Diese Angabe reicht aus; denn wenn beispielsweise der Befragte im Fall B) sich nicht mehr an die 1. Variante

hält, dann wird er – nach der Konstruktion des Beispiels – in den Fällen C), D) und E) offensichtlich nicht wieder zur 1. Variante zurückkehren.

TABELLE 13.2

Ergebnisse der Befragung über Entscheidungen mit unsicheren Konsequenzen

Fall, bei dem der Befragte sich gerade nicht mehr an die 1. Variante hält	Befragte, für die dieser Fall zutrifft	
	Anzahl	in Prozent
A)	0	0
B)	9	45
C)	9	45
D)	0	0
E)	2	10

Welche Bedeutung besitzt das Ergebnis der Befragung in bezug auf das Sicherheitsniveau? Die Tabelle 13.3 gibt an, welchem Sicherheitsniveau es entspricht, wenn jemand im Falle A), B), C) usw. die Varianten 1 und 2 als gleich günstig bewertet.

TABELLE 13.3

Schlußfolgerungen hinsichtlich des Sicherheitsniveaus

Fall, bei dem der Befragte die Varianten 1 und 2 gleich günstig beurteilt	Sicherheitsniveau (in Prozent)
A)	60
B)	80
C)	95
D)	99

Der Gedankengang, wie die Schlußfolgerung in bezug auf das Sicherheitsniveau gezogen werden kann, sei an einem Beispiel erklärt.

Die Investitionskosten der 2. Variante wurden als normal verteilte zufällige Variable mit einer relativen Streuung von 6,7 Prozent betrachtet. (Dies entspricht ungefähr, bis auf eine Wahrscheinlichkeit von 1 Tausendstel, einem Unsicherheitsgrad von 20 Prozent.)

Wenn der Befragte z. B. bei Fall C) *nicht* die 2., sondern die 1. Variante wählt, so bedeutet das, daß er bei der 2. Variante eine »Unsicherheitsbuße« von *mehr* als 10 Millionen Forint zum Mittelwert von 90 Millionen Forint addiert. Er addiert mehr, da er sie ja für schlechter hält als die 1. Variante mit 100 Millionen Forint.

Wenn der Befragte dagegen die Varianten 1 und 2 für gleich gut hält, dann heißt das, daß er die 2. Variante mit einer »Unsicherheitsbuße« von 10 Millionen Forint belegt. So werden nämlich die 100 Millionen Forint der 1. Variante den 90 + 10 = 100 Millionen Forint der 2. Variante gleich.

Bei einer normalverteilten zufälligen Variablen, deren Mittelwert 90 und deren relative Streuung 6,7 Prozent beträgt, ist der obere Sicherheitswert (obere Quantile) bei ungefähr 95%igem Sicherheitsniveau gleich 100.

Deshalb kann die Antwort »gleichermaßen gut« im Falle C) als eine Forderung nach einem Sicherheitsniveau von 95 Prozent betrachtet werden.

Analog läßt sich auch in den anderen Fällen aus der Antwort das geforderte Sicherheitsniveau ableiten.

Es ergibt sich die Frage, ob die Befragten nicht durch die praktische Erfahrung beeinflußt wurden, nämlich daß die effektiven Investitionskosten in der Regel nicht geringer sind, sondern höher als die geschätzten Voranschläge.

Möglicherweise wurde die eine oder andere Stellungnahme unbewußt hiervon beeinflußt. Es wurde jedoch während des mündlichen Interviews ausdrücklich betont, daß es sich hier um einen theoretischen Fall handelt, bei dem die strenge Objektivität der in der Form »von-bis« erteilten Schätzung vorausgesetzt wird und die Chance der Abweichung von den Voranschlägen in beiden Richtungen vollkommen gleich ist. Die Befragten erteilten also ihre Antwort im Bewußtsein dieser Voraussetzung.

Es ist beachtenswert, daß im Falle A) noch alle Befragten sich an die 1. Variante hielten. Demnach war niemand mit einem Sicherheitsniveau von 60 Prozent oder weniger einverstanden.

Offensichtlich ist der Mittelwert der 2. Variante auch noch im Falle A) niedriger als der der 1. Variante. Die Befragten haben jedoch entschieden die sichere Variante gewählt. Für sie kompensierte der potentielle Gewinn von 21 Millionen Forint nicht den potentiellen Verlust von 18 Millionen. Für sie ist 1 Million Forint *nicht gleich* 1 Million Forint. 21 Millionen sind sogar weniger als 18 Millionen, sofern erstere ein potentieller Gewinn, letztere jedoch ein potentieller Verlust sind. Hier *zeigt sich eine gewisse Risikoscheu, mit anderen Worten, eine Bevorzugung der Sicherheit gegenüber der Unsicherheit.*

Letzten Endes kann dies als *entschiedene, einheitliche Ablehnung der die Sicherheitsgesichtspunkte zurückstellenden risikoindifferenten Strategie durch die Befragten* betrachtet werden. (Wie früher erwähnt, entspricht das Rechnen mit dem Mittelwert einem Sicherheitsniveau von 50 Prozent – keiner der Befragten empfand jedoch das Niveau von 60 Prozent als befriedigend.)

Um das andere Extrem zu betrachten, so fanden sich nur zwei Befragte, die ausschließlich im Fall E) die 2. Variante wählten und sich in den anderen Fällen an die 1. Variante hielten. Praktisch haben sie folglich die Strategie der maximalen Sicherheit angewandt. Im Laufe des Gespräches legten diese Kollegen ihre Meinung dar, wonach ein potentieller Verlust von 1 Million Forint nicht übernommen werden darf, wenn eine gesicherte Variante existiert, bei der diese Gefahr nicht droht, auch dann nicht, wenn dem eventuellen Verlust ein potentieller Gewinn

von 32 Millionen Forint gegenübersteht. Ihrer Meinung nach ist die entscheidende Anforderung eine Sicherheit von 100 Prozent.

Doch die überwiegende Mehrheit, 90 Prozent der Befragten, verwarf diesen übertrieben vorsichtigen Standpunkt, d. h. die Strategie der maximalen Sicherheit. Die Mehrheit hielt aber im Fall B) (oder spätestens im Fall C) nicht mehr an der 1. Variante fest. Das weist darauf hin, daß im wesentlichen die Strategie der beschränkten Sicherheit angewandt wurde. Die Meinungen bewegten sich zwischen den Sicherheitsniveaus von 80 bis 95 Prozent.

Aus dieser kleinen Meinungsforschung darf aber keine zu weitgehende Folgerung gezogen werden. Erstens wurden nur sehr wenige Personen befragt. Zweitens ist es gar nicht sicher, daß die Befragten auch in der Praxis so *handeln* würden, wie sich ihre Stellungnahme in den *mündlichen* Interviews erwies, wo vielleicht auch die neuartige Fragestellung überraschend auf sie wirkte. Jedenfalls ist beachtenswert, daß die Antworten eine bedeutende Einheitlichkeit aufweisen (wodurch die Zuverlässigkeit dieser kleinen Befragung bekräftigt wird).

13.3. Die Berechtigung der Risikoscheu

Es ist interessant zu erfahren, welche individuelle Meinung die Verantwortlichen für die Investitionsentscheidungen vertreten. Die Hauptfrage ist jedoch, ob irgendein objektiver Zusammenhang besteht, der einen begründeten Wert für das Sicherheitsniveau festlegt, oder ob das ausschließlich vom »Temperament«, von der »waghalsigen« oder »vorsichtigen« Natur der Wirtschaftsleitung abhängt.

Unserer Meinung nach gibt es objektive Zusammenhänge, obwohl diese (zumindest vorläufig, nach dem gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Forschung) eher nur qualitativ empfunden werden können und schwer in Zahlen ausdrückbar sind.

Zunächst ist folgendes zu beachten:

Die Optimierung spielt sich im volkswirtschaftlichen Ausmaß ab. Dabei wird die Minimierung des Erwartungswertes der Kostenfunktion angestrebt und die Unsicherheit der Aktivitäten, d. h. die ihre Unsicherheit repräsentierende Streuung, vollkommen außer acht gelassen. Das Sicherheitsniveau ist folglich 0,5 ; $\theta_P = 0$. In der Volkswirtschaft werden während einer längeren Periode viele Hunderte, ja sogar viele Tausende Investitionen verwirklicht. Wenn die Schätzungen in jedem Fall objektiv sind, durch eine um den Erwartungswert symmetrische Verteilung repräsentiert werden können, dann gleichen sich wegen der großen Zahl der Fälle die positiven und negativen Abweichungen vom Erwartungswert aus, und letzten Endes wird im gesamtvolkswirtschaftlichen Ausmaß der Erwartungswert verwirklicht.

In der kapitalistischen Wirtschaft fühlt sich der Einzelunternehmer nicht durch das Bewußtsein beruhigt, daß das Mißlingen seiner Investition durch das Gedeihen der Investition eines anderen Unternehmers ausgeglichen wird. In der sozialistischen Wirtschaft hingegen ist offensichtlich bei dem gesellschaftlichen Eigentum an den Produktionsmitteln der gesamtgesellschaftliche Effekt ausschlaggebend.

Die sozialistische Wirtschaft ist in diesem Sinne zugleich der »Versicherte« und der »Versicherer«, der die Sorge für den Ausgleich des Risikos trägt.

Von diesem Gedanken ausgehend, könnte jede Risikoscheu für unbegründet gehalten werden. Es gibt jedoch bisher noch nicht in Betracht gezogene Faktoren.

Hier wird die *Plan*wirtschaft betrachtet. Sämtliche wichtigen Zusammenhänge werden im voraus geplant: Materialbilanzen, Arbeitskräftebilanzen, Finanzbilanzen, Außenhandelsbilanzen usw. Alle Abweichungen vom Plan werfen diese Bilanzen über den Haufen. Es werde z. B. ein Investitionsvorhaben der Chemiefaserindustrie später, mit höheren Investitions- und Produktionskosten als geplant fertiggestellt. Zur gleichen Zeit werde ein Investitionsvorhaben der Baumwollindustrie früher, mit geringeren Kosten und Produktionskosten als geplant fertiggestellt. Es werde mit unserer kalkulierten Kostenfunktion gerechnet, und die diskontierte Summe der Überschreitung bei der einen Investition möge gerade mit der diskontierten Summe der Einsparung bei der anderen Investition übereinstimmen. Sind dann tatsächlich die Abweichungen voll und ganz ausgeglichen?

Infolge der Verzögerung der Investition in der Chemiefaserindustrie werden die für den Bau bzw. für die Installation von Betrieben der Chemieindustrie spezialisierten Bau- und Installationskapazitäten länger in Anspruch genommen, und es kann nicht mit dem Bau neuer Chemiebetriebe begonnen werden. Die bei der früher beendeten baumwollindustriellen Fabrik freigewordene Bau- und Installationskapazität kann nicht in der Chemieindustrie eingesetzt werden, da sie nicht für diese Aufgabe geeignet ist. Wenn sie doch eingesetzt würde, könnte das mit Schwierigkeiten und Umstellungskosten verbunden sein.

Die Verzögerung in der Produktion der Chemiefaserfabrik kann zahlreiche Schwierigkeiten, Gleichgewichtsstörungen verursachen. Das neue Produkt gelangt z. B. verspätet auf den ausländischen Markt. Deswegen können eventuell Absatzmärkte verlorengehen, oder aber die ungarische Textilindustrie hat bereits mit der Chemiefaser gerechnet, und der Mangel muß unerwartet durch Import behoben werden, was eventuell zu ungünstigeren Importabschlüssen führt als bei Einkäufen, die rechtzeitig vorbereitet worden waren. Eine andere Folge ist, wenn es nicht zum Import kommt, daß die Kapazität der verarbeitenden Textilindustrie unausgenutzt bleibt. Die frühere Fertigstellung der Textilfabrik kann für all dies keinen Ersatz leisten, da ja ihre Produkte allenfalls nur auf anderen Märkten abgesetzt werden können und nicht gerade auf jenen, die wegen der Verzögerung der Chemiefaserfabrik verlorengegangen sind, vielleicht besteht aber überhaupt kein Exportbedarf für diese Produkte.

Die Chemiefaserfabrik wäre möglicherweise zur Sicherung der örtlichen Beschäftigung erforderlich gewesen; die nicht benötigten Arbeiter können jedoch nicht dort eingesetzt werden, wo zufälligerweise der Bau einer Fabrik früher fertig geworden ist.

Das Beispiel braucht nicht weiter ausgeführt zu werden. Die Abweichung vom Plan läßt unvermeidbar Störungen entstehen, Umgruppierungen, mit Mehrkosten verbundene provisorische Maßnahmen, unausgenutzte Kapazitäten, Verluste. Je unsicherer eine Variante ist, umso größer ist die Gefahr, daß es zu Abweichun-

gen vom Plan kommt. Die Unplanmäßigkeit ist jedoch, wie aus obigen Beispielen hervorgeht, mit effektiven wirtschaftlichen Schäden verbunden.

Auch die positive Abweichung vom Plan kann gewisse Übergangschwierigkeiten verursachen (wenn z. B. der Betrieb früher fertig wurde, doch die zur Verarbeitung der Produkte geeigneten Kapazitäten noch nicht vorbereitet worden sind). Offensichtlich verursacht jedoch die negative Abweichung den größeren Schaden.

Drei Faktoren beeinflussen hauptsächlich die Größe der schädlichen Wirkung der durch die Unsicherheit verursachten Unplanmäßigkeiten.

A) *Die Elastizität der Planungsmethoden, die Schnelligkeit der Anpassung an nicht genau voraussehbare Situationen.* In Ungarn wurde die Starrheit der angewandten Planungsmethoden wiederholt kritisiert. In den letzten Jahren ist auf diesem Gebiet eine gewisse Entwicklung vor sich gegangen, doch kann in Zukunft zur Steigerung der Elastizität der Planung noch viel geschehen. Auf jeden Fall weisen in einer gegebenen Periode die Planung und die Wirtschaftsleitung eine ausgebildete »durchschnittliche« Anpassungsfähigkeit, Elastizität auf: damit ist als mit einer realen Gegebenheit zu rechnen.

B) *Die Empfindlichkeit und Wirksamkeit des Bereiches der Volkswirtschaft, in dem die Unplanmäßigkeit erfolgt.* Die Bilanzen und Auflagen des Planes hängen eng miteinander zusammen. Die Störungen pflanzen sich fort. Die Intensität der Fortpflanzung kann aber sehr unterschiedlich sein. Offensichtlich verursacht es eine kleinere Störung, wenn z. B. eine neue Kinderspielzeugfabrik nicht termingemäß beendet wird, als wenn ein neues Kraftwerk nicht zum Termin fertig wird.

C) *Die Versorgung der Volkswirtschaft mit Vorräten und Reserven.* Die Vorräte und Reserven vermögen die fortpflanzende Wirkung der Produktionsausfälle und Fehler aufzuhalten oder zumindest im großen Maße auszugleichen, sie können die Störungen *lokalisieren.* Im Hinblick auf die vielfältige Wirkung der Investitionsunsicherheiten sind alle Typen von Vorräten und Reserven notwendig: Material- und Warenvorräte, Devisenreserven, Grundmittel-Kapazitätsreserven usw. Es ist bekannt, daß im wirtschaftlichen Leben Ungarns die Knappheit oder ungünstige Zusammensetzung der Vorräte und Reserven sehr große Schwierigkeiten verursacht hat.[1] In den letzten Jahren hat sich die Lage auch hier verbessert, doch auf zahlreichen Gebieten ist die Zusammensetzung der Vorräte und Reserven auch jetzt noch nicht befriedigend.

Aus all diesem lassen sich folgende Prinzipien ableiten.

1. *Die Risikoscheu ist objektiv begründet; das Sicherheitsniveau sollte größer als 0,5 sein.*

2. *Je mehr man mit der Elastizität der Anpassung der Wirtschaftsleitung rechnen kann, und je vollkommener die Vorräte und Reserven sind, umso kleiner kann die Risikoscheu sein.*

3. *Es braucht nicht in allen Zweigen der Volkswirtschaft das gleiche Maß der Risikoscheu zu bestehen. Es muß dort stärker zur Geltung kommen, wo der potentielle Verlust sich mit schwereren Konsequenzen fortpflanzt.*

[1] Über diese Erscheinung und ihre Gründe siehe das Buch [70] und [71] des Verfassers.

Jedoch wäre es ein Fehler, aus all dem die Notwendigkeit einer maximalen Vorsicht zu folgern. Eben weil bis zu einem gewissen Grade die Tendenz des Ausgleiches der günstigen und ungünstigen Abweichung vom Erwartungswert zur Geltung kommt, weil sich die Wirtschaftsleitung trotzdem schneller oder langsamer den unvorsehbaren Schwierigkeiten anpaßt, weil wir über gewisse Vorräte und Reserven verfügen, kann ein gleichzeitiger ungünstiger Ablauf vieler Investitionen auch keine *schweren* Störungen verursachen. Der Vorteil der zentral gelenkten Planwirtschaft besteht darin, daß sich die Wirtschaftsleitung im Bedarfsfall radikal einmischen darf; mit einer entsprechenden Planänderung kann die spontane Fortpflanzung der nicht geplanten negativen Wirkungen verhindert werden.

Deshalb dürfen die in den einzelnen Investitionsentscheidungen steckenden Risiken nicht überschätzt werden. In der sozialistischen Planwirtschaft sind Initiativen und Unternehmungsgeist erforderlich. Es wäre ein schwerer Fehler, wenn in den Investitionsentscheidungen eine übertriebene Vorsicht und eine Furcht vor allen neuartigen und deshalb mit Risiko verbundenen Schritten herrschen würden. Es kann folgendes Prinzip aufgestellt werden:

4. Die Risikoscheu darf nicht zu hoch, das Sicherheitsniveau soll entschieden kleiner als 1 sein.[1]

Die Prinzipien unter 1–4 besagen, daß die Anwendung der Strategie der beschränkten Sicherheit zu empfehlen ist. Das bedeutet die Ablehnung der Hasard-, der risikoindifferenten und der maximalen Sicherheitsstrategie.

All das bedeutet noch keine Stellungnahme zum genauen Wert des Sicherheitsniveaus. Es scheint annehmbar zu sein, daß das Sicherheitsniveau ebenfalls auf Grund der obigen Gedanken weder zu nahe bei 0,5 noch bei 1 liegt. Demnach kann folgendes Prinzip konstituiert werden:

5. Bei der Sicherheitsoptimierung soll das Sicherheitsniveau zwischen den Grenzen 0,6 und 0,9 liegen; niedriger in relativ weniger zentralen, höher in zentraleren Zweigen.[2]

Wie ersichtlich, führten diese Gedanken zu ähnlichen Ergebnissen wie die kleine Meinungsforschung im Kreise der Wirtschaftsleiter.

[1] Das bedeutet praktisch die Ablehnung der Strategie der maximalen Sicherheit und des Kriteriums der Maximin-Entscheidung. Übrigens tadeln mehrere Verfasser dieses Kriterium seines pessimistischen Charakters wegen. Siehe z. B. die hierzu erschienenen Bücher von *K. J. Arrow* [3], *H. Chernoff* [20] und *L. J. Savage* [153].

[2] Die Chemiefaserindustrie gehört z. B. zu den Industriezweigen von weniger zentraler Bedeutung, da ihre Produkte von einem einzigen Industriezweig verarbeitet werden; die Rolle im Export des Landes ist nicht allzu groß, in der Chemiefaserindustrie ist die Beschäftigtenzahl verhältnismäßig gering usw.

14. Stochastische Berechnungen in der Praxis

14.1. Ergänzende Voraussetzungen

In den stochastischen Berechnungen bei der Untersuchung der Chemiefaserindustrie haben wir das im Kapitel 12 beschriebene Modell der Sicherheitsoptimierung angewandt,[1] und zwar mit folgenden ergänzenden Voraussetzungen, die über die bereits früher beschriebenen Voraussetzungen hinausgehen.

1. Jede zur Bestimmung der Zielfunktion angewandte, von den Experten in der Form »von-bis« gegebene Angabe ist eine zufällige normalverteilte Variable. Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß die Variable die Grenzen der Schätzung »von-bis« nicht überschreitet, ist 98%. (Das heißt, der Wert für ε in der Formel (12.1) ist 0,02.)

2. Zwischen den in den Berechnungen angewandten Weltmarktpreisen bestehen die folgenden positiven oder negativen Korrelationen:[2]

a) Der Export- und Importpreis je eines Produktes stehen im engsten Zusammenhang. Dementsprechend ist die Korrelation zwischen den Zielfunktionskoeffizienten der Export- und Importaktivität, auf das gleiche Produkt bezogen, gleich -1.

b) Zwischen den Zielfunktionskoeffizienten verschiedener (nicht auf das gleiche Produkt bezogener) Außenhandelsaktivitäten kann ebenfalls eine (positive oder negative) Korrelation bestehen.

c) Eine Korrelation besteht zwischen den Koeffizienten der linearen Glieder in den Kostenfunktionen der einzelnen produktiven Aktivitäten (es handelt sich hauptsächlich um die Materialkosten) infolge der zwischen den Preisen der aufgewandten Importwerkstoffe bestehenden Korrelation.

d) Es besteht eine Korrelation zwischen den Zielfunktionskoeffizienten einzelner Außenhandelsaktivitäten sowie zwischen den Koeffizienten der linearen Glieder in den Kostenfunktionen der einzelnen produktiven Aktivitäten infolge der zwischen den Export- und Importpreisen sowie zwischen den Preisen der zur Produktion angewandten Importmaterialien bestehenden Korrelation.

[1] Der numerische Teil der stochastischen Berechnungen bei der Untersuchung der Chemiefaserindustrie wurde von *P. Wellisch* ausgeführt, der bei der Weiterentwicklung des Sicherheitsoptimierungs-Modells und auch bei dessen Anwendung auf den konkreten Fall mitwirkte.

[2] Die Korrelationsschätzungen werden im Anhang, Abschnitt B. 2 angegeben.

3. Von allen zufälligen Variablen, die im Punkt 2 nicht genannt wurden, wird angenommen, daß zwischen ihnen keine Korrelation besteht, daß sie folglich voneinander unabhängig sind.[1]

Ein Teil der den Zielfunktionswert eines gegebenen Programms bestimmenden Angaben ist konstant, der andere Teil enthält normalverteilte zufällige Variablen. Der Zielfunktionswert ist ebenfalls eine normalverteilte zufällige Variable, da er eine lineare Funktion von normalverteilten zufälligen Variablen ist.

Auf Grund der in Kapitel 12 angegebenen allgemeinen und der hier aufgezählten ergänzenden wahrscheinlichkeitstheoretischen Voraussetzungen kann eine Zielfunktion der Sicherheitsoptimierung konstruiert werden, die an die Stelle der ursprünglichen Zielfunktion (7.6) des Chemiefasermodells tritt.

$$C_P(\mathbf{x}) = C(\mathbf{x}) + \theta_P \sigma_C(\mathbf{x}). \tag{14.1}$$

Der Sicherheitswert $C_P(\mathbf{x})$ besteht aus zwei Summanden. Der erste Summand ist der *Erwartungswert* $C(\mathbf{x})$. Dieser stimmt mit der in der Formel (7.6) beschriebenen nichtstochastischen konkaven Kostenfunktion überein.

Der zweite Summand ist ein Produkt, dessen einer Faktor die *Streuung* $\sigma_C(\mathbf{x})$ ist. Er konnte auf Grund der aufgezählten ergänzenden Voraussetzungen bestimmt werden. Auf die Einzelheiten der Bestimmung gehen wir hier nicht ein.[2] Der andere Faktor ist der Sicherheitsfaktor θ_P; er ist der Parameter der Optimierung.

14.2. Einengung des Problems

Die *exakte Lösung* der parametrischen Sicherheitsoptimierung war *nicht* möglich. Im Kapitel 7 wurde bereits darauf hingewiesen, daß wir uns schon bei der nichtstochastischen konkaven Optimierungsaufgabe an Stelle der exakten Lösung mit Näherungslösungen begnügen mußten. Es ist jedoch noch viel komplizierter, mit einer stochastischen Zielfunktion von der Gestalt (14.1) zu rechnen als mit der ursprünglichen nichtstochastischen Funktion (7.6).

Deshalb wurde zur angenäherten Lösung der stochastischen Optimierungsaufgabe die Berechnung folgendermaßen eingeengt:

Es wurden im voraus 10 zulässige Programme festgelegt. Statt aus sämtlichen zulässigen Programmen zu wählen, wurde für die verschiedenen Werte des Sicherheitsniveaus P lediglich das optimale Programm unter diesen 10 ausgesucht. Natürlich ist nicht zu erwarten, daß so auch die Lösung der ursprünglichen Sicherheitsoptimierungsaufgabe gefunden wird. Da aber ein Teil der im voraus festgelegten zulässigen Programme auf Grund bestimmter wirtschaftlicher Erwägungen als Repräsentant je einer charakteristischen wirtschaftspolitischen Vorstellung zusammengestellt wurde, läßt die Berechnung manche wichtige Folgerung zu.

[1] Unkorrelierte normalverteilte Zufallsvariablen sind gleichzeitig unabhängig.

[2] Die Formeln für den Erwartungswert und die Streuung in der stochastischen Zielfunktion der Chemiefaseruntersuchung sind im Abschnitt B. 3 des Anhangs angegeben.

Wir haben folgende Programme verglichen (ein Teil derselben wurde bereits im Abschnitt 7.5 erwähnt):

1. Das mittels elektronischer Rechenmaschine berechnete Programm mit möglichst günstigem Erwartungswert.

2., 3., 4., 5. Programme mit »ziemlich günstigem« Erwartungswert. Auch diese wurden mittels elektronischer Rechenmaschine erarbeitet, indem mit Hilfe eines Näherungsverfahrens die »Umgebung« des Optimums gewissermaßen abgetastet wurde.

6. Das mit traditionellen Methoden bestimmte offizielle Programm.

7. Autarkes Programm. Der gesamte inländische Bedarf wird mittels inländischer Produktion befriedigt, es ist kein Export vorhanden.

8. Autarkie mit geringem Export. Eine etwas gemilderte Variante des 7. Programms, die den Export von insgesamt zwei Produkttypen vorschreibt.

9. Reiner Import. Im Gegensatz zum 6. Programm wird der gesamte inländische Bedarf durch Import befriedigt; es wird nichts produziert.

10. Extrem »extrovertiertes«, nach außen gewandtes Programm. Hier werden insgesamt zwei Produkttypen produziert, das eine in sehr großen Mengen, wovon der überwiegende Teil exportiert wird. Die anderen Produkte werden importiert. Dieses Programm ist im Sinne des ursprünglichen, im Abschnitt 6.3 beschriebenen Bedingungssystems des Modells nicht zulässig. Die Exportschranke des in großen Mengen hergestellten Produktes wurde nicht beachtet. Das so gewonnene Programm kann also nicht als real betrachtet werden, doch ist es zum Vergleich und als spekulatives Experiment beachtenswert.

Im Gegensatz zu den auf elektronischen Rechenmaschinen gewonnenen Programmen 1 bis 5 und zum gegebenen Programm 6 wurden die Programme 7 bis 10 von uns konstruiert.

14.3. Die wichtigsten Berechnungen

Zuallererst wurden die Erwartungswerte und Streuungen sämtlicher Programme bestimmt, sodann wurden die Programme nach zunehmenden Erwartungswerten geordnet (siehe Tabelle 14.1).

Schon aus dieser ersten Rangordnung können einige Lehren gezogen werden. Bei der Wahl zwischen zwei Programmen ergibt sich ein Dilemma, wenn das erste vom Gesichtspunkt des Erwartungswertes und das zweite vom Gesichtspunkt der Streuung günstiger ist. Dagegen vereinfacht sich die Wahl, wenn das eine von beiden Gesichtspunkten günstiger ist als das andere. In diesem Fall *dominiert* das erste (zumindest von diesen beiden Gesichtspunkten). Unter den 10 Programmen wurden vier von anderen Programmen dominiert. Bemerkenswerterweise gehört zu diesen vier auch das ausschließlich Import vorsehende Programm. Es ist das schlechteste vom Gesichtspunkt des Erwartungswertes, vom Gesichtspunkt der Streuung aber steht es auf dem vorletzten Platz.

Aus der weiteren Analyse wird auch das extrem »extrovertierte« Exportprogramm ausgelassen. Das stochastische Modell spiegelt nicht die Tatsache wider, daß die

Exportverwertung über eine gewisse Grenze hinaus immer unsicherer wird. Eigentlich hätte die Schätzung des Exportpreises derartig angegeben werden müssen, daß sich der Bereich »von-bis« mit wachsendem Exportvolumen erweitert, oder aber die Exportschranken hätten selbst als zufällige Variablen in das Modell eingebaut werden müssen, um die Unsicherheit der Exportverwertungsschranken aufzuzeigen. Dies hätte aber eine grundlegende Abänderung der Struktur des Modells bedeutet, was zur Zeit noch nicht möglich war.

TABELLE 14.1

Programme der Chemiefaserindustrie nach dem Erwartungswert geordnet

Lfd. Nr. des Programms	Kennzeichnung des Programms	Erwartungswert Mill. Ft	Streuung Mill. Ft	Wird das Programm von einem anderen Programm dominiert?
10	Extrem »extrovertiert«	5940,9*	495,8	Nein
1	Mit günstigem Erwartungswert (Rohmaterialexport beschränkt)	6425,2	247,3	Nein
2	Mit ziemlich günstigem Erwartungswert	6428,9	251,5	Ja
3	Mit ziemlich günstigem Erwartungswert	6449,9	227,3	Nein
4	Mit ziemlich günstigem Erwartungswert	6504,3	237,0	Ja
5	Mit ziemlich günstigem Erwartungswert	6567,0	238,1	Ja
6	Offiziell	7272,1	179,8	Nein
8	»Autarkie« mit geringem Export	7386,7	91,5	Nein
7	»Autarkie«	7770,4	84,4	Nein
9	Reiner Import	8438,5	283,4	Ja

* Um den Erwartungswert der Zielfunktion von Programm 10 zu finden, wurden die Kosten von 7 Normalanlagen an Stelle von einer einzigen Riesenanlage genommen. (Siehe die Betrachtungen im Abschnitt 7.6 über die ursprüngliche Kostenfunktion (7.6) der Chemiefaserindustrie.)

Die folgende Berechnung bezog sich also auf 5 Programme. Zuallererst wurde deren Sicherheitswert bei verschiedenem Sicherheitsniveau bestimmt. Das Ergebnis wird in Tabelle 14.2 dargestellt.

Als Ergänzung der Rangordnung von Tabelle 14.2 wurde eine weitere Berechnung, und zwar eine parametrische Sicherheitsoptimierung, durchgeführt. Das Sicherheitsniveau wurde als Parameter behandelt, der den Bereich zwischen 50 und 100%—10^{-12} Prozent durchläuft. Für die verschiedenen Werte von P wurde jeweils das optimale Programm bestimmt. (Natürlich handelt es sich hier nur um die relative Optimalität unter den betrachteten 9 zulässigen Programmen.)[1]

[1] Aus dieser Berechnung wurde das extrem extrovertierte 10. Programm ausgelassen

Es stellte sich heraus, daß in diesem Bereich außer den nach Tabelle 14.1 dominierten 4 Programmen weitere zwei von anderen Programmen dominiert werden. Es gibt also insgesamt 3 Programme, die innerhalb je eines Teilintervalls des beobachteten Bereiches von P optimal sind.

TABELLE 14.2

Sicherheitswerte der Chemiefaserindustrie-Programme

Lfd. Nr. des Programms:	1	3	6	8	7
Kennzeichnung des Programms:	Mit dem günstigsten Erwartungswert	Mit ziemlich günstigem Erwartungswert	Offiziell	»Autarkie« mit geringem Export	»Autarkie«
Sicherheitsniveau: 69,1 Prozent					
Sicherheitsfaktor: 0,5					
Sicherheitswert: Mill. Ft	6548,9	6563,5	7362,0	7432,5	7812,6
Rangordnung	1	2	3	4	5
Sicherheitsniveau: 84,1 Prozent					
Sicherheitsfaktor: 1					
Sicherheitswert: Mill. Ft	6672,5	6677,2	7451,9	7478,2	7854,8
Rangordnung	1	2	3	4	5
Sicherheitsniveau: 97,7 Prozent					
Sicherheitsfaktor: 2					
Sicherheitswert: Mill. Ft	6919,8	6904,5	7631,6	7569,7	7939,2
Rangordnung	2	1	4	3	5
Sicherheitsniveau: $100-10^{-4}$ Prozent					
Sicherheitsfaktor: 5					
Sicherheitswert: Mill. Ft	7661,8	7586,4	8170,9	7844,3	8192,4
Rangordnung	2	1	4	3	5

Die Ergebnisse der parametrischen Optimierung sind in Abbildung 14.1 dargestellt. Auf der Abszissenachse ist der Wert des zum Sicherheitsniveau P gehörenden Sicherheitsfaktors θ_P aufgetragen. Die verschieden geneigten Geraden stellen die Zielfunktionswerte der einzelnen Programme (d. h. die Sicherheitswerte, also die P-Quantilen der Kosten) dar. Die Knickpunkte der unteren Hüllkurve (auf der Abbildung stark ausgezogen) sind die kritischen Punkte des Sicherheitsniveaus. Beispielsweise befindet sich ein derartiger Knickpunkt beim Wert $\theta_P = 1{,}23$, der einem Sicherheitsniveau von 89 Prozent entspricht. Links von diesem Punkt ist das 1. Programm, rechts von ihm das 3. Programm optimal.

Für die Praxis der Chemiefaserindustrie können folgende Lehren aus der in der Tabelle 14.2 angegebenen Rangordnung und aus der auf der Abbildung dargestellten parametrischen Optimierung gezogen werden:

1. Das auf Grund des realen, die Exportschranken berücksichtigenden Modells errechnete 1. Programm mit günstigstem Erwartungswert ist auch vom Gesichts-

punkt des Sicherheitswertes am günstigsten, wenn das Sicherheitsniveau sich unter 89 Prozent befindet.

2. Im Sicherheitsniveau-Intervall zwischen 89 Prozent und 100 Prozent -10^{-12} Prozent ist das auf Grund des ebenfalls realen, die Exportschranken berücksichtigenden Modells mit Rechenautomaten errechnete 3. Programm das günstigste.

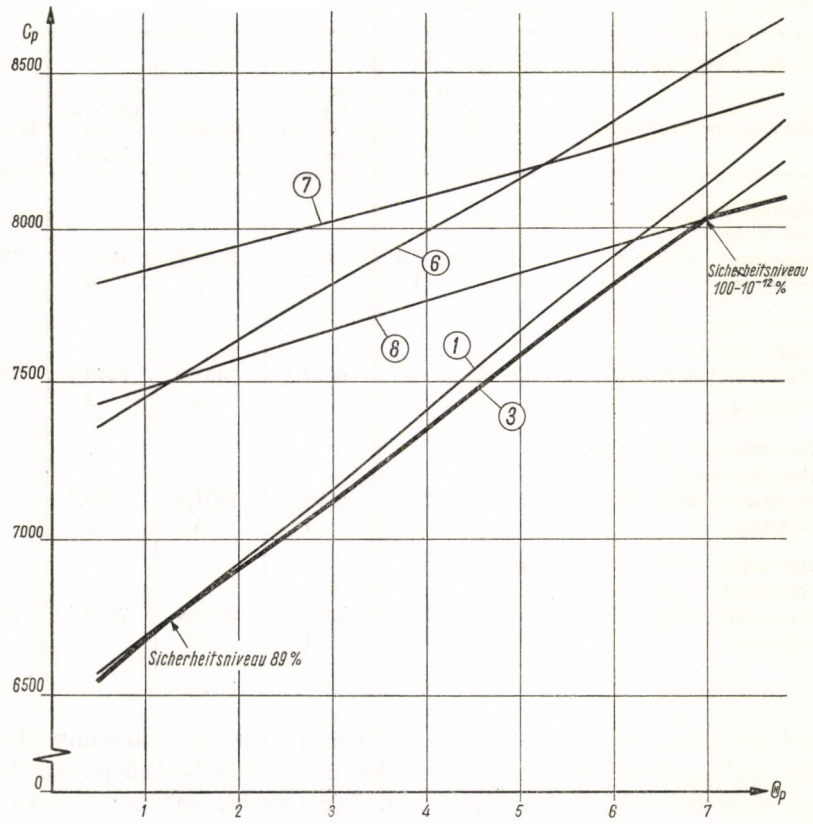


Abb. 14.1

Es hat einen wenig höheren Erwartungswert als das 1. Programm. Dieser Erwartungswert wird in diesem Intervall des Sicherheitsniveaus durch eine etwas niedrigere Streuung ausgeglichen.

Den beiden Programmen gemeinsam sind folgende Aktivitäten:

Akrylnitril-Kopolymer-Stapelfaser, Produktion und Export, Terylen, Produktion und Export

Nylon-6-Fäden, Produktion mit Technologie »B« und Export

Polypropylenfäden, Produktion und Export

Zellophan, Produktion mit neuer Einrichtung und Export
Aethylenglykol, Produktion
Polypropylen, Produktion.

Die Programme unterscheiden sich in folgendem:

Das 1. Programm enthält außer den obigen Aktivitäten die Phenolproduktion sowie den Export des Polypropylens.

Das 2. Programm enthält außer den obigen Aktivitäten die Produktion von Polypropylen-Stapelfasern (und geringere Mengen von Terylenproduktion als das 1. Programm).

3. Im Falle eines Sicherheitsniveaus größer als 100 Prozent -10^{-12} Prozent (d. h. annähernd bei Anwendung der Strategie der maximalen Sicherheit) sollte das Programm gewählt werden, das im wesentlichen eine durch minimalen Außenhandel ergänzte Autarkie bedeutet. Unserer Meinung nach ist es nicht richtig, bei der Entwicklung eines neuen Industriezweiges eine Wirtschaftspolitik zu treiben, die jedes Risiko zu vermeiden trachtet. Deshalb ist es auch nicht zweckmäßig, dieses Programm zu wählen.

Für jedes Sicherheitsniveau konnte ein Programm gefunden werden, das besser ist als das offizielle Programm.

14.4. Die Auswirkungen der Konzentration der Aktivitäten

Im betrachteten stochastischen Optimierungsmodell gibt es mehrere Beziehungen zwischen der Konzentration der Aktivitäten bzw. ihrer Zerlegung und dem Sicherheitswert des Programms.[1] Hier werden lediglich die konkreten Erfahrungen der Chemiefaserindustrie-Untersuchungen angegeben und kommentiert.

1. Eine der Komponenten des Sicherheitswertes ist der Erwartungswert der Kosten [siehe Funktion (7.6)]. Der Erwartungswert für die Kosten der produktiven Aktivitäten wird durch eine konkave Kostenfunktion repräsentiert, damit die mit der Massenproduktion und mit der Steigerung der Betriebsgröße verbundenen relativen Vorteile zum Ausdruck kommen. *Die Forderung nach Verminderung des Erwartungswertes treibt zur Konzentration der produktiven Aktivitäten.* (Dies wurde im Abschnitt 7.5 eingehend nachgewiesen.)

2. Die andere Komponente des Sicherheitswertes ist die mit dem Sicherheitsfaktor multiplizierte Streuung. *Die Forderung nach Verminderung der Streuung treibt zur Zerlegung der Aktivitäten.* Dadurch kommt nämlich ein stärkerer Ausgleich des Risikos zur Geltung.[2] Um einen Vergleich aus dem Pferderennen zu

[1] Eine allgemeinere Form der Darstellung wird an Hand eines schematischen Beispiels im Anhang C gegeben.

[2] Mit der auf die Sicherheit der Entscheidungskonsequenzen ausgeübten Wirkung der Konzentrierung und Verteilung der Investitionen befaßt sich das Buch von *H. Markovitz* [118], im Zusammenhang mit der Auswahl von Wertpapieren (portofolio selection) auf Seite 102–115.

bringen: Das Risiko wird vermindert, wenn nicht ein einziger großer Einsatz auf ein Pferd gesetzt wird, sondern kleine Einsätze auf viele Pferde (vorausgesetzt, die Chancen der verschiedenen Rennpferde sind voneinander unabhängig). Wenn wir beispielsweise nur eine einzige Terylen-Fabrik von einer Kapazität über den inländischen Bedarf hinaus errichten, und es sich herausstellt, daß der Preis des Terylens über die Erwartung hinaus sinkt, so kann ein großer Verlust entstehen. Wenn aber gleichzeitig eine Terylen-Stapelfaser-Fabrik und eine Polypropylen-Werkstoff-Fabrik errichtet wird – diese sind vom Gesichtspunkt der Absatzmärkte unabhängig voneinander –, dann besteht eine gewisse Chance, daß der eventuelle Verlust bei der Terylenproduktion durch den Gewinn der Polypropylenproduktion ausgeglichen wird oder umgekehrt.

Die Tabelle 14.3 veranschaulicht gut diesen Zusammenhang. Dort sind die 9 Programme nach steigender Streuung geordnet. (Das 9. Programm, das überhaupt keine produktive Aktivität enthält, wurde nicht aufgeführt.)

TABELLE 14.3

Programme der Chemiefaserindustrie nach der Streuung geordnet

Lfd. Nr. des Programms	Bezeichnung des Programms	Zahl der produzierten Produktenarten	Streuung in Mill. Ft
7	Autarkie	13	84,4
8	Autarkie mit geringem Export	13	91,5
6	Offiziell	10	179,8
3	»Ziemlich günstig«	9	227,3
4	»Ziemlich günstig«	6	237,0
5	»Ziemlich günstig«	7	238,1
1	Optimaler Erwartungswert	8	247,3
2	»Ziemlich günstig«	8	251,5
10	Extrem extrovertiert	2	495,8

Natürlich hängt die Sicherheit des Programms nicht nur vom Grad der Konzentration ab. Sie wird auch davon beeinflußt, inwieweit die in den Programmen enthaltenen Aktivitäten selbst sicher sind, und davon, welche Korrelation zwischen ihnen besteht. Auf jeden Fall geht aus der obigen Tabelle hervor, daß die Konzentration der Produktion die Sicherheit ungünstig beeinflußt.

3. Einen Einfluß übt auch die Korrelation zwischen den Kostenfunktionen der Aktivitäten auf die Konzentration aus.

Betrachten wir z. B. die Produktion und den Außenhandel von zwei verschiedenen synthetischen Fäden, *M* und *N*. Zwischen den Weltmarktpreisen der synthetischen Fäden *M* und *N* besteht eine positive Korrelation. Infolgedessen besteht zwischen dem Exportpreis des synthetischen Fadens *M* und dem Importpreis des synthetischen Fadens *N* eine negative Korrelation. Unter diesen Umständen würde es sich lohnen, den einen Faden herzustellen und den anderen zu importieren.

Wenn nämlich der Weltmarktpreis des ersten ansteigt, dann nimmt die Exporteinnahme zu. Das kann den wahrscheinlichen Kostenanstieg, der beim Import des anderen, nicht inländisch produzierten synthetischen Fadens entsteht, ausgleichen. Andererseits kann der durch die Preissenkung des inländisch produzierten und exportierten synthetischen Fadens entstehende Verlust die vermutliche Preissenkung des anderen synthetischen Fadens zum Teil oder ganz ausgleichen; bei der Senkung des Exportpreises entsteht zugleich eine Importpreissenkung.

Das Beispiel zeigt die risikovermindernde Wirkung der negativen Korrelation. Es folgt ein Beispiel für die risikosteigernde Wirkung der positiven Korrelation.

Wenn, wie unter 2 erwähnt, zwei voneinander unabhängige, nichtkorrelative Produktionsaktivitäten ausgeführt werden (z. B. der Aufbau einer Terylen-Faden-Fabrik und einer Polypropylen-Werkstoff-Fabrik), dann können sich die potentiellen Gewinne und Verluste mehr oder weniger ausgleichen. Auf den Ausgleich kann aber offensichtlich weniger gerechnet werden, wenn zweierlei Nylon-6-Fäden-Fabriken gegründet werden, da ja die Außenhandelspreise ihrer Produkte gemeinsam ansteigen und gemeinsam fallen.

Daraus ergibt sich die wirtschaftspolitische Vorschrift: *Man strebe danach, zueinander in möglichst kleiner positiver Korrelation (bzw. zueinander in möglichst größter negativer Korrelation) stehende Aktivitäten ins Programm einzubeziehen,* sowie die methodologische Lehre, daß die Korrelationen zwischen den Kosten und Einnahmen der Aktivitäten äußerst sorgfältig zu studieren und im Laufe der Berechnungen in Betracht zu ziehen sind.

Ein Vorteil des bei den Untersuchungen der Chemiefaserindustrie angewandten stochastischen Zielfunktionstyps liegt darin, daß er geeignet ist, die oben beschriebenen drei Zusammenhänge – die kostenvermindernde Wirkung der Konzentration, die sicherheitssteigernde Wirkung der Aufteilung und den Einfluß der Korrelationen – simultan widerzuspiegeln.

14.5. Eine methodologische Bemerkung

Zum Schluß der Übersicht über die stochastischen Berechnungen sei noch eine Bemerkung methodologischen Charakters hinzugefügt. Es muß äußerst sorgfältig darauf geachtet werden, daß der in den verschiedenen Angaben steckende Unsicherheitsgrad objektiv »mit gleichem Maß« gemessen und beurteilt wird. Die *Proportionen* des Unsicherheitsgrades der verschiedenen Angaben sollen die relativen Unterschiede dieser Unsicherheiten wirklichkeitsgetreu ausdrücken.

Die allgemeine Grundvoraussetzung, daß die Kennziffern der in der Zukunft eintreffenden Ereignisse mit der Wahrscheinlichkeit von 98 Prozent innerhalb des geschätzten »von-bis«-Bereiches bleiben, ist natürlich unkontrollierbar. Es wäre möglich, daß die richtige Zahl 90 Prozent ist. Was würde das an den Endresultaten dieser Berechnungen ändern? Das läßt sich am besten an der Abbildung veranschaulichen, die die Funktionen der Sicherheitswerte darstellt. Bei Abänderung der Grundvoraussetzung im angegebenen Sinne würden die Geraden steiler wer-

den.[1] Die Schnittpunkte würden sich also verschieben, die kritischen Sicherheitswerte abnehmen. So würde z. B. der kritische Sicherheitswert der Programme 1 und 3 nicht 89 Prozent, sondern 81 Prozent sein. Dagegen würden die Programme, deren zugehörige Sicherheitswertgeraden einander schneiden, die gleichen bleiben. Die gleichen Programme würden bei dem niedrigeren und die gleichen bei dem höheren Sicherheitsniveau besser sein. Bei gegebenem Sicherheitsniveau würde sich die Rangordnung des Sicherheitswertes der Programme nicht ändern. Dementsprechend würde sich auch das Verhältnis der dominierenden und dominierten Programme nicht ändern. Mit einem Wort: Beim Vergleich der Programme würde man zu den gleichen wirtschaftspolitischen Konsequenzen gelangen. Nur die dazugehörende wahrscheinlichkeitstheoretische Interpretation, die *zahlenmäßige* Folgerung für das Sicherheitsniveau würde sich ändern, was jedoch ohnehin weniger wesentlich ist.

[1] σ bezeichnet die Streuung einer in beliebiger »von-bis«-Form gegebenen Angabe, wenn eine 98%ige Wahrscheinlichkeit dafür besteht, daß der effektive Wert des Geschehnisses innerhalb der »von-bis«-Grenzen bleibt, und σ', wenn diese Wahrscheinlichkeit 90 Prozent ist.

Aus der Formel (12.1) folgt $\sigma' = v\,\sigma$, wobei

$$v = \frac{\Phi^{-1}(0{,}99)}{\Phi^{-1}(0{,}95)} = \frac{2{,}326}{1{,}645} = 1{,}41.$$

Folglich ist der Übergang auf 90 Prozent gleichwertig mit einer Multiplikation der Streuung sämtlicher Angaben mit dem gleichen konstanten Faktor. Die Streuung des Zielfunktionswertes ist jedoch eine homogene lineare Funktion der Streuung der Koeffizienten [siehe Anhang B, Formel (B. 4)]. Deshalb ist auch die Streuung des zu jedem Programm gehörenden Zielfunktionswertes mit dem gleichen Faktor zu multiplizieren: $\sigma'_C = v\,\sigma_C$. Die neuen Quantile des Zielfunktionswertes sind nach Formel (12.7)

$$C_P(\mathbf{x}) = C(\mathbf{x}) + \theta_P \sigma'_C(\mathbf{x}) = C(\mathbf{x}) + \theta_P v \sigma_C(\mathbf{x})\,.$$

Der neue Anstieg ist also $v\,\sigma_C$ statt σ_C.

15. Zweiter Vergleich mit den traditionellen Methoden

Die Richtlinien über die Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen geben keinen Hinweis, was geschehen soll, wenn die eine oder andere Angabe unsicher ist und praktisch keine Möglichkeit besteht, eine bestimmte genauere Angabe zu erhalten. In der Praxis entwickeln sich jedoch Methoden für die Bearbeitung von unsicheren Angaben.

Vor der Darstellung der Behandlung unsicherer Angaben ist aber zu unterscheiden zwischen dem, was in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen ausgewiesen wird, und dem, was in den Gedanken, im mündlichen Meinungsaustausch sowie in den effektiven Entscheidungen der Entscheidungfällenden zum Ausdruck kommt.

Im Text der Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist keine Spur von unsicheren Angaben vorhanden; im Gegenteil, die Angaben erwecken den Eindruck, als ob sie vollkommen genaue Zahlen seien. In den üblichen Berechnungen sind beispielsweise immer Angaben enthalten wie: der Weltmarktpreis beträgt 297 Dollar/Tonne –, auch, wenn zu diesen Zeitpunkt der Preis zwischen 280 und 310 Dollar schwankt, ganz zu schweigen davon, daß sich in der Zukunft auch der Mittelwert des Preises nach oben oder nach unten verschieben kann.[1]

Bereits im Kapitel 9 wurde die Zuverlässigkeit der Angaben des Genehmigungsdokumentes, des grundlegenden Entscheidungsdokumentes eingehend behandelt. Wir sahen, daß über eine längere Zeit gewisse Tendenzen zu einseitigen Verzerrungen bestehen.

Welche tatsächliche Haltung bezieht nun der Entscheidungfällende zu der Unsicherheit der Angaben?

Zuerst soll darauf hingewiesen werden, daß nicht die Theoretiker der Ökonomie entdeckten, daß bestimmte Angaben unsicher sind, sondern daß auch die Wirtschaftsfunktionäre in der Praxis dieses wohl wissen. Eben aus diesem Grunde trauen viele von ihnen den Wirtschaftlichkeitsberechnungen nicht völlig. Ihr Mißtrauen wird noch durch die Möglichkeit von tendenziösen Verzerrungen gesteigert. (Ein verantwortlicher Referent für Investitionen eines Industrieministeriums gab an, daß er, wenn man ihm einem Kostenvoranschlag unterbreitet, in

[1] Ein verantwortlicher Referent für Investitionen eines Industrieministeriums sagte, wenn er in irgendeiner Berechnung eine Angabe in der Form »von-bis« finde, so gebe er die Berechnung zur Überarbeitung zurück. Er fordert, daß das Problem weiter untersucht wird, bis anstatt der unsicheren eine sichere Angabe eingesetzt werden kann. Das Ergebnis ist, daß die Bearbeiter sich bemühen, die in der Berechnung enthaltene Unsicherheit *zu verbergen.*

Gedanken die Summe immer um 20 Prozent erhöht und erst dann die Wirtschaftlichkeit der Investition untersucht.)

Von den die Entscheidung treffenden Wirtschaftsfunktionären hört man des öfteren, daß die Berechnungen anders als das Leben sind, daß man die Berechnungen nicht als einen Fetisch anbeten darf, und so weiter und so fort.

Die Fachleute in der Praxis bemühen sich, das Risiko einer Investition abzuschätzen, da sie wohl wissen, daß die Größe des Risikos vom Gesichtspunkt der Volkswirtschaft von Bedeutung ist. Die Abschätzungen können aber, mangels entsprechender quantitativer Methoden, nur qualitativ oder, wie man sagen könnte, nach Fingerspitzengefühl vorgenommen werden.

Die Tatsache, daß in den traditionellen Wirtschaftlichkeitsberechnungen bis jetzt die Probleme der unsicheren Angaben vernachlässigt wurden, schadete der Glaubwürdigkeit dieser Berechnungen (und eigentlich darüber hinaus jeder ökonomischen Berechnung). Zuweilen ergibt sich daraus, daß ein Teil der Wirtschaftsfunktionäre auch dann von den Empfehlungen der Wirtschaftlichkeitsberechnung abweicht, wenn sie real ist und richtig orientiert.

Das überrascht nicht, da die Entscheidung bei unsicheren Angaben ein wichtiges, bis heute nicht befriedigend gelöstes Problem der ökonomischen Theorie ist. Die in den Kapiteln 9 bis 14 beschriebenen und ähnlichen Methoden bedeuten noch nicht, daß das Problem vollkommen gelöst ist. Diese Methoden bewirken keine Wunder. Es muß zur Kenntnis genommen werden, daß dort, wo die Ausgangsangaben unsicher sind, keine absolut sichere Aussage erreicht werden kann. Kein mathematisches Verfahren vermag aus Unsicherem Sicheres zu zaubern. Es kann nicht die wichtigste Aufgabe ersetzen, die darin besteht, durch eine bessere Planung und bessere Voraussicht auf die zukünftigen wirtschaftlichen Prozesse die Unsicherheit und das Risiko zu vermindern. Aus folgenden Gesichtspunkten kann aber die Anwendung dieser Methoden dennoch von Nutzen sein:

Sie bieten die Möglichkeit zu einer rationellen Auswahl. Gewisse Aktivitäten gelangen bei keinem Parameterwert, bei keiner realen Ausgangsannahme in das optimale Programm. Die negative Information, d. h. der Hinweis, was keinesfalls ausgewählt werden sollte, ist auch ein wichtiger Anhaltspunkt für die Entscheidung.

Mit Hilfe der Methoden können aus der Vielzahl der möglichen Aktivitäten *einige »ziemlich gute«, »annehmbare« Aktivitäten hervorgehoben werden.* Nach der Durchführung von vielen parametrischen Optimierungen und Empfindlichkeitsuntersuchungen ergeben sich die in mehreren optimalen Programmen enthaltenen und auch in mehreren Rangordnungen unter den ersten befindlichen Aktivitäten. Das ist ein schwerwiegendes Argument für ihre Bevorzugung.

Die Entscheidungen werden dadurch erleichtert, daß zu den Größen einzelner kritischer Parameter (z. B. bei der Sicherheitsoptimierung zum Werte des Sicherheitsniveaus) eine genaue Stellungnahme im voraus nicht erforderlich ist. Ein großer Vorteil der parametrischen Optimierung besteht darin, daß sie ziemlich breite Bereiche des Parameters nachweist, zu denen (quantitativ oder zumindest qualitativ) gleiche optimale Programme gehören.

Die empfohlenen Methoden *ermöglichen die objektivere Verwendung der geschätzten, unsicheren Angaben.* In den üblichen Berechnungen wird häufig mit geschätzten Angaben manövriert. Es wird das eine Mal mit den günstigeren und das andere Mal mit den ungünstigeren Werten gerechnet, je nachdem, was bewiesen werden soll. Es wurden bereits die Methoden dargestellt, die sichern, daß die geschätzten Angaben bei ein und derselben Berechnung nach einem einheitlichen Prinzip behandelt werden. Beispielsweise wird jede Angabe pessimistisch eingeschätzt oder bei jeder wird mit dem Mittelwert gerechnet usw.

Bei Anwendung der vorgeschlagenen Methoden *wird das konkrete Auswahlproblem auf eine allgemeinere Entscheidung zurückgeführt.* Nehmen wir das Beispiel des stochastischen Kunstfasermodells. Das konkrete Auswahlproblem ist: Welche von den wirtschaftlichen Aktivitäten des Modells sollen verwirklicht werden? Das allgemeinere Auswahlproblem ist: Wie groß ist das Risiko, das gewagt werden darf? Die Empfindlichkeitsuntersuchungen der Optimierung heben die Auswahlmöglichkeiten für die Wirtschaftsleitung auf eine höhere Ebene.

IV. TEIL

DIE KALKULATORISCHEN BEWERTUNGEN

Bei der Darstellung der zweiglichen Modelle im II. Teil des Buches wurde vorausgesetzt, daß in der Zielfunktion die *offiziellen* kalkulatorischen Bewertungen angewandt wurden. Nun wird diese Vereinfachung aufgehoben und beschrieben, wie versucht wird, in den Berechnungen die offizielle Bewertung durch eine *eigene* kalkulatorische Bewertung zu ersetzen.

Die zweiglichen Optimierungsmodelle umfassen jeweils einen herausgehobenen Teil der gesamten Volkswirtschaft. Während der Berechnungen ist es unser Bestreben, daß die Teilmodelle und mit ihnen die zweiglichen Programme möglichst gut in den optimalen Gleichgewichtszustand der Volkswirtschaft als *Ganzes* einzufügen sind. Es gibt hierfür zwei Hauptmittel; einerseits die das Teilmodell mit den anderen Teilen der Volkswirtschaft verknüpfenden Einschränkungen (Ausstoßauflagen, Ressourcenschranken, Materialquoten), andererseits die in der Zielfunktion angewandten Preise.

Ob dieses Bestreben restlos zu verwirklichen ist, wurde u. E. noch von niemandem bewiesen. Hierzu gibt es Untersuchungen, die im V. Teil des Buches eingehender behandelt werden. Vorläufig wurde aber bei der voneinander isolierten zweiglichen Optimierung ein weit bescheideneres Ziel gesetzt. Betrachten wir die vorhandenen Realitäten der Reihe nach. Gegeben ist das traditionelle Bilanzsystem, von dem niemand behauptet, daß es die optimale Zuordnung der Produkte und Ressourcen sichert. Aus diesem Bilanzsystem müssen die in den Einschränkungen des Modells enthaltenen Plandirektiven entnommen werden. Gegeben ist ferner das gegenwärtige Preissystem, von dem ebenfalls niemand behauptet, daß es die Entscheidungen der wirtschaftlichen Einheiten und Institutionen niederer Ebenen in optimale Richtung lenkt.

Unter solchen Umständen war es bei der zweiglichen Optimierung lediglich unser Bestreben, *in der Zielfunktion eine eigene kalkulatorische Bewertung anzuwenden, die das zweigliche Programm in eine bessere Richtung lenkt, als wenn einfach mit den gegenwärtigen Preisen bzw. mit den in den traditionellen Investitions-Wirtschaftlichkeitsberechnungen angewandten offiziellen kalkulatorischen Bewertungen gerechnet werden würde.*

Im Zusammenhang mit den angewandten kalkulatorischen Bewertungen sind wir vor allem auf Vermutungen angewiesen. Es kann nicht *bewiesen* werden, ob sie in der Tat besser als die gegenwärtigen Preise bzw. die offiziellen kalkulatorischen Bewertungen sind. Insbesondere kann nicht bewiesen werden, ob sie wirklich *gut* ist, und ob sie die harmonische Ein-

passung der zweiglichen Teilentscheidung in das volkswirtschaftliche Optimum garantiert.

Die folgenden Abschnitte sollen zum mindesten die *Schwierigkeiten der rationalen Kalkulation* andeuten. Das kann vielleicht auch deshalb von Nutzen sein, da mancher denkt, daß es sich um ein einfaches und leichtes Problem handelt. Hierbei fördern u. E. die zum Zwecke der rationalen Kalkulation angestellten praktischen Überlegungen – auch, wenn sie nicht immer mit zufriedenstellenden Ergebnissen verbunden sind – die theoretische Klarstellung. Während der Berechnung, Planung und Zusammenarbeit mit der Praxis werden auch theoretische Probleme klar, die allein auf spekulativem Wege nicht geklärt werden können.

16. Allgemeine Verrechnungsprinzipien des kalkulatorischen Preissystems

16.1. Die Rolle der Verrechnungsprinzipien

In den folgenden Abschnitten werden die Verrechnungsprinzipien behandelt. Diese sind *nicht* aus den volkswirtschaftlichen Optimierungsmodellen deduktiv abgeleitete, bewiesene Lehrsätze. Ihre Festlegung dient ausschließlich dazu, um klarzustellen, wie vorgegangen wird, welche Prinzipien bei der Berechnung angewandt werden. (Das bedeutet auch einen gewissen Vorteil gegenüber der traditionellen Planung, bei der oft die angewandten Verrechnungsprinzipien nicht ausdrücklich festgelegt werden.)

Für die Verrechnungsprinzipien wurden folgende Kriterien aufgestellt:

Das Verrechnungsprinzip soll einleuchtend sein, es darf nicht mit den für den Planer selbstverständlichen logischen Überlegungen in Konflikt geraten.

Das Verrechnungsprinzip soll vorteilhafter, rationaler als die Praxis der traditionellen Planung und des gegenwärtigen Preissystems sein. Es soll (wenn es auch nicht zu beweisen ist) eine bessere Annäherung an das volkswirtschaftliche Optimum gestatten.

Die Verrechnungsprinzipien sollen konsequent angewandt werden. In dieser Hinsicht sollen die Modelle konsistent sein.

Wir möchten nicht den Anschein erwecken, als ob die nachfolgend dargestellten Verrechnungsprinzipien schon vorhanden waren, als wir mit den ersten zweiglichen Optimierungen anfingen. Sie wurden während der Forschungsarbeit erarbeitet. Dabei wurde zuerst mitunter nur improvisiert, und einige Verrechnungsprinzipien wurden während der Berechnungen modifiziert. Zur theoretischen Klärung kam es erst später.

Gegenwärtig sind diese Verrechnungsprinzipien – in Ermangelung von besseren – für ähnliche Berechnungen zu empfehlen. Es ist aber sicher, daß bei einer ausgedehnteren Anwendung der zweiglichen Optimierung auch die Verrechnungsprinzipen der kalkulatorischen Berechnungen weiterzuentwickeln sind.

16.2. Die allgemeine Formel des kalkulatorischen Preises

Um die gegenwärtig gültigen, inländischen Preise zu umgehen, werden zwei Hauptmethoden angewandt:

Verrechnungsprinzip 16.1. Die inländischen Aufwendungen werden im allgemeinen auf zwei primäre inländische Aufwendungen – auf den Arbeitsaufwand und auf die Inanspruchnahme des Produktionsfonds – zurückgeführt.

Verrechnungsprinzip 16.2. Die Importaufwendungen werden im Außenhandelspreis, in ausländischer Währung verrechnet und mittels des kalkulatorischen Devisenkurses auf Forint umgerechnet. Hierbei wird ein Teil der inländischen Aufwendungen so behandelt, als ob sie in ausländischen Währungen anfallen würden, dann werden sie dementsprechend aus dem Außenhandelspreis auf Forint umgerechnet.

Als Außenhandelspreis wird der Preis bezeichnet, zu dem die ungarischen Außenhandelsorgane auf den ausländischen Märkten einkaufen (Importpreis) bzw. zu dem die ungarischen Produkte auf ausländischen Märkten verkauft werden (Exportpreis).[1]

Im sozialistischen Währungsgebiet werden die Außenhandelspreise in Rubel, im kapitalistischen Währungsgebiet in Dollar verrechnet.

Das Verfahren nach Prinzip 16.1 wird im folgenden Verrechnung als inländischer Aufwand, das Verfahren nach 16.2 Verrechnung als Außenhandelsaufwand bezeichnet. Unser kalkulatorisches Preissystem beruht auf einer Kombination dieser beiden Verrechnungsprinzipien.

Der Typ des kalkulatorischen Preises für das i-te Produkt kann in der folgenden Formel zusammengefaßt werden:

$$\begin{aligned} s_i = {} & \Omega(q_i^{\mathrm{dir}} + q_i^{\mathrm{indir}}) + \\ & + \gamma(p_i^{\mathrm{dir}} + p_i^{\mathrm{indir}}) + \\ & + D_{\mathrm{Rbl}}(r_{i,\mathrm{Rbl}}^{\mathrm{dir}} + r_{i,\mathrm{Rbl}}^{\mathrm{indir}}) + \\ & + D_{\$}(r_{i,\$}^{\mathrm{dir}} + r_{i,\$}^{\mathrm{indir}}) + \\ & + \gamma(D_{\mathrm{Rbl}}\, p_{i,\mathrm{Rbl}}^{\mathrm{dir}} + D_{\$}\, p_{i,\$}^{\mathrm{dir}}). \end{aligned} \tag{16.1}$$

In der Formel erscheint mehrmals der Index »dir« und »indir«. Der Index »dir« weist auf einen Aufwand hin, der bei der Herstellung des i-ten Produktes in dem entsprechenden Betrieb auftritt. Mit dem Index »indir« werden Aufwendungen bezeichnet, die zur Herstellung des i-ten Produktes erforderlich waren, die jedoch nicht bei dem das i-te Produkt herstellenden Betrieb, sondern bei einem anderen Betrieb, vielleicht sogar in einem anderen Zweig verursacht wurden. Dieser Begriff der indirekten Aufwendungen wurde bereits im Abschnitt über die I-O-Tabellen behandelt.

Die in der Formel benutzten Symbole bedeuten:

s_i	der kalkulatorische Einheitspreis des i-ten Produktes in Ft
q_i^{dir} bzw. q_i^{indir}	die auf die Einheit des i-ten Produktes entfallenden direkten bzw. indirekten effektiven Lohnkosten in Ft

[1] Die Außenhandelspreise werden zur Grenzparität kalkuliert. Auf die Einzelprobleme ihrer Bestimmung werden wir noch eingehen.

p_i^{dir} bzw. p_i^{indir}	der für die Einheit des i-ten Produktes beanspruchte direkte bzw. indirekte inländische Produktionsfondsbedarf in Ft
$p_{i,\text{Rbl}}^{\text{dir}}$ bzw. $p_{i,\$}^{\text{di}}$	der für die Einheit des i-ten Produkts beanspruchte direkte Produktionsfondsbedarf an Importen in Rubel bzw. in Dollar
$r_{i,\text{Rbl}}^{\text{dir}}$ bzw. $r_{i,\text{Rbl}}^{\text{indir}}$	die für die Einheit des i-ten Produktes aufgewandten, in sozialistischer Währung entstehenden direkten bzw. indirekten Importmaterialkosten in Rubel
$r_{i,}^{\text{dir}}$ bzw. $r_{i,\$}^{\text{indir}}$	die für die Einheit des i-ten Produktes aufgewandten, in kapitalistischer Währung entstehenden direkten bzw. indirekten Importmaterialkosten in Dollar
Ω	der kalkulatorische Lohnfaktor
γ	der kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor
D_{Rbl} bzw. $D_\$$	der kalkulatorische Rubelkurs bzw. Dollarkurs.

Wie ersichtlich ist, haben die *Symbole* der meisten Größen den Index i, was darauf hinweist, daß sie kennzeichnend für das i-te Produkt sind. Ω, γ und D_{Rb} bzw. $D_\$$ dagegen haben keinen Index i, was ausdrückt, daß sie für alle Produkte einheitlich gültige kalkulatorische Bewertungen sind.

Die in der Formel (16.1) enthaltenen Positionen können auf verschiedene Art gruppiert werden. Nach der ersten Gruppierung stehen in der ersten und zweiten Zeile die nach dem Prinzip 16.1 als inländischer Aufwand verrechneten Positionen, während in der dritten, vierten und fünften Zeile die nach dem Prinzip 16.2 als Außenhandelsaufwand ausgewiesenen Positionen enthalten sind. Letztere werden in Rubel bzw. in Dollar gemessen und dann mittels der kalkulatorischen Devisenkurse in Forint umgerechnet.

Nach einer anderen Gruppierung stehen in der ersten, dritten und vierten Zeile die kontinuierlichen Aufwendungen. In der zweiten und fünften Zeile stehen als einmalige Aufwendungen die Inanspruchnahme der Produktionsfonds. Der Wert der Produktionsfonds wird mit dem kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktor γ multipliziert, und das so ermittelte Produkt ist die kalkulatorische Produktionsfondsabgabe. Sie kann so betrachtet werden, als ob sie kontinuierlich zu zahlen wäre (als ob der Betrieb sie für jedes Produkt effektiv einzahlen würde), und somit kann sie zu den kontinuierlichen Aufwendungen der ersten, dritten und vierten Zeile addiert werden.

In der ersten Zeile stehen die effektiven Lohnkosten. Diese werden mit dem kalkulatorischen Lohnfaktor Ω multipliziert. (Ω ist größer als 1.) Das Produkt sind die kalkulatorischen Lohnkosten. Die zwischen den kalkulatorischen und effektiven Lohnkosten bestehende Differenz, d. h. $(\Omega - 1)\ (q_i^{\text{dir}} + q_i^{\text{indir}})$ kann als kalkulatorische Lohnsummensteuer aufgefaßt werden.[1]

[1] Als kalkulatorische Lohnsummensteuer werden *alle* Kosten bezeichnet, die über die effektiv ausgezahlten Löhne hinaus mit den Lohnkosten proportional verrechnet werden.

Das führt zu einem weiteren Verrechnungsprinzip:

Verrechnungsprinzip 16.3. Bei der als inländischer Aufwand erfolgenden Verrechnung wird der Arbeitsaufwand mit den kalkulatorischen Lohnkosten, die Inanspruchnahme des Produktionsfonds hingegen mit der kalkulatorischen Produktionsfondsabgabe gemessen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß der kalkulatorische Preis s_i aus drei Hauptbestandteilen besteht: aus dem vollen kalkulatorischen Lohninhalt, dem kalkulatorischen vollen Produktionsfondsabgabeinhalt und dem kalkulatorischen vollen Importinhalt.[1]

Die weitere Aufgabe ist die eingehende Erklärung und Konkretisierung der Verrechnungsprinzipien 16.1 bis 16.3 sowie der Preisformel (16.1). Das ist eine äußerst komplizierte, vielfältige Aufgabe, die von mehreren Seiten betrachtet werden muß. In diesem Abschnitt behandeln wir zuerst einige allgemeinere, zusammenfassende Probleme, und wir gehen dann in besonderen Abschnitten auf die weiteren Einzelheiten ein.

16.3. Der Anwendungsbereich der Außenhandelspreise

Zuerst muß eine Antwort auf die Frage gegeben werden, wann das Prinzip 16.1, die Verrechnung als inländischer Aufwand, und wann das Prinzip 16.2, die Verrechnung als Außenhandelsaufwand, angewandt werden muß.

Die zwischen den zwei Hauptverrechnungsmethoden bestehende Grenzlinie ist teils eine natürliche, teils eine künstliche, mehr oder minder willkürliche Grenze.

Betrachten wir zuerst die natürlichen Abgrenzungen:

Die aus dem effektiven Import resultierenden Aufwendungen, die entweder Betriebsaufwendungen (praktisch: Importmaterialien) oder direkte Investitionsaufwendungen (praktisch: Importmaschinen) sind, müssen *unbedingt* als Außenhandelsaufwendungen verrechnet werden.

Dagegen sind *unbedingt* als inländische Aufwendungen die Aufwendungen zu verrechnen, bei denen ein Außenhandelsgeschäft nicht real auftauchen kann. (So kann z. B. irgendein explosionsgefährlicher, nicht transportierbarer chemischer Stoff oder Dachziegel usw. nicht als Importgut behandelt werden.)

Gleichzeitig müssen auch Verrechnungsprinzipien angewandt werden, die nicht so einleuchtend sind.

Im gegenwärtigen Verrechnungssystem entwickeln sich in der Praxis, zwei Kostenelemente proportional zum Lohn: der 10%ige Sozialversicherungsbeitrag und die 15%ige Lohnsummensteuer. Demnach ist der gegenwärtige Lohnfaktor $\Omega = 1{,}25$.

[1] Der Leser, der die Preisdiskussionen, die in den vergangenen Jahren in Ungarn geführt wurden, kennt, kann feststellen, daß die Preisformel (16.1) eng mit dem sogenannten »Mehrkanal«-Preistyp verwandt ist. Siehe hierzu den Artikel [131] von *T. Nagy* und *Zs. Esze*.

Verrechnungsprinzip 16.4. Jeder indirekte Produktionsfondsaufwand wird als inländischer Aufwand verrechnet.

Wir wissen, daß dieses Verrechnungsprinzip ungenau ist, da ein großer Teil der Produktionsfonds, besonders die Maschinen, durch Import angeschafft wird. Den indirekten Maschinenbedarf zu verfolgen, um festzustellen, welche Maschinen importiert wurden, ist praktisch schwer durchzuführen (wenn auch nicht unausführbar), daher wird davon Abstand genommen. Dementsprechend haben wir in der Formel (16.1) bei der Bestimmung des *direkten* Produktionsfondsbedarfs zwischen p_i^{dir} (in Ft verrechnet) und $p_{i,\mathrm{Rbl}}^{\mathrm{dir}}$ bzw. $p_{,\$}^{\mathrm{dir}}$ (in Rubel bzw. in Dollar verrechnet) unterschieden. Die Abgrenzung ist zumindest bei der Kalkulation der mit neuen Anlagen hergestellten Produkte durchführbar. Für den indirekten Produktionsfondsbedarf ist jedoch nur eine Angabe, p_i^{indir} in der Preisformel, in Ft verrechnet, enthalten.

Verrechnungsprinzip 16.5. Zum Importpreis kann ein Produkt verrechnet werden, wenn ein Teil der für den inländischen Aufwand vorgesehenen Menge aus der inländischen Produktion, jedoch der größere Teil aus dem Import stammt.

Verrechnungsprinzip 16.6. Zum Exportpreis kann ein Produkt verrechnet werden, das im Inland hergestellt wird, jedoch regelmäßig und in bedeutenden Mengen exportiert wird.

Verrechnungsprinzip 16.7. Zum Import- oder Exportpreis können im Inland hergestellte Produkte verrechnet werden, wenn zwar kein bedeutender Außenhandelsumsatz vorliegt, sie jedoch importierbar oder exportierbar sind, d. h., wenn sie potentielle Import- oder Exportprodukte sind.

Diese drei Prinzipien sind mehr oder minder willkürlich. Die Prinzipien 16.5 und 16.6 lassen sich am besten, das Prinzip 16.7 viel weniger leicht verteidigen. Alle drei wurden nicht im verpflichtenden, sondern im zulässigen Sinne gebraucht, d. h. diese Prinzipien *können* in den Berechnungen angewendet werden. Ihre Anwendung ist entsprechend den Produkten zu erwägen. Das Prinzip 16.7 wurde in der Regel nur dann geltend gemacht, wenn es sich als besser beschreitbarer Weg erwies als das Prinzip 16.1, die Verrechnung als inländischer Aufwand. Letzteres ist nämlich viel schwerfälliger, komplizierter und ökonomisch auch nicht besonders gut begründbar.

Mit der Anwendung der drei behandelten Prinzipien kann bis zu einem gewissen Grade das »Prinzip der verpaßten Möglichkeit« begründet werden. Bei dem im Inland produzierten Material wird von der Importmöglichkeit abgesehen, d.h., der Importpreis wird nicht benötigt. Der Importpreis ist die »opportunity cost« der inländischen Herstellung. Analog kann gefolgert werden, daß, wenn die ganze Produktenmenge im Inland verbraucht wird, keine Möglichkeit des Exports besteht und der Exportpreis nicht benötigt wird. Der Exportpreis ist die »opportunity cost« der inländischen Verwendung.

Diese Betrachtung wäre bei einer geschlosseneren Wirtschaft mit autarkischem Charakter nicht berechtigt. Bei der ungarischen Volkswirtschaft hat aber der

Außenhandel ein sehr beachtliches Gewicht. Das Volumen des Imports 1962 entsprach 30 Prozent des Nationaleinkommens. Es fehlen uns zahlreiche grundlegende Rohstoffe, und wir sind schon deshalb gezwungen, Außenhandel zu betreiben, wobei die darüber hinaus sich ergebenden Vorteile des Außenhandels, wie die internationale Arbeitsteilung gar nicht betrachtet werden. Daher ist auch die Anschauung begründet, das nicht-importierte bzw. nicht-exportierte Produkt für ein potentiales Objekt des Außenhandels anzusehen.

Übrigens stimmt diese Methode mit dem in der offiziell vorgeschriebenen Investitionswirtschaftlichkeitsmethodologie enthaltenen Prinzip überein, wonach ebenfalls die Außenhandelspreise nicht nur für die tatsächlich importierten, sondern auch für die importier*baren* bzw. exportier*baren* Materialien angewendet werden.[1]

Diese Überlegung kann aber nur zu einem gewissen Grade die Prinzipien 16.5 bis 16.7 bekräftigen. Nehmen wir einen einfachen Fall an. Das Produkt *A* wird zum Teil importiert, zum Teil im Inland hergestellt. Die inländische Produktion ist, nach dem Prinzip 16.1 gerechnet, teurer als der Import, zum kalkulatorischen Devisenkurs auf Forint umgerechnet. Soll unter solchen Bedingungen der kalkulatorische Preis des Produktes *A* dem »Inlandspreis« gemäß 16.1 oder dem vom Importpreis abgeleiteten Preis entsprechen? Diese Frage kann nicht allein vom Standpunkt des Produktes *A* entschieden werden. Es ist möglich, daß es sich nicht lohnt, die inländische Produktion des Produktes *A* zu erweitern, da die Ressourcen wirksamer bei der Steigerung der Herstellung des Produktes *B* oder *C* angewandt werden können. In diesem Fall wird die vom Produkt *A* noch erforderliche Menge durch Import zu decken sein. Es ist daher begründet, daß die Konsumenten einen dem Importpreis entsprechenden Preis für das Produkt zu bezahlen haben. Anders ist die Lage, wenn es sich lohnt, die Produktion des Produktes *A* zu erweitern, obwohl die Herstellung im Inland teurer ist als der Import. Die Erweiterung der Produktion kann zweckmäßig sein, wenn die Mehrkosten geringer sind, als wenn der Import des Produktes *B* oder *C* durch eine Produktion im Inland ersetzt werden würde. In diesem Fall soll sich der Preis des Produktes *A* nach dem Aufwand im Inland richten.

Dieses kleine, stark vereinfachte Beispiel illustriert folgenden allgemeinen Gedanken:

Das Preissystem keines Landes kann sich mechanisch nach den Außenhandelspreisen richten, es kann nicht von den Bedingungen im Inland losgelöst werden (auch das bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen angewandte kalkulatorische Preissystem nicht). Nur auf Grund des gesamten Volkswirtschaftsplanes (genauer auf Grund des optimalen Programms) kann es sich ergeben, ob ein Produkt im Inland zu produzieren, zu importieren bzw. zu exportieren ist. Die Wahl wird durch die verschiedensten beschränkenden Bedingungen der Produktion und des Außenhandels beeinflußt. Auf Grund ihrer *gemeinsamen* Wirkung entscheidet es sich, ob der Preis des Produktes auf dem Exportpreis, auf dem Importpreis oder

[1] Siehe Investitionsgesetz [195].

auf dem Aufwand im Inland aufbauen soll.[1] Da gegenwärtig derartige simultane Plan- und Preisberechnungen auf volkswirtschaftlicher Ebene uns nicht zur Verfügung stehen, sind wir gezwungen, als *Arbeitshypothesen* die Verrechnungsprinzipien 16.4 bis 16.7 zu gebrauchen. Ihre Anwendung ist aber nur eine provisorische Zwangslösung, die abgelehnt werden kann, sobald wir zu besser fundierten Arbeitshypothesen gelangen.

16.4. Die Aufwandsdynamik

In dem bisher dargestellten und weiter darzustellenden Preissystem wird die Dynamik der Aufwendungen außerordentlich grob und oberflächlich behandelt. Die Aufwendungen werden in der Klassifizierung nach der Zeit insgesamt in zwei Kategorien eingeteilt, in die kontinuierlichen Aufwendungen von Produktionscharakter (mit dem Ausdruck der englischen Literatur: flow-input) und in die einmaligen Aufwendungen von Investitionscharakter (stock-input). Die kontinuierlichen Aufwendungen werden durch den kalkulatorischen Lohn und die einmaligen Aufwendungen durch die auf Grund des Produktionsfonds berechnete Produktionsfondsabgabe repräsentiert.

Würden wir ausschließlich die direkten Aufwendungen in Betracht ziehen, so würde die davon abhängige genauere Gestaltung der Aufwendungsdynamik keine Schwierigkeiten bereiten. So wurde z. B. bei der Optimierung der Baumwollindustrie, für einzelne Kontrollberechnungen die Zeitreihe der vom Programm abhängigen direkten Kosten für einen 30jährigen Abrechnungszeitraum festgestellt und dann deren diskontierte Summe minimiert. Bei den indirekten Kosten ist praktisch aber eine derartige Methode nicht anwendbar. Bei unseren gegenwärtigen Bedingungen sind wir nicht in der Lage, ihre Dynamik für eine längere Zeit im voraus einzuschätzen. Wir mußten zwischen zwei Möglichkeiten wählen: entweder mit den gegenwärtigen Preisen zu arbeiten und somit den zeitlichen Ablauf der Aufwendungen genauer zu betrachten (z. B. errechnen wir die diskontierte Kostensumme), oder an der Bildung von kalkulatorischen Preisen festzuhalten, und hiermit zugleich an der Berechnung der indirekten Aufwendungen. In diesem Fall ist es jedoch nicht möglich, die Kostendynamik richtig widerzuspiegeln. In Anbetracht dessen, daß bei unseren Untersuchungen – und demzufolge im vorliegenden Buch – *nicht* Fragen der zeitlichen Auswahl, nicht die Planung der zeitlichen Verteilung der Aktivitäten im Vordergrund stand, sondern die Optimierung der zweckmäßigen *wirtschaftlichen Struktur*, wurde die erste Möglichkeit, kalkulatorische Preise bei vereinfachter dynamischer Entwicklung, gewählt.[2]

[1] Das würde durch das »Schattenpreissystem« eines volkswirtschaftlichen Optimierungsmodells und durch die Gesamtheit der damit verbundenen kalkulatorischen Berechnungen klargelegt werden. Hierauf kommen wir noch zurück.

[2] Wie erwähnt, wurden bei einzelnen ergänzenden Kontrollberechnungen Zinseszins-Formeln angewandt. Hierzu wird im Anhang D eine kurze Information gegeben.

In unserem Buch wenden wir den Ausdruck kalkulatorischer Zinsfuß nur für den Zinsfuß in den Zinseszins-Formeln an. Dieser wird mit i bezeichnet.

Im Anhang D wird das Problem behandelt, ob ein kalkulatorischer Zinsfuß und Produktionsabgabefaktor gleicher Größe angewandt werden kann ($i = \gamma$).

Nehmen wir an, daß die Berechnungen im Jahre 1963 durchgeführt wurden und das Planjahr, zu dem optimiert wird, dessen zweckmäßige ökonomische Struktur, und zwar Input- und Output-Struktur, bestimmt werden soll, das Jahr 1970 ist. Bei den Berechnungen hängt der eine Teil des Produktionsfondsbedarfs mit den Aufwendungen der Zeit vor 1963 zusammen. So repräsentiert z. B. die eine Veränderliche des Modells die Fortführung der Produktion in einem alten, schon 1963 bestehenden Betrieb, und der zugehörige Produktionsfondsbedarf – den Wert der Gebäude und Maschinen – des alten Betriebes. Der andere Teil des den Berechnungen zugrunde gelegten Produktionsfondsbedarfes hängt mit den Aufwendungen nach 1963 (also im Vergleich zu dem Zeitpunkt der Berechnung mit »zukünftigen« Aufwendungen) zusammen. So repräsentiert z. B. eine Veränderliche des Modells die Inbetriebnahme eines neuen, 1966 bis 1969 zu errichtenden Betriebes. Hier ist der Produktionsfondsbedarf mit den Investitionskosten identisch. In der Preisformel (16.1) wird zwischen diesen beiden nicht unterschieden. Beide Veränderliche erscheinen in dem Koeffizienten p_i und sie sind mit demselben Produktionsfondsabgabefaktor zu multiplizieren. Im Planjahr, also 1970 werden sowohl die Aufwendungen vor 1963 als auch diejenigen zwischen 1966 bis 1969 Aufwendungen der *Vergangenheit* sein, darauf beruht ihre gemeinsame Behandlung.

Diese gemeinsame Behandlung bedeutet natürlich nur, daß die für sie symbolisch »zu bezahlende« kalkulatorische Produktionsfondsabgabe gleichfalls mit dem Faktor γ berechnet wird. Zugleich ist es möglich, p_i sowohl bei der Produktion mit den Produktionsfonds der alten Betriebe als auch mit den zu erwartenden Investitionskosten der neuen Anlagen zu bestimmen.

Die zukünftige Änderung der laufenden Aufwendungen im voraus zu schätzen, ist eine äußerst schwere Aufgabe. Die zukünftigen Änderungen ergeben sich zum Teil dadurch, daß die Technologie sich ändert. Das kommt in den Modellen – bis zu einem gewissen Maße – zum Ausdruck, da bei der Optimierung zwischen den Produktionsaktivitäten mit verschiedenen alten und neuen Technologien ausgewählt wird. Darüber hinaus konnten die zu erwartenden Änderungen der laufenden Aufwendungen nur in zwei Zusammenhängen betrachtet werden:

Verrechnungsprinzip 16.8. Die Lohnaufwendungen werden mit dem zu erwartenden Lohnniveau des Planjahres verrechnet.

Die hierzu erforderlichen Schätzungen wurden aus dem mit traditionellen Methoden erarbeiteten Volkswirtschaftsplan entnommen.

Verrechnungsprinzip 16.9. Als Außenhandelspreise sind die möglicherweise im Planjahr zu erwartenden Preise zu verrechnen.

Das wird nur erwähnt, um eine Übersicht über die Dynamik der Probleme zu geben. Eine eingehende Behandlung erfolgt in einem besonderen Abschnitt.

Bei der Behandlung der Wirtschaftsdynamik wird auch kurz auf die Abschreibung eingegangen. Ein allgemein verbreiteter Standpunkt in der Betriebswirt-

schaftsliteratur ist, daß jede Abschreibung unvermeidbar willkürlich ist.[1] Wir streben danach, daß unser Standpunkt dazu nach Möglichkeit mit unseren sonstigen Verrechnungsprinzipien übereinstimmt. Zwei Prinzipien wurden angewandt:

Verrechnungsprinzip 16.10. Anstatt der Abschreibung wurde hierunter der mögliche Aufwand, der das unveränderliche technische Niveau des vorhandenen Grundfonds sichert, unter Berücksichtigung der technisch erforderlichen rechtzeitig durchgeführten Generalreparaturen und des Ersatzes verstanden. Dieser Aufwand wird als Instandhaltungsaufwand *bezeichnet.*

Verrechnungsprinzip 16.11. Der Instandhaltungsaufwand wird gemäß dem Prinzip 16.1 als ein inländischer Aufwand verrechnet (er wird auf die primären inländischen Aufwendungen reduziert).

Das Prinzip 16.11 über die Ableitung von den primären Aufwendungen wird später im Zusammenhang mit der Anwendung der I-O-Tabellen behandelt. Hierzu muß noch bemerkt werden, daß wir die Prinzipien 16.10 und 16.11 nicht konsequent anwenden konnten. Bei der Baumwollindustrie-Optimierung gelang es uns z. B., entsprechende Schätzungen für die Instandhaltungskosten auszuarbeiten, jedoch bei der chemiefaserindustriellen Optimierung nicht. Mangels einer besseren Angabe wurde der Erneuerungsanteil der Abschreibung in unsere Berechnungen eingesetzt.

Im Zusammenhang mit dem Prinzip 16.10 könnte die Frage gestellt werden, warum dabei von dem unveränderten technischen Niveau ausgegangen wurde. Bedeutet das vielleicht, daß die technische Veraltung der Grundfonds außer acht gelassen wird? Durchaus nicht; die Veraltung wird nur in einer von der üblichen Amortisationskalkulation abweichenden Weise berücksichtigt.

In unseren Modellen sind normalerweise mehrere technologische Varianten enthalten, technisch entwickeltere und zurückgebliebene Varianten konkurrieren miteinandar. Diese Konkurrenz kommt eben dadurch klar zur Geltung, daß bei jeder technologischen Variante jene Aufwendungen berücksichtigt wurden, die zur unveränderten Aufrechterhaltung der zur Verwirklichung notwendigen Grundfonds erforderlich sind. Die Veraltung der Technik kommt gerade darin zum Ausdruck, daß sie durch die die neue Technik repräsentierende Variante aus dem optimalen Programm verdrängt wird.

Es ist dem Verfasser klar, daß in dem in diesem Buch beschriebenen System die kalkulatorischen Bewertungen, ja sogar in der ganzen Struktur der angewendeten Modelle die äußerst vereinfachte Behandlung der Dynamik der Aufwendungen und des Ausstoßes der schwächste Punkt dieser Forschungen ist. Auf diesem Gebiet konnten wir jedoch einstweilen nicht mehr erreichen. Diese Schwäche wird zwar nicht entschuldigt, doch bis zu einem gewissen Grade – außer der allbekannten Schwierigkeit des Problems – auch durch die Tatsache erklärt, daß die Dynamik der Aufwendungen und des Ausstoßes auch einer der

[1] Siehe z. B. das Buch [111] von *F. Lutz, V. Lutz* (Seite 70).

schwächsten Punkte der herkömmlichen nichtmathematischen Planung ist. Während wir uns bei unseren Untersuchungen überall auf die Ergebnisse der herkömmlichen Planung zu stützen trachteten, konnten wir hier sozusagen keine Stützpunkte finden. In die dynamischen Zusammenhänge tiefer einzudringen, zur Planung der dynamischen Zusammenhänge praktisch gut anwendbare mathematische Methoden auszuarbeiten, wird die Aufgabe der zukünftigen Forschungsarbeit sein.

16.5. Der weitere Verlauf der Abhandlung

Da die Preisformel (16.1) in zwei »Querschnitten« vom Gesichtspunkt der Abgrenzung zwischen dem inländischen und Außenhandelsaufwand und vom Gesichtspunkt der Dynamik untersucht wurde, werden ihre Komponenten der Reihe nach behandelt.

Im Kapitel 17 wird der Lohnkostenkoeffizient q_i und der Produktionsfondsbedarfskoeffizient p_i und im Kapitel 18 wird der kalkulatorische Lohnfaktor Ω und der kalkulatorische Produktionsabgabefaktor γ behandelt.

Im Kapitel 19 werden die Importmaterialkosten r_i behandelt und im Kapitel 20 die kalkulatorischen Devisenkurse D_{Rbl} und $D^{\$}$.

Zum Abschluß wird im Kapitel 21 das Verhältnis zwischen dem gegenwärtig aktuellen und dem kalkulatorischen Preissystem zusammengefaßt.

17. Die Bestimmung des vollen Produktionsfondsbedarfs und des vollen Lohninhalts

17.1. Übersicht

Das hier entwickelte kalkulatorische Preissystem spiegelt zwei Arten von primären inländischen Aufwendungen wider: die Inanspruchnahme des Produktionsfonds und die des Lohns. Jetzt wird untersucht, mit welchen Methoden und mit welcher Technik der volle Bedarf an Produktionsfonds und Lohn *zahlenmäßig* bestimmt ist.

Es sei der volle Produktionsfondsbedarf und der volle Lohninhalt der j-ten produktiven Tätigkeit des Optimierungsmodells zu bestimmen. Es gilt:

$$P_j^{\text{tot}}(x)_j = P_j^{\text{dir}}(x_j) + P_j^{\text{indir}}(x_j) \qquad (j = 1, \ldots, n), \tag{17.1}$$

$$Q_j^{\text{tot}}(x_j) = Q_j^{\text{dir}}(x_j) + Q_j^{\text{indir}}(x_j) \qquad (j = 1, \ldots, n). \tag{17.2}$$

Hierbei ist

P_j^{tot} bzw. Q_j^{tot}	der volle Produktionsfondsbedarf bzw. der volle Lohninhalt
P_j^{dir} bzw. Q_j^{dir}	der direkte Produktionsfondsbedarf bzw. der direkte Lohninhalt
P_j^{indir} bzw. Q_j^{indir}	der indirekte Produktionsfondsbedarf bzw. der indirekte Lohninhalt.

Die Bestimmung von P_j^{dir} und Q_j^{dir} wurde schon im Kapitel 7 behandelt, es ist nicht erforderlich, hierauf zurückzukommen. Dagegen ist zur Bestimmung von P_j^{indir} und Q_j^{indir} eine eingehendere Untersuchung erforderlich. Zuerst muß darauf hingewiesen werden, daß zur Vereinfachung des ohnehin äußerst komplizierten Problems die Linearität vorausgesetzt wird (im Gegensatz zum direkten Bedarf, den wir in einzelnen Berechnungen durch nichtlineare Funktionen dargestellt hatten):

$$P_j^{\text{indir}}(x_j) = p_j^{\text{indir}} x_j \,, \tag{17.3}$$

$$Q_j^{\text{indir}}(x_j) = q_j^{\text{indir}} x_j \,. \tag{17.4}$$

Die Aufgabe reduziert sich demnach auf die zahlenmäßige Bestimmung des Koeffizienten p_j^{indir} bzw. q_j^{indir}. Zu diesem Zweck werden mehrere Techniken angewandt, die zum Teil miteinander kombiniert werden:

- Anwendung der volkswirtschaftlichen I-O-Tabellen,
- Berechnung des indirekten Bedarfes durch einfachere Methoden.

Zuerst wird die Berechnung des Produktionsfondsbedarfes beschrieben; die Berechnung des vollen Lohninhalts erfolgt analog.

Zur Berechnung muß der direkte Produktionsfondsbedarf der einzelnen Sektoren der Volkswirtschaft bekannt sein, und zwar gemäß der Zerlegung der angewandten I-O-Tabelle. Bezeichnen wir den direkten Produktionsfondskoeffizienten, d. h. den zur Herstellung von einer Einheit (1 Ft) des Produkts des l-ten Sektors der Volkswirtschaft unmittelbar erforderlichen Produktionsfonds mit p_l $(l = 1, \ldots, N)$. Zur Schätzung dieser Koeffizienten stehen zwei Quellen zur Verfügung:

A) Die Statistik weist den Wert der Produktionsfonds (den Brutto- und Nettowert der Grundfonds) in der Zerlegung der I-O-Tabelle aus.[1] Leider ist die Bewertung der Grundfonds mit vielen Mängeln behaftet.

B) Die Produktionsfondskoeffizienten für die einzelnen Sektoren wurden auch auf Grund der tatsächlichen Angaben der in den letzten zwei bis drei Jahren beendeten Investitionen bestimmt sowie auf Grund der Planangaben, die in den Genehmigungsdokumenten der laufenden oder in naher Zukunft beginnenden Investitionen enthalten sind.[2] Dieser Methode liegt zwar keine vollständige Datenerfassung zugrunde; die eben beendeten bzw. in den nächsten Jahren erfolgenden Investitionen sind auch nicht unbedingt für den *Durchschnitt* des Sektors kennzeichnend. Das wurde einigermaßen dadurch ausgeglichen, daß letzten Endes viele Investitionsangaben untersucht werden konnten. Der Vorteil der so erhaltenen Koeffizienten ist gegenüber den nach A) ermittelten darin begründet, daß sie nicht auf den oft irrealen »toten« Buchhaltungsangaben der Grundmittelbewertung beruhen, sondern auf den »lebenden« Investitionskosten.

Es sei

$$\mathbf{p}' = [p_1, p_2, \ldots, p_N] \tag{17.5}$$

der aus N Komponenten bestehende Zeilenvektor der Produktionsfondskoeffizienten in der Zerlegung der volkswirtschaftlichen I-O-Tabelle,

$$\check{\mathbf{G}} = (\mathbf{E} - \mathbf{G})^{-1} \tag{17.6}$$

die Kehrmatrix, in der $\mathbf{G}$ das innere Quadrat der technologischen Matrix der volkswirtschaftlichen I-O-Tabelle bedeutet,

[1] Das Zentralamt für Statistik veröffentlichte gemeinsam mit der volkswirtschaftlichen I-O-Tabelle für 1959 auch die Angaben der Produktionsfonds, und zwar in gleicher Gliederung (siehe [187]).

[2] Diese Berechnung wurde vom Verfasser zum Zwecke der Anwendung bei den zweiglichen Optimierungen veranlaßt. Die Untersuchungen wurden im Auftrag des Investitionsbüros des LPA von *Frau J. Deák* auf Grund einer sehr umfassenden Angabensammlung durchgeführt (siehe [34]).

$$\bar{\mathbf{g}}_j = \begin{bmatrix} \bar{g}_{1j} \\ \bar{g}_{2j} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{g}_{Nj} \end{bmatrix} \tag{17.7}$$

der aus N Komponenten bestehende Spaltenvektor der Materialinput-Koeffizienten $\bar{g}_{l_j}$ die zum Ausstoß von einer Einheit der j-ten produktiven Aktivität des Optimierungsmodells erforderlich sind,[1] dann ergibt sich[2]

$$p_j^{\text{indir}} = \mathbf{p}' \check{\mathbf{G}} \bar{\mathbf{g}}_j . \tag{17.8}$$

Der Inhalt der Formel (17.8) sei an einem Beispiel veranschaulicht. Die j-te produktive Aktivität sei die Gründung und Inbetriebhaltung einer neuen Kohlengrube. Die Produkteneinheit sei Kohle im Werte von 100 Ft. Zur Ausbeute von Kohle im Werte von 100 Ft sind für 4,59 Ft Strom, für 4,92 Ft Eisen- und Stahlindustrieprodukte, für 1,15 Ft Schwerchemieindustrieprodukte usw. erforderlich. (Diese Angaben bilden den Vektor $\bar{\mathbf{g}}_j$.)

Diese direkten Materialbedürfnisse pflanzen sich fort. Wenn die indirekten Materialbedürfnisse hinzuaddiert werden, so sind zur Erzeugung von 100 Forint Kohle weitere 6,40 Ft Strom, 9,17 Ft Eisen- und Stahlindustrieprodukte, 1,46 Ft Schwerchemieindustrieprodukte usw. erforderlich ($\check{\mathbf{G}}\bar{\mathbf{g}}_j$).

Um aber soviel Strom, Eisen- und Stahlindustrieprodukte, Schwerchemieindustrieprodukte usw. sichern zu können, muß für entsprechende Produktionsfonds gesorgt werden. Wird der volle Materialbedarf mit dem Vektor $\mathbf{p}'$ multipliziert, so erhält man den vollen Produktionsfondsbedarf für Kohle im Werte von 100 Ft.

Unserem Verfahren sind gewisse vereinfachende, über die bei der Anwendung der I-O-Tabellen schon erwähnten hinausgehende Voraussetzungen implizit.

1. Es verursacht eine gewisse Ungenauigkeit, daß $\mathbf{p}'\check{\mathbf{G}}$ den *durchschnittlichen* Produktionsfondsbedarf je eines Sektors ausdrückt, obwohl der Materialbedarf der im Optimierungsmodell enthaltenen Aktivität nicht durchschnittlich ist, sondern sich auf einen bestimmten Umfang von konkreten Produkten für einen Sektor bezieht.

[1] Im Bezeichnungssystem des Buches ist jeder Materialinputkoeffizient, sowohl in den I-O-Tabellen als auch bei den Optimierungsmodellen, mit g bezeichnet. In den übrigen Teilen des Buches kann das im allgemeinen kein Mißverständnis verursachen, da es sich *entweder* um I-O-Tabellen *oder* um Optimierungsmodelle handelt. Nur hier kommen beide zusammen vor. Aus diesem Grunde wird hier der Materialinputkoeffizient der j-ten Aktivität des Optimierungsmodells durch Überstreichen vom technischen Koeffizienten der I-O-Tabelle unterschieden.

[2] Die Bestimmung der indirekten Investitionen mit Hilfe der I-O-Tabelle wurde von *A. Bródy* in [14] zum ersten Mal in der ungarischen ökonomischen Literatur vorgeschlagen. Die ersten numerischen Berechnungen von volkswirtschaftlichen Ausmaßen wurden von *Gy. Cukor* und *Z. Román* vorgenommen (siehe [26]). Die Anwendungsmöglichkeiten bei den langfristigen Optimierungsmodellen erarbeitete der Verfasser gemeinsam mit *B. Martos* (siehe [84]).

2. Bei der Bildung des Produkts $\check{\mathbf{G}}\bar{\mathbf{g}}_j$, d. h. bei der Berechnung des vollen Materialbedarfes der j-ten Aktivität wird auch der »indirekte Eigenverbrauchbedarf« bestimmt. Darunter ist folgendes zu verstehen:

Die j-te produktive Aktivität sei beispielsweise die Herstellung von Aluminium. Die Herstellung der zur Aluminiumproduktion erforderlichen Chemikalien, Maschinen, Elektroenergie, Instrumente usw. beansprucht u. a. auch Aluminium. Der durch den direkten Materialbedarf $\bar{\mathbf{g}}_j$ für die j-te Aktivität induzierte Aluminiumbedarf wird als indirekter Eigenverbrauchbedarf der j-ten Aktivität bezeichnet.

Wenn p_j^{indir} nach (17.8) bestimmt wird, so enthält es auch den Produktionsfondsbedarf des indirekten Eigenverbrauchs. Das Einschränkungssystem des Optimierungsmodells schreibt bekanntlich vor, wie groß der Volkswirtschaftsbedarf an Aluminium ist. Die diesbezügliche Angabe wird in der Regel aus dem mit traditioneller Methode erarbeiteten Plan übernommen, der aber den *vollen* Aluminiumbedarf vorschreibt (den indirekten Eigenverbrauch eingeschlossen).

Der indirekte Produktionsfondsbedarf, der aus dem indirekten Eigenverbrauch entsteht, belastet unberechtigt die Kostenfunktion der j-ten produktiven Aktivität, in unserem Beispiel die der Aluminiumproduktion.

Dieser Fehler ist aber nicht bedeutend. Der Umfang eines derartigen Eigenverbrauchs ist in den meisten Sektoren gering.

Daraus folgt, daß der mittels der volkswirtschaftlichen I-O-Tabelle berechnete indirekte Produktionsfondsbedarf nicht als genau, sondern bloß als Annäherung zu betrachten ist.

Die Bestimmung des vollen Lohninhalts erfordert – da sie analog erfolgt – keine eingehendere Erläuterung. Die Abweichung besteht darin, daß in der Formel (17.8) an die Stelle des Vektors $\mathbf{p}'$ der Vektor $\mathbf{q}'$ tritt. Er gibt die für die einzelnen Sektoren der Volkswirtschaft kennzeichnenden direkten Lohninhalte in der Zerlegung der angewandten I-O-Tabelle an. Die Bestimmung der direkten Lohnkoeffizienten q_l $(l = 1, \ldots, N)$ ist nicht mit solchen Schwierigkeiten verbunden wie die der Koeffizienten des direkten Produktionsfonds. Die entsprechenden Angaben werden sogar in einer der I-O-Tabelle entsprechenden Zerlegung genau ausgewiesen.

Bis jetzt wurden Abschreibungen nicht erwähnt. Bei den Berechnungen des Zentralamts für Statistik wurde auch der Zeilenvektor der Abschreibungen als spezieller Sektor in das innere Quadrat eingetragen. Als entsprechender Spaltenvektor wurden die Aufwendungen der Aktivitäten, die sich auf den Ersatz der Produktionsmittel bzw. auf deren Generalreparatur beziehen, dargestellt. In diesem Zusammenhang wurde die stark vereinfachende Voraussetzung gemacht, daß die Struktur der Aufwendungen für Generalreparatur- und Ersatzaktivitäten mit der Aufwandsstruktur der Bruttoinvestitionen übereinstimmt.[1] Mit der so erweiterten Matrix $\mathbf{G}$ gerechnet, enthalten p_j^{indir} und q_j^{indir} auch den Produktionsfondsbedarf

[1] Siehe z. B. den Artikel [52] von *P. Havas* sowie den Artikel [145] von *A. Rácz* und Frau *L. Ujlaki*.

bzw. den Lohninhalt der zum Ersatz bzw. zur Generalreparatur der Grundmittel erforderlichen Aktivitäten (oder richtiger, die diesbezüglichen groben Schätzwerte).

17.3. Vereinfachende Voraussetzungen im Zusammenhang mit den I-O-Tabellen

In Abschnitt 17.2 wurde beschrieben, wie die I-O-Tabellen zur Berechnung der kalkulatorischen Preise ausgenutzt werden. Später werden die I-O-Tabellen im Zusammenhang mit dem Außenhandel noch einmal angewandt.

Das Modell der I-O-Tabelle beruht auf wohlbekannten vereinfachenden Voraussetzungen. Zur Veranschaulichung der Ungenauigkeit der Berechnungen mit diesen Tabellen seien – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – zwei miteinander im Zusammenhang stehende Voraussetzungen hervorgehoben.

1. *Proportionaler Ertrag im Falle gleichzeitiger proportionaler Steigerung sämtlicher Aufwendungen* (constant return to scale). Wenn sämtliche im l-ten Sektor angewandten Aufwendungen im Verhältnis λ gesteigert werden, so wächst auch der Bruttoausstoß des l-ten Sektors im Verhältnis λ. Dies bedeutet zugleich, daß für die mit der I-O-Tabelle berechneten Kostenfunktionen die Ableitung mit den durchschnittlichen Kosten übereinstimmt.

2. *Keine Möglichkeit der Substitution.* Das Produkt des l-ten Sektors kann nur mit einer einzigen (für den Sektor charakteristischen durchschnittlichen) Technologie, mit einer einzigen festgelegten Aufwandsstruktur hergestellt werden.

Diese Annahmen ermöglichen zwar die Anwendung des äußerst einfachen linearen I-O-Modells, bedeuten aber eine beträchtliche Vereinfachung der Wirklichkeit.[1] Betrachten wir einige Zusammenhänge.

Ein Problem besteht darin, daß die Produktionsaufwendungen oft nicht proportional dem Umfang der Produktion sind. Kostenfunktionen mit zunehmender oder abnehmender Ableitung treten häufig auf. (Diese allgemein bekannte Erscheinung wurde im Kapitel 7 eingehend behandelt.) Obwohl uns das bekannt ist, sind wir gezwungen, es in diesem Zusammenhang vorläufig außer acht zu lassen. Sonst müßten wir ein nichtlineares Optimierungsmodell von großem Ausmaß konstruieren, das wir jetzt noch nicht bewältigen können. Der mit der Vernachlässigung dieser Zusammenhänge verbundene Fehler wird durch folgende Faktoren gemildert:

– In den großen Aggregaten, in die sich die I-O-Tabelle gliedert, gleichen sich die Faktoren, die eine abnehmende und diejenigen, die eine zunehmende Ableitung der Kostenfunktion bewirken, zum Teil aus. (So kann z. B. ein Produkt des Sektors mit einer Kostenfunktion mit zunehmender Ableitung in Überstunden, Nachtschicht oder mittels außerordentlicher Methoden hergestellt werden. Bei der Steigerung des Ausstoßes eines anderen Produktes können sich dagegen die mit der

[1] Die der I-O-Analyse zugrunde liegenden Abstraktionen und die Problematik der vereinfachenden Voraussetzungen werden von *A. Bródy* in der Arbeit [15] detailliert behandelt.

Massenproduktion verbundenen Vorteile auswirken.) Deswegen erfolgt die Erweiterung der *Ganzheit* des Aggregates *insgesamt* oft mit annähernd konstanter Kostenfunktionsableitung.

– Für kurze Zeiten weichen die Ableitung der Kostenfunktion und die durchschnittlichen Kosten der Produktion oft voneinander ab. Während eines längeren Zeitabschnittes aber gleichen sich in der Regel die Kostenfunktionsableitung und die durchschnittlichen Kosten aus, vorausgesetzt, daß die Investitionen rational und auf die Installierung von Kapazitäten mit minimalen Einheitskosten gerichtet sind.[1]

Infolgedessen ist unserer Meinung die Anwendung der die *durchschnittlichen* Aufwendungen widerspiegelnden und mit konstanten Kostenfunktionsableitungen rechnenden I-O-Tabelle zur Berechnung der kalkulatorischen Preise für die Perspektivplanung – unter den gegebenen Umständen als vorübergehendes Hilfsmittel – annehmbar.

Damit wird natürlich nicht prinzipiell zu der Diskussion, ob die rationale Verteilung der Ressourcen eher durch ein auf durchschnittlichen oder differentiellen Kosten beruhendes Preissystem gefördert werden würde, Stellung genommen. Die »average versus marginal« Diskussion hat eine Vergangenheit von mehreren Jahrzehnten; diese Diskussion lebte jetzt in mehreren sozialistischen Ländern – so auch in Ungarn – wieder auf. An mehreren Stellen dieses Buches, zum Beispiel bei der Behandlung des kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und des kalkulatorischen Lohnes, bei der Beschreibung des ökonomischen Optimierungsmodells oder im Zusammenhang mit den Schattenpreisen, nehmen wir zu den kalkulatorischen Preisen und den kalkulatorischen Bewertungen, die die differentiellen Aufwendungen bzw. die differentielle Wirksamkeit der Produktionsfaktoren widerspiegeln, Stellung.

Bedauerlicherweise waren und sind wir in der Praxis auch jetzt einstweilen noch gezwungen – bei unseren bisher durchgeführten Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen, bei unseren Sektorenoptimierungsmodellen – in bezug auf die theoretisch klaren Prinzipien bis zu einem gewissen Grad inkosequent zu sein. Bevor jedoch diese Prinzipien – hauptsächlich mit Hilfe der volkswirtschaftlichen Optimierungsmodelle – zur Geltung kommen können, müssen noch Berechnungen durchgeführt werden. Die Anwendung der I-O-Tabellen kann, obwohl diese nur die durchschnittlichen Aufwendungen der einzelnen Sektoren zum Ausdruck bringen, einen Fortschritt gegenüber der einfachen Anwendung des aktuellen Preissystems bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen bedeuten.

Die durch die Aggregation verursachten Schwierigkeiten sind jedoch offenbar ein viel schwerwiegenderes Problem. Die mit Hilfe der I-O-Tabelle vorgenommene Kalkulation ist offensichtlich »gröber« als eine entsprechende auf ein Preissystem gestützte Berechnung, da letztere die unter den Aufwendungen der einzelnen Produkte bestehenden Abweichungen viel nuancierter als die stark aggregierte I-O-Tabelle widerspiegelt.

[1] Siehe hierzu das 11. Kapitel und den mathematischen Anhang des Buches [142] von *A. C. Pigou* sowie den Artikel [174] von *J. Viner*.

Die neuerdings erarbeiteten Tabellen größeren Ausmaßes haben sich in dieser Hinsicht zwar schon besser bewährt, unsere kalkulatorischen Preisbildungsprinzipien bestimmen aber die *direkten* Aufwendungen konkret und individuell. Nur bei der Berücksichtigung der indirekten Aufwendungen ist man zu einer der Zerlegung der I-O-Tabellen entsprechenden Aggregation gezwungen.

Die Anwendung der in Ft, und zwar zu gegenwärtigen Preisen aufgestellten I-O-Tabellen zur kalkulatorischen Preisbildung ist noch mit einem Problem verbunden. Es muß geklärt werden, inwiefern die gegenwärtigen Preise die mit Hilfe der I-O-Tabelle gewonnenen kalkulatorischen Preise beeinflussen.

Gehen wir davon aus, daß die Matrix $\mathbf{G}_{nat}$ von N-ter Ordnung gegeben ist. Sie stellt das innere Quadrat der technologischen Matrix nicht in Wert-, sondern in Naturaleinheiten bzw. in technischen Maßeinheiten dar. (Beispielsweise das Eisenerz in Tonnen, den Strom in kWh. Dementsprechend ist die Dimension des sich im gemeinsamen Element der Eisenspalte und der Stromzeile befindenden Elements kWh pro Tonne.)

An diese Matrix schließt sich die Matrix der externen Aufwendungen $\mathbf{U}_{nat}$ von K Zeilen und N Spalten an. Diese entspricht der früher behandelten Matrix $\mathbf{U}$ mit der Abweichung, daß bei der Bildung der Koeffizienten $u_{nat,il}$ der Nenner des Bruchs in Naturaleinheiten ausgedrückt ist. (Beispielsweise ist die Dimension in der Zeile des kapitalistischen Imports: Dollar pro Tonne, Dollar pro kWh usw. In der Lohnzeile ist die Dimension Forint pro Tonne, Forint pro kWh usw.)

Es wird folgende Voraussetzung gemacht:

Voraussetzung der einheitlichen Ausstoßpreise. Jedes Produkt besitzt einen einzigen Einheitspreis ohne Berücksichtigung der Ausstoßrichtung.

Nach dieser Voraussetzung ist also z. B. der Preis einer kWh gleich, ob sie in der Landwirtschaft oder im Maschinenbau aufgewendet wird. Unter dieser Voraussetzung kann das Preissystem durch eine Diagonalmatrix

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} S_1 & & & \\ & S_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & S_N \end{bmatrix} \tag{17.9}$$

dargestellt werden, die wir Ausgangspreissystem nennen.

Zwischen der in Naturaleinheit und der in Ft gemessenen technologischen Matrix und dem Vektor des externen Ausstoßes bestehen folgende Zusammenhänge:

$$\mathbf{G} = \mathbf{S}\,\mathbf{G}_{nat}\,\mathbf{S}^{-1}, \tag{17.10}$$

$$\mathbf{d} = \mathbf{S}\,\mathbf{d}_{nat}. \tag{17.11}$$

Satz 17.1.[1] *Zu dem gegebenen, in Naturaleinheit gemessenen externen Ausstoß* $d_{\text{nat},\,l}$ *gehört der gegebene volle Inhalt* $\check{k}_{il}$. *Dieser kann mit Hilfe der in Ft gemessenen I-O-Tabelle bestimmt werden, und zwar unabhängig vom Ausgangspreissystem* **S** *der Tabelle (unter Voraussetzung einheitlicher Ausstoßpreise).* D. h. von welchen Preisen auch ausgegangen wird, die Berechnung des vollen Inhalts führt immer zum gleichen Ergebnis, vorausgesetzt, daß jeder Sektor seine Produkte überall zu gleichen Preisen verwertet. Dieses bedeutet bis zu einem gewissen Grade die Neutralität des kalkulatorischen Preissystems, seine Unabhängigkeit von den Ausgangspreisen.

Beweis: Sei $\check{\mathbf{u}}_{\text{nat},i}$ der zur I-O-Tabelle in Naturaleinheiten gehörende Vektor des i-ten vollen Inhalts, dann ist

$$\begin{aligned}
&\check{\mathbf{u}}'_{\text{nat},\,i} = \mathbf{u}'_{\text{nat},\,i}\,(\mathbf{E} - \mathbf{G}_{\text{nat}})^{-1}\,,\\
&\mathbf{u}'_i = \mathbf{u}'_{\text{nat},\,i}\,\mathbf{S}^{-1}\,,\\
&\mathbf{G} = \mathbf{S}\,\mathbf{G}_{\text{nat}}\,\mathbf{S}^{-1}\,.
\end{aligned} \tag{17.12}$$

Auf Grund der Definitionen (17.10) bis (17.12) ergibt sich

$$\begin{aligned}
\check{\mathbf{u}}'_i &= \mathbf{u}'_{\text{nat},\,i}\,\mathbf{S}^{-1}\,(\mathbf{E} - \mathbf{S}\,\mathbf{G}_{\text{nat}}\,\mathbf{S}^{-1})^{-1} =\\
&= \mathbf{u}'_{\text{nat},\,i}\,\mathbf{S}^{-1}\,\mathbf{S}\,(\mathbf{E} - \mathbf{G}_{\text{nat}})^{-1}\,\mathbf{S}^{-1} =\\
&= \mathbf{u}'_{\text{nat},\,i}\,(\mathbf{E} - \mathbf{G}_{\text{nat}})^{-1}\,\mathbf{S}^{-1} = \check{\mathbf{u}}'_{\text{nat},\,i}\,\mathbf{S}^{-1}\,.
\end{aligned} \tag{17.13}$$

Daraus folgt:

$$\begin{aligned}
\check{u}_{il}\,d_l &= \frac{\check{u}_{\text{nat},\,il}}{S_l}\,S_l\,d_{\text{nat},\,l} =\\
&= \check{u}_{\text{nat},\,il}\,d_{\text{nat},\,l}\,.
\end{aligned} \tag{17.14}$$

Wie aus den obigen Überlegungen hervorgeht, wenden wir für unsere Kalkulationen praktisch nur die Berechnung des vollen Inhalts an. Deshalb ist der Satz 17.1 – die Unabhängigkeit vom Ausgangspreissystem – beruhigend.

Es muß bemerkt werden, daß es in der Praxis keine vollkommene Neutralität, Unabhängigkeit gibt, da die Voraussetzung der einheitlichen Ausstoßpreise nur annähernd gilt. Einerseits ist das »Produkt« jedes Sektors in der Wirklichkeit eine aus äußerst vielen konkreten Produkten gebildete aggregierte Produktengruppe. Selbst wenn der Preis jedes konkreten Produktes auch einheitlich für jeden Verbrauchssektor wäre, kann der Durchschnittspreis der Produktengruppe schon deshalb abweichen, weil die konkrete Produktenzusammensetzung der durch die einzelnen Verbrauchssektoren beanspruchten Produkte abweichend ist. (Beispielsweise beanspruchen die Textilindustrie und die pharmazeutische Industrie nicht

[1] Dieser Satz ist im wesentlichen im Buch [42] von *S. Ganczer* enthalten. Unsere Erörterungen präzisieren die Behauptungen von *S. Ganczer*, in denen betont wird, daß der Satz nur bei Voraussetzung einheitlicher Ausstoßpreise gültig ist.

die gleichen Chemikalien von der organischen Chemieindustrie.) Andererseits gibt es Produkte, für deren Ausstoßpreis andere Umsatzsteuersätze angewandt werden, je nachdem, in welchem Sektor das Produkt verbraucht wird.[1] Da aber der Anteil der verschiedenen Ausstoßrichtungen der einzelnen Sektoren in volkswirtschaftlichem Ausmaß – d. h. die relativen Proportionen der Komponenten des Zeilenvektors $\mathbf{v}'_k$ – genügend stabil ist, da ferner die Produktenzusammensetzung innerhalb der einzelnen Sektoren ziemlich konstant ist, scheint die Voraussetzung einheitlicher Ausstoßpreise (für eine stark aggregierte volkswirtschaftliche I-O-Tabelle) annähernd annehmbar zu sein.

17.4. Die partielle »Rückwärtsrechnung«

Wir gehen jetzt zur Darstellung der traditionellen Planungstechnik über. Dabei müssen wir die Planung des Produktionsfondsbedarfs und des Lohninhalts gesondert behandeln, da diese mit ziemlich abweichenden Verfahren berechnet werden.

Bei der traditionellen Planungsmethodik wird ein erwähnenswertes Verfahren angewandt, das den auftauchenden indirekten Produktionsfondsbedarf nicht in *sämtlichen* Sektoren der Volkswirtschaft erfaßt, sondern sich nur auf eine entsprechend eingeengte Sphäre erstreckt. Als Beispiel sei die Chemieindustrie erwähnt; die einzelnen Resultate der dort durchgeführten Berechnungen wurden auch von uns bei der Untersuchung der Chemiefaserindustrie angewandt.

Das Wesen des Verfahrens ist folgendes:

Je ein Produkt der Chemieindustrie wird bis zum Ausgangsgrundstoff, bis zur Kohle, zum Erdöl oder zum Erdgas zurückverfolgt. Dabei wird untersucht, welche technologischen Prozesse vom Ausgangsgrundstoff bis zur Vollendung des Produktes angewandt und in welcher Höhe Investitionen beansprucht werden, um die für jeden Prozeß erforderliche produktive Kapazität sicherstellen zu können. Bei der Berechnung wird im allgemeinen nicht der Produktionsfondsbedarf, sondern ausdrücklich die zur Schaffung des *neuen* Produktionsfonds erforderliche Investition in Betracht gezogen; deshalb handelt es sich in der jetzt folgenden Beschreibung nur darum. Da man hierbei beim untersuchten Produkt beginnend rückläufig vorgeht, bis man zu den Ausgangswerkstoffen gelangt, wird das Verfahren »Rückwärtsrechnung« genannt.

Das Verfahren wird durch zwei wichtige Grundvoraussetzungen charakterisiert (auch wenn das bei der Anwendung nicht explizite ausgesagt wird):

1. Der technologische Prozeß verläuft streng *in einer Richtung* vom Ausgangsgrundstoff bis zum untersuchten Produkt. Es existiert kein »Rückfluß«; es kommt nicht vor, daß das Produkt einer späteren Verarbeitungsstufe für eine frühere Verarbeitungsstufe als Aufwand dient. In den untersuchten Fällen gab es ent-

[1] Mit den Beziehungen zwischen den in Naturaleinheiten und den in Forint gemessenen I-O-Tabellen und im Zusammenhang damit, mit der Einheitlichkeit der Ausstoßpreise befaßte sich eingehend die Untersuchung zur Aufstellung der I-O-Tabelle für den Bekleidungsindustriezweig. Siehe das Buch von *J. Kornai, J. Rimler, P. Wellisch* und anderen [76].

weder tatsächlich keinen derartigen Rückfluß, oder er wurde zumindest vernachlässigt.

2. Die für die Chemieindustrie so charakteristischen Kuppelprodukte werden getrennt. Die Investitionskosten werden verteilt und die einzelnen Kuppelprodukte nach den in der Industriepraxis üblichen Kalkulationsmethoden damit »belastet«.

Dies einfache Verfahren ist im Grunde sehr ähnlich wie das im Abschnitt 17.2 beschriebene Verfahren mit Hilfe der I-O-Tabelle. Um das zu zeigen, wird auch die »Rückwärtsrechnung« in mathematischer Form behandelt.

Die Zahl der während der »Rückwärtsrechnung« betrachteten Werkstoffe, die bei der Herstellung des j-ten Produktes direkt oder indirekt eine Rolle spielen, sei m. Sie werden nach der technologischen Reihenfolge geordnet; an erster Stelle stehen folglich die Ausgangsrohstoffe (z. B. Erdöl).

Aus den Materialinputkoeffizienten der Produkte wird die technologische Matrix m-ter Ordnung $\mathbf{G}$ gebildet. Es ist eine Dreiecksmatrix, in der alle Elemente unterhalb der Hauptdiagonale Null sind. Dies folgt aus der ersten Voraussetzung, aus dem Fehlen der »Rückflüsse«.

Der Investitionskoeffizient sämtlicher m Produkte ist bekannt. Diese Koeffizienten bilden den Zeilenvektor $\mathbf{p}'$.

Weiterhin ist der Spaltenvektor $\bar{\mathbf{g}}_j$ der Materialinputkoeffizienten des j-ten Produktes in der Zerlegung der Matrix $\mathbf{G}$ bekannt.

Bei der »Rückwärtsrechnung« wurden folgende Operationen ausgeführt:

Es wurde das Produkt $\check{\mathbf{G}}\bar{\mathbf{g}}_j$, d. h. der Vektor des *vollen* Materialinputkoeffizienten des Produktes der j-ten Aktivität gebildet.

Dann wurde das Produkt $\mathbf{p}'\check{\mathbf{G}}\bar{\mathbf{g}}_j$, d. h. der indirekte Investitionsbedarf für dieses Produkt bestimmt. Die Analogie mit der Formel (11.7) ist offensichtlich.

Ein Vorteil des Verfahrens ist – und dies bewog uns zur teilweisen Anwendung der so erzielten Ergebnisse –, daß *innerhalb* der untersuchten Sphäre (in unserem Beispiel: innerhalb der Chemieindustrie) der indirekte Bedarf äußerst konkret, viel genauer als mit der volkswirtschaftlichen I-O-Tabelle berücksichtigt wird. Ein weiterer Vorteil ist, daß das Verfahren auch mit sehr einfachen, elementaren Mitteln ausgeführt werden kann. Das liegt wesentlich am Dreieckscharakter der Matrix $\mathbf{G}$.

Ein Nachteil des Verfahrens ist dagegen, daß es im Gegensatz zur Anwendung der volkswirtschaftlichen I-O-Tabelle nicht den *vollen volkswirtschaftlichen* Produktionsfondsbedarf, sondern nur einen Teil davon zu ermitteln gestattet.

17.5. Die traditionelle »Realkostenberechnung«

In der ungarischen Volkswirtschaft wird in der Regel mit den sogenannten »Nettorealkosten« gerechnet. Das ist gemäß der bisher angewandten Terminologie die Summe des vollen Lohninhalts und des vollen externen Ausstoßes für die Abschreibungen. Die leitenden Organe der Industrie bestimmen jedes Jahr, in erster Linie für die Zwecke der Kontrollberechnungen der Wirtschaftlichkeit des Exports, die Realkosten von mehreren tausend Produkten. Die Berechnungsmethoden

können in den verschiedenen Zweigen voneinander abweichen, obwohl die wesentlichen Züge überall gleich sind.

Beispielsweise sei das im Ministerium für Schwerindustrie übliche Verfahren beschrieben. Mit der Bestimmung der Realkosten der *Kohle* wird die Berechnung begonnen. Der ungarische Kohlenbergbau gliedert sich in 12 Truste; jeder Trust vertritt je ein Kohlenbecken und damit annähernd je eine charakteristische Kohlensorte. Die Selbstkosten der Kohle werden, auf Grund der effektiven Aufwendungsangaben des vergangenen Jahres, für jeden Trust besonders bestimmt. Dabei werden der direkte Lohninhalt, der direkte Abschreibungsinhalt sowie die direkten inländischen Materialkosten, letztere nach 29 Werkstoffsorten gegliedert, berechnet. (Neben den Realkosten der inländischen Aufwendungen werden auch die Importrealkosten bestimmt – in der Terminologie des Buches, der volle Importinhalt. Ihre Berechnung wird hier nicht behandelt, da sie dem Wesen nach der Berechnung der Realkosten für inländische Aufwendungen analog ist.)

Sodann werden die Materialkosten für die 29 Werkstoffsorten korrigiert, und zwar indem der in Naturaleinheiten angegebene Materialinputkoeffizient nicht mit dem effektiven Preis des Werkstoffes, sondern mit den Nettorealkosten, die im Laufe der Realkostenberechnung des vergangenen Jahres bestimmt wurden, multipliziert wird.

Die neuen Realkosten der Kohle sind also: direkter Lohninhalt + direkter Abschreibungsinhalt + Nettorealkosten der Aufwendung der 29 verschiedenen inländischen Werkstoffsorten.

Die Nettorealkosten der Elektroenergie werden ähnlich berechnet, mit der Abweichung, daß bei dem Kohlenaufwand, der den Hauptposten einnimmt, schon in den vorhergehenden Schritten mit den für die einzelnen Kohlensorten berechneten Kohlenrealkosten gerechnet wird.

Bei den weiteren Produkten – z. B. bei den chemischen Artikeln – wird wieder ähnlich vorgegangen, wobei man bereits die neugewonnenen Nettorealkosten für Kohle und Strom ausnutzen kann. Für sämtliche anderen Produkte werden die Berechnungen simultan unter Benutzung der neuen Realkosten für Kohle und Strom ausgeführt. Die anderen Materialinputkoeffizienten werden mit den in den vorangehenden Realkostenberechnungen gewonnenen Nettorealkosten multipliziert.

Zur mathematischen Formulierung des Verfahrens werden folgende provisorische Vereinfachungen vorgenommen:

1. Auf die spezielle Behandlung von Kohle und Strom wird verzichtet.
2. Es wird vorausgesetzt, daß die technologische Matrix im Laufe der Zeit unveränderlich ist (die Koeffizienten des direkten Lohninhalts und des Abschreibungsinhalts einbegriffen).

Gegeben sei eine I-O-Tabelle mit m Sektoren, deren Sektoren aus den unter der Aufsicht des Ministeriums für Schwerindustrie hergestellten Produkten bestehen. Die Tabelle ist in der Sphäre der Schwerindustrie viel detaillierter als z. B. die Tabelle des Zentralamts für Statistik.

Die Berechnung ist iterativ; bei jeder neuen Realkostenberechnung (praktisch in jedem Jahr) wird ein weiterer Iterationsschritt ausgeführt. Der obere Index der Symbole weist auf die Nummer des Iterationsschrittes hin.

Beim ersten Iterationsschritt sind folgende Angaben bekannt:

$\mathbf{G}$ das innere Quadrat der technologischen Matrix von m-ter Ordnung

$\breve{\mathbf{u}}'^{(0)}$ der aus m Komponenten bestehende Zeilenvektor der Koeffizienten der Ausgangsnettorealkosten, d. h. der Vektor der Ausgangsschätzungen, der Summen aus den vollen Lohninhalten und den vollen Abschreibungsinhalten umfaßt und

$\mathbf{u}'$ der aus m Komponenten bestehende Vektor der Summen aus den direkten Lohninhalten und den direkten Abschreibungsinhalten.

Im 1. Schritt ergibt sich der Nettorealkostenvektor,

$$\breve{\mathbf{u}}'^{(1)} = \breve{\mathbf{u}}'^{(0)}\,\mathbf{G} + \mathbf{u}' . \tag{17.15}$$

Im 2. Schritt werden schon die im 1. Schritt bestimmten Nettorealkosten angewandt:

$$\breve{\mathbf{u}}'^{(2)} = \breve{\mathbf{u}}'^{(1)}\mathbf{G} + \mathbf{u}' = \breve{\mathbf{u}}'^{(0)}\mathbf{G}^2 + \mathbf{u}'\,\mathbf{G} + \mathbf{u}' . \tag{17.16}$$

Im t-ten Schritt folgt:

$$\breve{\mathbf{u}}'^{(t)} = \breve{\mathbf{u}}'^{(t-1)}\mathbf{G} + \mathbf{u}' = {}'^{(0)}\mathbf{G}^t + \mathbf{u}'\,\mathbf{G}^{t-1} + \ldots + \mathbf{u}'\,\mathbf{G} + \mathbf{u}' . \tag{17.17}$$

Da für Leontiefsche Matrizen

$$\mathbf{G}^t \to 0 \quad \text{für} \quad t \to \infty \ , \text{ so gilt}$$

$$\breve{\mathbf{u}}'^{(t)} \to \mathbf{u}'\,(\mathbf{E} - \mathbf{G})^{-1} \quad \text{für} \quad t \to \infty . \tag{17.18}$$

Wie ersichtlich, ist das Ergebnis des hier beschriebenen Verfahrens: 1. Die Invertierung der Matrix $(\mathbf{E} - \mathbf{G})$ durch Potenzreihenentwicklung, 2. die Multiplikation des Vektors $\mathbf{u}'$ (des Vektors der Summen aus den direkten Lohninhalten und den direkten Abschreibungsinhalten) mit der Kehrmatrix und damit die Berechnung des Nettokostenvektors.

Diese Art der Invertierung ist bekanntlich äußerst langwierig. Die Realkostenberechnung ist sechs bis sieben Jahre alt, folglich können bisher auch nur sechs bis sieben Schritte ausgeführt werden.

Das in den Formeln (17.15) bis (17.17) dargestellte Verfahren beschreibt die tatsächliche Realkostenberechnung aus folgenden Gründen nicht ganz genau.

Die besondere Behandlung von Kohle und Strom beschleunigt die Konvergenz.

Man geht nicht von irgendeiner Schätzung $\breve{\mathbf{u}}'^{(0)}$ aus, sondern man bemüht sich um eine ziemlich gute Schätzung, indem man für einige Produktionsphasen mit Hilfe der Rückwärtsrechnung den Lohninhalt und den Abschreibungsinhalt von den übrigen Selbstkosten abtrennt. Die gute Ausgangsschätzung beschleunigt ebenfalls die Konvergenz.

Man rechnet in Wirklichkeit nicht mit konstanter, sondern mit einer in der Zeit sich ändernden Matrix **G** und mit einem in der Zeit sich ändernden Vektor **u'**. Dies gestaltet einerseits die Berechnung exakter, da die technologischen Koeffizienten »auf dem laufenden« sind und immer die letzten Ist-Angaben widerspiegeln. Andererseits kann jedoch die Konvergenz des Verfahrens nicht mehr garantiert werden.

Beim Vergleich der mit der volkswirtschaftlichen I-O-Tabelle ausgeführten Berechnung und der traditionellen Realkostenberechnung kann festgestellt werden, daß beide Verfahren charakteristische Vorteile und Nachteile besitzen. Der Vorteil der traditionellen Berechnung ist (wie bei dem im Abschnitt 17.4 beschriebenen Verfahren) die detaillierte Aufgliederung, die konkretere Beobachtung und Berücksichtigung der Aufwendungen. Denken wir nur daran, daß die volkswirtschaftliche I-O-Tabelle die Produktionssphäre des Ministeriums für Schwerindustrie in 18 Sektoren zusammenfaßt, während die in den Formeln (17.15) bis (17.17) stehende Matrix **G** im Falle des Ministeriums für Schwerindustrie 400 bis 500 Sektoren besitzt. Beispielsweise wird hier allein der Kohlensektor der volkswirtschaftlichen Tabelle in 12 Sektoren aufgegliedert usw.

Dabei ist es ein Vorteil des traditionellen Verfahrens, daß die zeitlichen Änderungen der technologischen Koeffizienten jährlich verfolgt werden, während die großen I-O-Tabellen in der Regel nicht alljährlich, sondern nach längeren Zeitspannen zusammengestellt werden und demzufolge mehrere Jahre hindurch mit unveränderten Koeffizienten gearbeitet wird.

Der grundlegende Nachteil der traditionellen Methode ist, daß die indirekten Aufwendungen nicht konsequent verfolgt werden. Die ganze Berechnung umfaßt dem Wesen nach nur die zum Ministerium für Schwerindustrie gehörende Sphäre. Die zu den anderen Ministerien gehörenden Produkte werden entweder zu effektiven Produzentenpreisen oder mit Realkostenangaben, die durch andere Ministerien mittels früher vorgenommener Realkostenberechnungen bestimmt wurden, verrechnet. Dabei kann das schon deshalb nicht konsequent sein, da – wie gezeigt wurde – insgesamt nur einige Iterationsschritte ausgeführt wurden. Demgegenüber stellt die I-O-Analyse mit Hilfe der »richtigen« Invertierung der Matrix (**E** – **G**) die indirekten Aufwendungen konsequent fest.

All das macht es verständlich, warum wir uns nicht für das eine oder das andere Verfahren entschieden haben, sondern bestrebt waren, die Ergebnisse beider Verfahren nutzbar zu machen.

17.6. Die offizielle Methodologie der Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen

Das im Abschnitt 17.4 beschriebene Verfahren wird in einzelnen Planungsbüros angewandt. Die im Abschnitt 17.5 beschriebene Realkostenberechnung wird in den Industrieministerien durchgeführt, jedoch *nicht* für die Perspektivplanung und Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen, sondern ausschließlich für Exportwirtschaftlichkeitsberechnungen. Die Behandlung dieser Fragen nach der

offiziellen Methodologie der Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen der traditionellen Planung, in erster Linie bei der Berechnung der im Kapitel 2 erwähnten Kennziffer g_n, muß deshalb besonders besprochen werden.[1]

Ein positiver Zug der offiziellen Methodologie besteht darin, daß sie die Berücksichtigung des indirekten Produktionsfondsbedarfs vorschreibt. In den Verordnungen werden diese als »Folgeinvestitionen« bezeichnet. Die Kosten der Folgeinvestitionen müssen bestimmt werden, indem die inländischen Materialkosten mit dem volkswirtschaftlichen Einheitsfaktor 2,5 multipliziert werden. Selbst wenn wir nicht bis auf die Produkte zurückgehen, sondern nur bis auf die Sektoren, die ganze Gruppen von Produkten ausstoßen, können wir feststellen, daß die vollen Produktionsfondsbedürfnisse der einzelnen Sektoren stark streuen. Beispielsweise bewegt sich nach der I-O-Tabelle des Zentralamts für Statistik für das Jahr 1959 der auf 1 Ft Produktionswert entfallende volle Produktionsfondsbedarf zwischen 0,6 und 22,5 Ft. Das im Abschnitt 17.2 beschriebene Verfahren liefert, obwohl es gleichfalls nur als Annäherung zu betrachten ist, wesentlich genauere Schätzungen für den indirekten Produktionsfondsbedarf.

Es ist geplant, die offiziellen Vorschriften in Zukunft abzuändern und die mit Hilfe der I-O-Tabellen gewonnenen indirekten Produktionsfondskoeffizienten anzuwenden.

Die offizielle Methodologie berechnet die Produktionsfondsabgaben sowohl nach dem direkten als auch nach dem indirekten Produktionsfondsbedarf. Trotzdem verrechnet sie den inländischen Materialaufwand zu den aktuellen Produzentenpreisen, die schon ein beträchtliches Reineinkommen enthalten. Hierdurch wird aber ein Teil des Reineinkommens doppelt berücksichtigt, und das führt zu einer unbegründeten Verteuerung der Investitionen.

[1] Siehe Investitionsgesetz [195].

18. Versuche zur Bestimmung des kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und des kalkulatorischen Lohnfaktors

18.1. Die Ziele der Analyse

In diesem Abschnitt befassen wir uns mit dem kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktor γ und mit dem kalkulatorischen Lohnfaktor Ω.[1] Unsere Analyse hat mehrere Ziele.

Wir betrachten es als unsere Aufgabe, die theoretischen Fragen bis zu einem gewissen Grade zu klären. So wird versucht, derartige Fragen zu beantworten, wie zum Beispiel: Welche Bedeutung haben γ und Ω im kalkulatorischen Preissystem? Inwiefern wird die Größe von γ und Ω von der Produktion und inwiefern von der Verteilung bestimmt? Sind sie konstant oder zeitlich veränderlich, und wenn sie sich ändern, welches sind die kennzeichnenden Richtungen der Änderung?

Die begriffliche Klärung und theoretische Analyse sind mit unseren Versuchen, die Größen γ und Ω zu *quantifizieren*, verbunden. Das ist ohne gewisse Abstraktionen und vereinfachende Voraussetzungen unvorstellbar. Es wäre natürlich erwünscht, mit wenigen und mit geringen vereinfachenden Voraussetzungen die numerischen Größen von γ und Ω durch empirische Beobachtungen zu bestimmen. Leider gibt es hierfür keine Möglichkeit. Die unmittelbare Beobachtung der Wirklichkeit ergibt – wie im weiteren ersichtlich wird – nicht die Größe von γ und Ω.

Unter solchen Umständen ist eine eigenartige, »rückläufige« Analysentechnik erforderlich. Unter dieser ist folgendes zu verstehen:

Im allgemeinen ist ein möglicher Weg der Analyse, von dem Modell, von dem gegebenen System der Voraussetzungen oder Prämissen auszugehen und die daraus sich ergebenden Folgerungen abzuleiten. Die Probleme zwingen jedoch ab und zu – wie auch jetzt – zu einem entgegengesetzen Weg. Es besteht eine Vermutung, und es werden die Voraussetzungen gesucht, für die sich diese Vermutung als wahr erweist. Obwohl die mit γ und Ω im Zusammenhang stehenden Ver-

[1] Der hier behandelte Inhalt beruht im großen Maße auf den mit dem Mathematiker *P. Wellisch* geführten gemeinsamen Untersuchungen, über die wir in ungarischer Sprache in [86] und in russischer Sprache in [87] gemeinsam berichtet haben. Besonders in den Abschnitten 18.2 bis 18.4 sowie in den Abschnitten 18.7 bis 18.10 wird das Material der gemeinsamen Untersuchungen benutzt.

Im Anhang E des Buches wird von *P. Wellisch* der mathematische Beweis der im Abschnitt angeführten Sätze erbracht. Außerdem wird im Anhang F die statistische Untersuchung zur Quantifizierung des Produktionsfondsabgabefaktors beschrieben. Hier wirkte *P. Wellisch* als Mitverfasser mit.

rechnungsprinzipien am Ende des Kapitels nach der Analyse dargestellt werden, soll nicht der Anschein erweckt werden, als ob diese aus den theoretischen Analysen und aus den statistischen Untersuchungen gefolgert worden wären. In Wirklichkeit sind wir auf dem entgegengesetzen Wege vorgegangen. In unseren Berechnungen wendeten wir – in Ermangelung eines Besseren – zunächst nur die auf Vermutungen beruhenden, nicht genügend begründeten Verrechnungsprinzipien an. *Während* der Arbeit führten wir zur eigenen Kontrolle die hier beschriebenen Analysen durch. Daher war unsere Methode eine charakteristische »rückläufige« Analyse – wir suchten für die von vornherein festgesetzen Folgerungen die Prämissen, das Modell. Wir wollten auf diese Weise feststellen, inwieweit die vermutungsmäßig angewandten Verrechnungsprinzipien annehmbar oder ob sie durch bessere zu ersetzen sind.

Jene Voraussetzung bzw. Gesamtheit von Voraussetzungen, also das Modell, aus dem das eine oder das andere Verrechnungsprinzip logisch folgt, wird im folgenden Arbeitshypothese genannt. Ein Ziel unserer Untersuchung bestand darin, zu klären, zu welchem Verrechnungsprinzip gegebene Arbeitshypothesen führen. Die Untersuchung erbrachte in diesem Zusammenhang Ergebnisse folgender Art: Das Verrechnungsprinzip *A* ist berechtigt, wenn die Arbeitshypothese *Z* angenommen wird, das Verrechnungsprinzip *B* ist berechtigt, wenn wir die Arbeitshypothesen *X*, *Y* und *Z* annehmen und so fort.

Auch die Arbeitshypothesen müssen bewertet werden. Jede Arbeitshypothese enthält nämlich gewisse Abstraktionen, Vernachlässigungen, Ungenauigkeiten und damit gewisse Willkürlichkeiten. Von diesem Gesichtspunkt sind vielerlei Abstufungen notwendig. Wir haben der Einfachheit halber unsere Arbeitshypothesen insgesamt in drei Stufen eingeordnet:

Als annehmbare Arbeitshypothesen werden jene bezeichnet, die mit der Erfahrung übereinstimmen. Die Berechtigung ihrer Anwendung ist offensichtlich. Sie können eventuell (aber nicht notwendigerweise) statistisch bestätigt werden. Sie können ohne besondere Bedenken angewandt werden.

Als unannehmbare Arbeitshypothesen werden jene bezeichnet, die der Erfahrung, den beobachteten Tatsachen offensichtlich, und zwar in ihren wesentlichen Zusammenhängen widersprechen.

Eine Zwischenstufe bilden die provisorischen Arbeitshypothesen. Die Berechtigung ihrer Anwendung ist nicht offensichtlich. Sie sind statistisch nicht zu bestätigen. Sie lassen sich nicht mit »ruhigem Gewissen« anwenden. Ihre Anwendung ist nur so lange begründet, bis man sie durch eine annehmbare Arbeitshypothese ersetzen kann. Bedingung für die provisorischen Arbeitshypothesen ist, daß sie nicht absurd sind, d. h. im wesentlichen keiner offensichtlichen Erfahrung, Beobachtung widersprechen und somit nicht unannehmbar sind.

Nach diesem kleinen methodologischen Exkurs wird der Verlauf der Abhandlung dargestellt.

In den Abschnitten 18.2 bis 18.4 werden eine Produktionsfunktion beschrieben und einige Definitionen geklärt. Damit wird der »Apparat« der weiteren Analysen vorbereitet.

In den Abschnitten 18.5 bis 18.11 werden sechs *Versuche* zur Quantifizierung von γ und Ω dargestellt. Das Wort »Versuch« ist hier im weitesten Sinne gebraucht. Der eine Versuch hat eine mathematisch-statistische Berechnung mit volkswirtschaftlichen Angaben zur Grundlage. In einem anderen Versuch werden aus den empirischen Beobachtungen der gegenwärtigen wirtschaftlichen und Planungspraxis Folgerungen gezogen. Im dritten Versuch wird gewissen Gedankengängen nachgegangen, die theoretische Folgerungen gestatten, aus denen sich schließlich die zahlenmäßige Größe von γ und Ω ermitteln läßt.

Leider sind die Ergebnisse der bisherigen Versuche nicht allzu befriedigend. Es gelang nicht, γ und Ω *ausschließlich auf Grund von annehmbaren* Arbeitshypothesen zu quantifizieren. Es mußten auch provisorische Arbeitshypothesen angewandt werden. Unseres Erachtens sind aber auch die Sackgassen, bei denen die Versuche ohne zahlenmäßige Resultate enden, lehrreich.

Im Abschnitt 18.12 werden die bei den praktischen Berechnungen angewandten Verrechnungsprinzipien behandelt und zusammengefaßt dargestellt, mit welchen Arbeitshypothesen sie verbunden sind. Der Abschnitt 18.13 enthält einige allgemeine Folgerungen. Abschließend werden im Abschnitt 18.14 die Empfindlichkeitsuntersuchungen, die mit dem Produktionsfondsabgabefaktor durchgeführt worden sind, behandelt.

18.2. Die aggregierte volkswirtschaftliche Produktionsfunktion

Die entsprechend der Preisformel (16.1) gebildeten kalkulatorischen Preise sollen bei den Teilentscheidungen angewandt werden, so z. B. bei den zweiglichen Optimierungen, die eine engere Sphäre der Volkswirtschaft umfassen. Mit der konsequenten Anwendung der Formel wird auch jede Teilentscheidung auf ein allgemeines Entscheidungsproblem reduziert: Wie soll die lebendige Arbeit mit dem Produktionsfonds kombiniert werden? (Hier wird jetzt von den Zusammenhängen mit dem Außenhandel abstrahiert.) In den einzelnen Teilen unserer weiteren Analyse wird jedoch – da wir die zweckmäßige Kombination der gesamtvolkswirtschaftlichen Arbeit mit dem Produktionsfonds suchen – dieses Problem nur in aggregierter Form behandelt. Der Übergang auf die aggregierten Größen birgt ebenfalls zahlreiche schwere Probleme in sich. Wir können jedoch hier nicht darauf eingehen.[1]

Da in der Formel (16.1) zwei primäre inländische Aufwendungen enthalten sind, wenden wir auch in den theoretischen Analysen eine aggregierte Produktionsfunktion mit zwei Veränderlichen an.[2] Vorläufig wenden wir auf einen

[1] Weitere Kapitel des Buches, die sich mit der sogenannten Zweiebenenplanung befassen, behandeln ein damit verwandtes Problem: Wie können Teilsystem-, Sektorenentscheidungen mit der zentral vorzunehmenden Ressourcenverteilung verbunden werden?

[2] Die Literatur über aggregierte Produktionsfunktionen ist äußerst umfangreich. Bei ihren Analysen stützten wir uns in erster Linie auf die Arbeiten von *R. M. Solow* [160] und [161] sowie auf die Arbeit von *H. Uzawa* [171].

Zeitpunkt bezogene, statische Funktionen an; später gehen wir dann in den Abschnitten 18.8 bis 18.10 zu dynamischen Funktionen über.

Die allgemeine Form unserer Produktionsfunktion ist folgende:

$$Y = Y(K, L) . \tag{18.1}$$

Hierbei ist

- Y das Nationaleinkommen zu einem gegebenen Zeitpunkt. Praktisch handelt es sich natürlich nicht um das Nationaleinkommen zu einem Zeitpunkt, sondern in einer Zeiteinheit – z. B. in einem Jahr
- K der Produktionsfonds, und zwar das Volumen des im gegebenen Zeitraum effektiv angewandten Produktionsfonds
- L die Beschäftigtenanzahl und zwar die in dem gegebenen Zeitraum effektiv Beschäftigten.

Die Verwandtschaft des Faktors K mit der Kategorie »Kapital« der in der westlichen Literatur bekannten Produktionsfunktionen ist offensichtlich. Der Ausdruck »Produktionsfonds« wird gemäß der Terminologie, die in der ökonomischen Literatur der sozialistischen Länder üblich ist, gebraucht. Zweck der Terminologie ist es, die grundlegende Änderung, die in den Eigentumsverhältnissen an Produktionsmitteln erfolgte, zu betonen und hiermit die veränderte soziale Funktion der Produktionsfonds zu unterstreichen.

Im Anhang F wird die statistische Abgrenzung des Begriffs Produktionsfonds im Zusammenhang mit den ungarischen Angaben über K dargestellt. Hier sei nur erwähnt, daß der Begriff Produktionsfonds von uns in einem erweiterten Sinn als gewöhnlich gebraucht wird. Er enthält all das, was in der Literatur unter den Grund- und Umlauffonds der produktiven Zweige zusammengefaßt wird.

Wie ersichtlich, handelt es sich um eine stark aggregierte Funktion.[1] Dabei wird vernachlässigt, daß K aus Maschinen und Gebäuden zusammengesetzt ist, die verschiedene Bestimmung, verschiedene Lebensdauer, Qualität, technischen Stand usw. besitzen. Analog wird vernachlässigt, daß L aus Arbeitskräften von verschiedener Leistung, Fachbildung, verschiedenen Berufs zusammengesetzt ist. Wir setzen voraus, daß sowohl die Größe von K als auch diejenige von L eindeutig gemessen werden kann. Das ist eine äußerst wichtige Voraussetzung, denn es ist bekannt, mit welchen Schwierigkeiten die Messung des Volumens des Produktionsfonds verbunden ist. (Die Messung der Beschäftigtenanzahl ist offensichtlich ein einfacheres Problem.)

[1] Die Annahme einer Funktion mit *zwei* Variablen bedeutet, daß zahlreiche, das Nationaleinkommen beeinflussende Faktoren vernachlässigt werden. So z. B. würde es auch im Falle einer stark aggregierten Funktion gut sein, den Einfluß der natürlichen Ressourcen in Betracht zu ziehen, da es bei der kalkulatorischen Preisbildung nützlich ist, die mit den natürlichen Ressourcen verbundenen kalkulatorischen Renten zu kennen. Ihre Analyse war aber hier nicht möglich.

Je tiefer man in die Input-Output-Ströme der Volkswirtschaft dringt, um so geringer wird die Bedeutung der stark aggregierten Sammelbegriffe. In einem späteren Abschnitt des Buches wird ein volkswirtschaftliches Modell dargestellt, in dem die Begriffe Produktionsfonds (insgesamt), Investitionsfonds (insgesamt) usw. schon gar nicht mehr enthalten sind, sondern das Programm unmittelbar darüber verfügt, wieviel und welche Maschinen, Bauleistungen wann und wo eingesetzt werden müssen. Die zusammengefaßten Kategorien können aber augenblicklich nicht entbehrt werden. (Übrigens werden auch in der traditionellen Planung aggregierte Größen, wie Akkumulation, Investition usw. angewandt und zusammengefaßt geplant.)

Während der Abhandlung wird durchgehend mit der Produktionsfunktion mit zwei Veränderlichen $Y = Y(K, L)$ gearbeitet. Diese Funktion wird von Stufe zu Stufe spezifiziert, indem für sie gewisse Eigenschaften vorausgesetzt werden. Zur Erleichterung werden diese Eigenschaften mit laufenden Nummern versehen. Bei den ersten Schritten der Analyse genügt es, folgende Eigenschaften zu fordern:

1. Eigenschaft der Produktionsfunktion. Es existiert Y_K, *die* differentielle Effektivität des Produktionsfonds *und* Y_L, *die* differentielle Produktivität der Beschäftigtenanzahl; *diese beiden partiellen Ableitungen sind stetig und positiv.*

$$Y_K = \frac{\partial Y}{\partial K} > 0, \quad Y_L = \frac{\partial Y}{\partial L} > 0. \tag{18.2}$$

Was bedeutet diese Eigenschaft vom ökonomischen Gesichtspunkt?

Vor allem müssen die Funktionen Y_K und Y_L definiert werden. Die Funktion Y_K drückt aus, um wieviel das Nationaleinkommen ansteigt, wenn L konstant ist und K um eine Einheit gesteigert wird. (Genauer müßte gesagt werden, es wird um eine unendlich kleine Menge gesteigert.) Y_K ist also der partielle Differentialquotient der Produktionsfunktion (18.1) nach K.

Analog drückt Y_L aus, um wieviel das Nationaleinkommen ansteigt, wenn K konstant ist und L um eine Einheit gesteigert wird. Y_L ist der partielle Differentialquotient der Produktionsfunktion nach L.

Die Voraussetzung der Existenz und Stetigkeit der Funktionen Y_K und Y_L ist vom ökonomischen Gesichtspunkt nicht problematisch, da bei einer derartig starken Aggregation angenommen werden kann, daß der Produktionsfonds und die Beschäftigtenanzahl in jedem Verhältnis ohne Sprünge kombiniert werden können, und daß sich dabei das Nationaleinkommen ohne Sprünge verändert.

Die Voraussetzung der Positivität der Ableitungen Y_K und Y_L bringt zum Aus-druck, daß die Produktionsfunktion eine streng monoton steigende Funktion sowohl von K als auch von L ist. Das bedeutet, daß bei konstanter Beschäftigtenanzahl sich immer derartige Investitionsmöglichkeiten finden (im Bedarfsfall durch entsprechende Umgruppierung der Beschäftigten), mit denen auch noch die letzte Zunahme des Produktionsfonds einen Zuwachs des Nationaleinkommens mit sich bringt. Das gleiche gilt auch für den anderen Faktor. Ist

das Volumen des Produktionsfonds konstant, so existiert noch immer eine Möglichkeit der Beschäftigung, bei der ein Arbeitskräftezuwachs zur Zunahme des Nationaleinkommens beiträgt.

2. Eigenschaft der Produktionsfunktion. Bei festem Wert der Produktionsfunktion $[Y(K, L) = Y_0 = \text{const}]$ *ist* Y_K/Y_L, *also die* differentielle Proportion der Substitution *eine abnehmende Funktion von K bzw. eine zunehmende Funktion von L.*

Die 2. Eigenschaft der Produktionsfunktion wird in Abbildung 18.1 veranschaulicht. Die auf der Abbildung sichtbare Kurve ist die Isoquantenkurve des Nationaleinkommens Y_0. Sie gibt an, mit welchen $[K, L]$ Kombinationen dasselbe fixierte Nationaleinkommen Y_0 hergestellt werden kann. Ökonomisch betrachtet bedeutet die 2. Eigenschaft der Produktionsfunktion vor allem die Voraussetzung, daß der Produktionsfonds und die Beschäftigtenanzahl einander — zumindest in bestimmten Grenzen — ersetzen können. Dasselbe Nationaleinkommen kann mit größerem Produktionsfonds und geringerer Beschäftigtenanzahl oder mit kleinerem Produktionsfonds und mit größerer Beschäftigtenanzahl erreicht werden. Dies führt auch zu der Voraussetzung, daß der Produktionsfonds »flexibel« ist, d. h., daß er sich an eine kapitalintensivere oder auch an eine weniger kapitalintensive Technologie anpassen läßt. Die Isoquantenkurve ist auf Grund der 2. Eigenschaft konvex, das bedeutet ökonomisch folgendes:

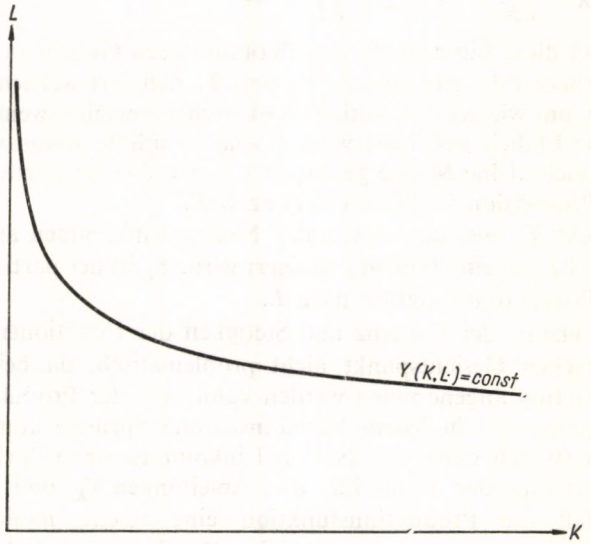


Abb. 18.1

Wir gehen von irgendeiner Kombination $[K, L]$, sagen wir von $[K_0, L_0]$ aus, die zur Herstellung von Y_0 geeignet ist. Danach wird L längs der Isoquantenkurve um eine Einheit vermindert. Der Ausfall von Arbeitskräften muß durch einen

gewissen Zuwachs von K ersetzt werden. Bezeichnen wir den Zuwachs mit $\Delta_1 K$. Danach wird L wieder um eine Einheit vermindert. Der Ausfall muß wiederum durch einen Zuwachs von K ersetzt werden, der Zuwachs sei $\Delta_2 K$. Nun aber bedeutet die 2. Eigenschaft, daß $\Delta_2 K$ größer als $\Delta_1 K$ ist. Jede weitere Verminderung von L um eine Einheit muß durch einen immer größeren Zuwachs von K ersetzt werden. Das ist vom technischen und ökonomischen Gesichtspunkt vollkommen real (solange die Frage statisch untersucht wird). Zum Ersatz für die entzogene Arbeitskraft müssen eine immer entwickeltere Technik, teurere Maschinen, Automaten usw. in Anspruch genommen werden.

Eine hinreichende Bedingung für die 2. Eigenschaft ist z. B. folgendes: wenn wir L konstant halten und K vergrößern, so wird Y_K kleiner und Y_L größer. Wenn wir hingegen K konstant halten und L vergrößern, so wird Y_L kleiner und Y_K größer. Das heißt, wenn die Beschäftigtenanzahl konstant bleibt und der Produktionsfonds gesteigert wird, dann ergeben zusätzliche Einheiten des Produktionsfonds eine Zunahme des Nationaleinkommens (im Sinne der 1. Eigenschaft!), doch der durch sie erreichbare Nationaleinkommenszuwachs wird immer kleiner und kleiner. Dagegen wird die Arbeit immer mehr zu einem Engpaß und daher nimmt ihre differentielle Produktivität zu. Ähnlich ist es, wenn der Produktionsfonds konstant bleibt, dann wird die zusätzliche Anzahl der Beschäftigten auch nur einen immer kleineren Nationaleinkommenszuwachs sichern. In diesem Falle jedoch wird der Produktionsfonds in gesteigertem Maße Engpaß.

Deshalb können wir die Voraussetzung der beiden ersten Eigenschaften der Produktionsfunktion als *annehmbare* Hypothese betrachten.

18.3. Die Definition und Existenz des kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und des kalkulatorischen Lohns

Bei der weiteren Abhandlung wird folgendes vorausgesetzt:

Wirtschaftspolitisch sind $\bar{K}$ und $\bar{L}$ als obere Grenzen des zur Verfügung stehenden Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl gegeben. Die Größe des ersteren wird zum Teil durch den bisher akkumulierten Produktionsfonds der Volkswirtschaft, zum Teil aber durch das zu seiner Steigerung vorgesehene – zum größten Teil von der Wirtschaftspolitik abhängige – Volumen der Investitionen bemessen. Auch die zur Verfügung stehende Beschäftigtenanzahl wird einerseits durch die Faktoren der Demographie, Soziologie usw., andererseits aber von der Wirtschaftspolitik, die das Ausmaß der Beschäftigung festlegt, bestimmt. An dieser Stelle beschäftigen wir uns nicht damit, wie sich die Größen von $\bar{K}$ und $\bar{L}$ ergeben, inwiefern sie von den objektiven Gegebenheiten und inwiefern sie von den wirtschaftspolitischen Entschlüssen abhängig sind. Da die Wirtschaftspolitik zweifelsohne in der Bestimmung dieser Größen einen Einfluß von gewissem Ausmaß besitzt, so kann ruhig angenommen werden, daß die *endgültigen* oberen Grenzen dieser Zahlen von der Wirtschaftspolitik festgelegt werden.

Wenn die Planer ein maximales Nationaleinkommen ermitteln wollen, dann müssen sie die zur Verfügung stehenden Produktionsfonds und Beschäftigten-

anzahl aufwenden. Dies folgt selbstverständlich auf Grund der Darstellung im vorangehenden Abschnitt über den monoton zunehmenden Charakter der Produktionsfunktion. Es lohnt sich weder, die Produktionsfonds, noch die Beschäftigtenanzahl unausgenützt zu lassen, da jede zusätzliche Einheit das Nationaleinkommen zu steigern vermag.

Es ergibt sich also eine sehr einfache primäre Optimierungsaufgabe; es ist jenes optimale Zuteilungsprogramm $[K^*, L^*]$ zu bestimmen, das folgende Bedingungen befriedigt:

$$\begin{aligned} K &\leqq \bar{K} \\ L &\leqq \bar{L} \\ Y(K, L) &\rightarrow \max! \end{aligned} \tag{18.3}$$

Es ist klar, daß die Optimierungsaufgabe die Lösung

$$\begin{aligned} K^* &= \bar{K} \\ L^* &= \bar{L} \end{aligned} \tag{18.4}$$

hat. Wir bezeichnen den Zielfunktionswert des optimalen Programms mit Y^*, es ist also

$$Y^* = Y(K^*, L^*)\,. \tag{18.5}$$

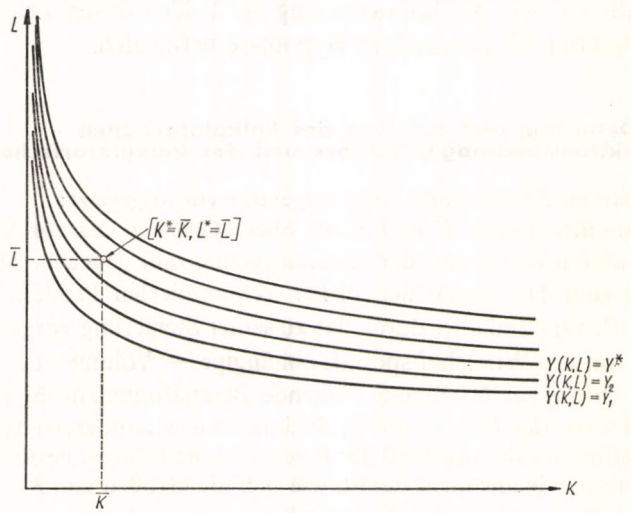


Abb. 18.2

Die primäre Optimierungsaufgabe wird auf der Abbildung 18.2 veranschaulicht. Die auf der Abbildung sichtbare Kurvenschar stellt die Isoquantenkurven des Nationaleinkommens dar. Je eine Kurve gibt an, mit welchen Kombinationen $[K, L]$, d. h. mit welchen Zuteilungsprogrammen die gleiche fixierte National-

einkommensmenge, z. B. Y_1 oder Y_2 erreichbar ist. Auf der Abbildung ist ersichtlich: das maximale Nationaleinkommen Y^* wird dort erreicht, wo die Isoquantenkurve das Rechteck berührt, das die zur Verfügung stehenden Produktionsfonds und die Beschäftigtenanzahl begrenzt.

Im weiteren wird also vorausgesetzt, daß im Interesse der Erfüllung der wirtschaftspolitischen Ziele sowohl die volle Ausnutzung der Produktionsfonds als auch die Vollbeschäftigung gesichert werden. Wie ersichtlich, ist in unserem Modell nicht die Vollbeschäftigung das Ziel, sondern (bei dem gegebenen Akkumulationsanteil) das maximale Nationaleinkommen. Die Vollbeschäftigung ist das Mittel, um das Ziel zu erreichen. Solange man nur von einer homogenen »Beschäftigtenanzahl« spricht, ist es offensichtlich, daß das maximale Nationaleinkommen nur durch Vollbeschäftigung erreicht werden kann. Wenn die Beschäftigtenanzahl detaillierter gegliedert werden würde (Fachausbildung, lokale Verteilung usw.), könnte es sich herausstellen, daß nicht jeder arbeitsfähige Einwohner eingesetzt werden kann, um das maximale Nationaleinkommen zu erreichen. Die Arbeitskräfte können nämlich nicht beliebig umgruppiert werden, und die fehlenden Arbeitskräftegruppen verhindern die Vollbeschäftigung anderer Gruppen. Je länger der Zeitraum ist, für den geplant wird, um so wahrscheinlicher ist es, daß derartige Disproportionen beseitigt werden, und um so mehr ist das Prinzip, daß die Vollbeschäftigung zum maximalen Nationaleinkommen führt, auch praktisch berechtigt.

Was die Ausnutzung des Produktionsfonds anbelangt, so bedeutet die Relation (18.4) nicht die technisch maximale, sondern die *normale* Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Produktionsfonds bei bestehenden technischen und organisatorischen Gegebenheiten sowie bei gegebenen Arbeitsbedingungen (übliche Schichtzahl). (Im Anhang F wird auf die Frage eingegangen, was unter gegebenen Umständen als normale Ausnutzung anzusehen ist.)

Die Darstellung der primären Optimierungsaufgabe (18.3) bis (18.5) und die diesbezüglichen einfachen Zusammenhänge mußten schon erwähnt werden, damit wir bereits jetzt auf die Definition des rationalen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und des rationalen kalkulatorischen Lohns eingehen können.[1] Der Produktionsfondsabgabefaktor γ kann als »Preis«, als Bewertung einer Einheit des Produktionsfonds, der Lohn ω dagegen als »Preis«, als Bewertung einer Einheit der Beschäftigtenanzahl betrachtet werden. Die zwei kalkulatorischen Preise sind für eine sekundäre Zuteilungsaufgabe erforderlich. Man stelle sich zur Veranschaulichung des Problems vor, daß eine Sektion des Landesplanungsamtes die sekundäre Aufgabe zu lösen hat und sie ebenfalls die technische Entwicklung plant, unter den Technologien auswählt und mit dem Produktionsfonds und der Anzahl der Beschäftigten wirtschaftet. Die Sektion erhält drei Angaben von der Zentrale: das maximale Nationaleinkommen Y^* als verpflichtende Vorschrift, außerdem

[1] In einem weiteren Abschnitt (18.9) wird dargestellt, wie dieser kalkulatorische Lohn ω mit dem kalkulatorischen Lohnfaktor Ω bzw. mit dem *effektiven* Lohn zusammenhängt.

den kalkulatorischen Produktionsabgabefaktor γ und den kalkulatorischen Lohn ω, wonach sie auf Anweisung folgende Optimierungsaufgabe auszuführen hat:

Es sei jenes optimale Zuordnungsprogramm K^{**}, L^{**} zu bestimmen, das folgende Bedingungen befriedigt:

$$Y(K, L) = Y^* \tag{18.6}$$

$$C(K, L) = \gamma K + \omega L \longrightarrow \min!$$

In dieser sekundären Optimierungsaufgabe ist die *volkswirtschaftliche kalkulatorische Kostenfunktion* $C(K, L)$ als zu minimierende Zielfunktion enthalten.

Die sekundäre Aufgabe wird auf der Abbildung 18.3 veranschaulicht. Die auf der Abbildung sichtbaren parallelen Geraden sind die Kostenniveaugeraden (isocost-lines) der Gleichung $C(K, L) = \text{const.}$ der volkswirtschaftlichen kalkulatorischen Kostenfunktion $C(K, L)$. Aus der Abbildung ist ersichtlich, daß die Kostenfunktion durch $Y(K, L) = Y^*$ dort das bedingte Minimum erreicht, wo irgendeine Niveaugerade die Isoquantenkurve berührt.

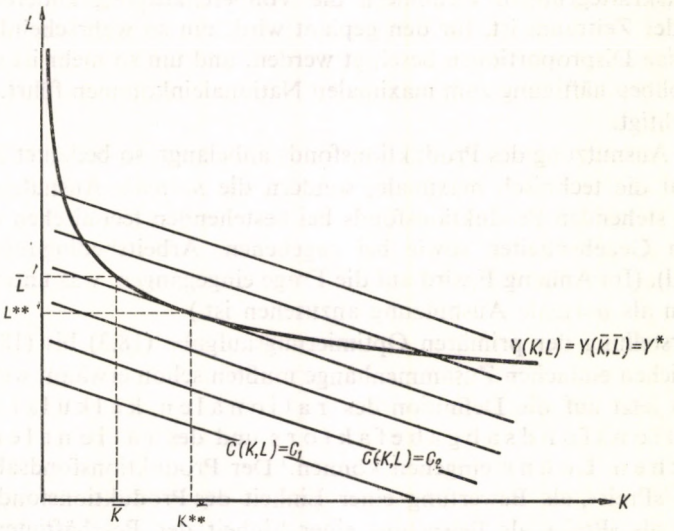
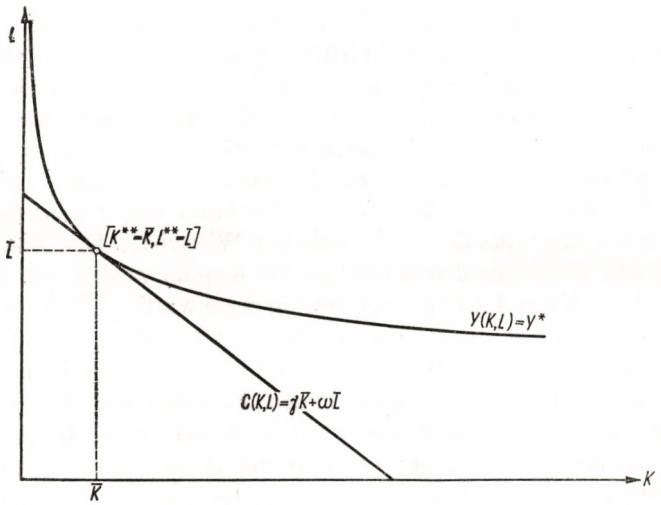


Abb. 18.3

Es ist klar, daß das durch die sekundäre Aufgabe bestimmte optimale Programm von den Werten γ und ω abhängig ist. Wir bezeichnen den Produktionsfondsabgabefaktor γ und den Lohn ω dann als rational, wenn das als Resultat der primären und der sekundären Aufgabe erhaltene optimale Zuteilungsprogramm gleich ist (siehe Abbildung 18.4):

$$K^{**} = K^* = \bar{K}$$
$$L^{**} = L^* = \bar{L}. \tag{18.7}$$

Wie ersichtlich, hat die erwähnte Wirtschaftssektion des Landesplanungsamtes weder für den Produktionsfonds noch für die Beschäftigtenanzahl Quoten erhalten. Mit der Angabe von γ und ω erfolgt die Orientierung darauf, daß weder mehr noch weniger von K und L beansprucht wird, als gerade zur Verfügung steht. *Die beiden kalkulatorischen Bewertungen sind eben dazu bestimmt, die unmittelbare quotenmäßige Vorgabe der Ressourcenzuteilung zu ersetzen.* Der Planer, der die Kosten



Abb, 18.4

minimiert, kann durch die Bemessung der Kostenfaktoren γ und ω, »der Preise« für die Aufwendungen beeinflußt werden. In unserem Fall kann derjenige, der die volkswirtschaftlichen kalkulatorischen Kostenfunktionen $C(K, L)$ minimiert, durch die Festsetzung des »Preises« γ des Produktionsfonds und des »Preises« ω der Beschäftigtenanzahl beeinflußt werden. Der *rationale* kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor und der *rationale* kalkulatorische Lohn schafft – ohne direkte Vorschriften – zwischen dem zur Verfügung stehenden und dem aufgewandten Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl ein Gleichgewicht, man könnte auch sagen, zwischen dem »Angebot« und der »Nachfrage« beim Produktionsfonds und bei den Beschäftigten. Der einzige Gleichgewichtszustand ist gerade die Zuteilung (K, L), die ein maximales Nationaleinkommen sichert.

Nun kann die Definition zusammengefaßt werden.

Definition: Der kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor γ und der kalkulatorische Lohn ω ist dann rational, wenn das als Lösung der Optimierungsaufgabe

$$Y(K, L) = Y^*$$

$$C(K, L) = \gamma K + \omega L \longrightarrow \min!$$

erhaltene optimale Zuteilungsprogramm

$$K^{**} = \bar{K},\ L^{**} = \bar{L}$$

ist.

Die kalkulatorischen Bewertungen γ und ω sind also Parameter mit der Aufgabe, den Planern bei der rationalen Verteilung der Ressourcen zu helfen, wenn sie die Produktionskosten des mit dem gegebenen Ressourcenangebot erreichbaren maximalen Nationaleinkommens auf ein Minimum herabsetzen wollen. (Das Maximum der Produktionsfunktion ist im Punkt $K = \bar{K}$, $L = \bar{L}$ gegeben.)

Wie ersichtlich, beeinflussen die Größen γ und ω, unserer Definition nach $\bar{K}$ und $\bar{L}$, die Quote der zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht, d. h., sie beeinflussen nicht das »Angebot«, sondern nur die »Nachfrage« nach Produktionsfonds und Arbeitskräften. Sie orientieren nur bei der Kombination von Produktionsfonds und Beschäftigtenanzahl, bei der Auswahl der Technologie.

In dieser Hinsicht unterscheidet sich die Funktion von γ *wesentlich* z. B. von der Funktion des Zinsfußes der kapitalistischen Wirtschaft. Der Zinsfuß des Kapitalmarktes übt gleichermaßen sowohl auf das Kapitalangebot als auch auf die Kapitalnachfrage einen Einfluß aus. (Obwohl gegenwärtig auf Grund von empirischen Erfahrungen auch unter den westlichen Ökonomen sich immer mehr die Meinung verbreitet, daß seine Wirkung nicht besonders stark ist und daß er nur einer der den Kapitalmarkt beeinflussenden Faktoren ist.) Doch wie es auch immer in der kapitalistischen Wirtschaft sei, in der sozialistischen Wirtschaft richtet sich das Ausmaß der Akkumulation und damit auch das »Angebot« des Produktionsfonds *nicht* nach dem Produktionsfondsabgabefaktor. Das Ausmaß der Akkumulation ist unmittelbar unter Berücksichtigung vieler anderer Gesichtspunkte und Erfordernisse festzulegen.

Der *effektive* Lohn beeinflußt auch bei uns das Arbeitskräfteangebot, die Zahl der sich zur Beschäftigung meldenden Personen. Wir untersuchen aber gegenwärtig nicht den effektiven, sondern den kalkulatorischen Lohn, der vom effektiven Lohn abweichen kann (und in der Regel auch abweicht).

Nach unseren Definitionen sind der rationale kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor und der rationale kalkulatorische Lohn nicht objektiv bestimmte Größen, sondern sie werden außer von objektiven Faktoren vor allem von der Wirtschaftspolitik beeinflußt, die die Quoten $\bar{K}$ und $\bar{L}$, die zur Verfügung stehenden Produktionsfonds und Beschäftigtenanzahl endgültig fixiert. Im vorliegenden Fall *vermitteln die kalkulatorischen Bewertungen γ und ω eine Entscheidung höheren Grades an diejenigen, die eine Entscheidung niedrigeren Grades fällen.* Die Entscheidung höheren Grades ist der Entschluß über den Umfang der Akkumulation und der Beschäftigung. Die Entscheidung niedrigeren Grades sind die Entschlüsse, die sich auf die Kombinationen des Produktionsfonds mit der Beschäftigtenanzahl, auf die Wahl der Technologie, z. B. in den zweiglichen Optimierungen, beziehen. Hierzu vermitteln die kalkulatorischen Bewertungen γ und ω die Entscheidung höheren Grades.

Wie aus der Definition des rationalen Wertes für γ und ω hervorgeht, untersuchen wir nicht, in welchem Maße die einzelnen Produktionsfaktoren zum

Nationaleinkommen beitragen. Wir halten die Frage an sich für absurd (obwohl man in der westlichen Literatur gleichen Themas derartig gestellte Fragen antrifft). Sowohl K als auch L sind zur Herstellung von Y unentbehrlich; sie sind *gemeinsam* erforderlich, wobei das gegenwärtige K, der gegenwärtig in Anspruch genommene Produktionsfonds nicht ohne das vergangene L, ohne die in ihr verkörperte vergegenständlichte Arbeit existieren könnte. Die Behandlung dieser Frage ist natürlich vom Gesichtspunkt der politischen Ökonomie wesentlich. Jedoch untersuchen wir in dieser Analyse ausschließlich, welche kalkulatorischen Größen inputiert, d. h. womit K und L belastet werden sollen, damit derjenige, der die Kosten minimiert, sie zweckmäßig kombiniert *und eine für die rationale, wirtschaftliche Handlung orientierende Größe der kalkulatorischen Produktionsfondsabgabe und des kalkulatorischen Lohnes hat.*

Jetzt können wir den ersten Satz formulieren:[1]

Satz 18.1. Wenn die Produktionsfunktion über die 1. und 2. Eigenschaft verfügt, so läßt sich ein rationaler kalkulatorischer Produktionsfondsabgabefaktor und ein rationaler kalkulatorischer Lohn finden.

Hier haben wir natürlich lediglich die Möglichkeit der Existenz festgestellt (und nicht, ob in Wirklichkeit ein rationaler Produktionsfondsabgabefaktor und ein rationaler Lohn zu beobachten und tatsächlich wirksam sind). Aus Satz 18.1 folgt auch nicht, daß nur ein einziger rationaler Wert für γ und ω existiert.

18.4. Das Verhältnis des Produktionsfondsabgabefaktors zum Lohn

Satz 18.2. Wenn die Produktionsfunktion die 1. und 2. Eigenschaft hat, so ist die Proportion des rationalen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und des rationalen kalkulatorischen Lohnes gleich der Proportion der differentiellen Effektivität des Produktionsfonds und der differentiellen Produktivität der Beschäftigtenanzahl (an der Stelle des optimalen Zuordnungsprogramms, d. h. dort, wo die Quoten des Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl ausgeschöpft sind):

$$\frac{\gamma}{\omega} = \frac{Y_K}{Y_L} = \frac{\dfrac{\partial Y}{\partial K}}{\dfrac{\partial Y}{\partial L}} \quad \Big| \quad K = \bar{K},\ L = \bar{L}. \tag{18.8}$$

Aus diesem Satz ergibt sich vor allem eine wichtige Folgerung: solange man ausschließlich die günstigste Kombination des Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl sucht und sich um sonstige Faktoren nicht kümmert, ist die absolute Größe von γ und ω gleichgültig. Von Bedeutung ist *ausschließlich das Verhältnis von γ und ω*. Solange bei der Berechnung ausschließlich zwei beschränkte Ressourcen auf Grund von kalkulatorischen Bewertungen in Betracht gezogen werden,

[1] Der mathematische Beweis der Sätze dieses Abschnitts wird im Anhang E behandelt.

kann ihre absolute Größe beliebig sein. Wird aber die absolute Größe einer der beiden Bewertungen fixiert, so ist damit auch die der zweiten auf Grund der Beziehung (18.8) bestimmt. Zum Beweis der beiden bisher aufgestellten Sätze waren ausschließlich *annehmbare* Arbeitshypothesen erforderlich.

Aus der bisherigen Darstellung ergibt sich, daß zur Quantifizierung von γ und ω die partiellen Ableitungen Y_K und Y_L oder zumindest die Größe von Y_K und Y_L für den Fall $K = \bar{K}$, $L = \bar{L}$, d. h. die differentielle Effektivität des Produktionsfonds und die differentielle Produktivität der Beschäftigtenanzahl bei voller Inanspruchnahme der für beide Ressourcen zur Verfügung stehenden Menge zu bestimmen sind.

Im weiteren sollen die einzelnen Versuche behandelt werden.

18.5. Erster Versuch: Beobachtung des »Kapitalmarktes«

Kann eine Folgerung über die Größe von γ aus der Beobachtung der »Kapitalnachfrage«, d. h. des Bedarfes an erforderlichen Investitionsfonds zur Steigerung des Produktionsfonds, gezogen werden?

Stellen wir – provisorisch – folgende Arbeitshypothese auf:

a) Gegeben ist eine von vornherein fixierte Produktionsfondsquote $\bar{K}$, die sich teilweise aus einem bereits funktionierenden Produktionsfonds, teilweise aus einem Zuwachs an Produktionsfonds, d. h. aus Investitionsquoten, ergibt. Diese fixierte Größe ist das »Kapitalangebot«.

b) Der Staat übergibt den Betrieben die Produktionsfonds nicht unentgeltlich, sondern er fordert die *tatsächliche* Zahlung einer Produktionsfondsabgabe. Hier handelt es sich folglich nicht um eine kalkulatorische, sondern um eine tatsächliche Abgabe. Analog sind ebenfalls die Lohnkosten effektive Kosten, zu denen hier auch die zu den Löhnen proportionalen effektiven öffentlichen Lasten (Lohnsummensteuer) zu rechnen sind.[1]

c) Die Betriebe sind an der Maximierung sowohl des gegenwärtigen als auch des zukünftigen Gewinns interessiert.

d) Die Betriebe kennen ihre zukünftigen Einnahmen und Ausgaben genau.

e) Der effektive Lohnstand ist gegeben und steht nicht im Zusammenhang mit der Nachfrage nach dem Produktionsfonds.

f) Die Größe des Produktionsfondsabgabefaktors γ stellt der Staat folgendermaßen fest:

Es wird von jedem Unternehmen, das einen Produktionsfonds beansprucht, ein Angebot verlangt. Wir bezeichnen das Angebot des i-ten Unternehmens mit γ_i. Diese werden der abnehmenden Reihenfolge nach eingestuft, und dann werden entsprechend dieser Rangordnung die Investitionsquoten verteilt. Als allgemeingültiges γ wird das Angebot γ_i jenes Unternehmens vorgeschrieben, das unter den an den Investitionsquoten Beteiligten das niedrigste war.

[1] In der ungarischen Volksrepublik hat jeder *Betrieb* in proportionaler Abhängigkeit von der Höhe der Lohnkosten insgesamt eine Lohnsummensteuer und einen Beitrag für die Sozialversicherung zu entrichten.

g) Der so ermittelte Produktionsfondsabgabefaktor γ kommt entsprechend der Preisformel (16.1) in jedem effektiven Preis zur Geltung.

Es ist einzusehen, daß sich bei Gültigkeit aller Bedingungen a)–g) das letztlich vorgeschriebene γ nach der differentiellen Effektivität der zur Verfügung stehenden Produktionsfondsquote richten würde. Die effektiv zu zahlende Produktionsfondsabgabe und die effektiven Lohnkosten würden in einer rationalen Proportion zueinander stehen:

$$\frac{\gamma}{w} = \frac{Y_K}{Y_L} \quad \Big| \quad K = \bar{K},\ L = \bar{L}, \tag{18.9}$$

wobei

w der sich je Arbeitskraft ergebende effektive Lohn einschließlich der Lohnsummensteuer ist.

Überlegen wir, woran der Betrieb interessiert ist, der γ_i anbietet, das höher ist als γ. Er konnte deshalb mehr anbieten, da der beanspruchte Produktionsfonds mehr einbringt, als die letztlich angenommene Produktionsfondsabgabe: $Y_{\bar{K}} > \gamma$. Bei dem Betrieb, der weniger anbietet als das angenommene γ, bringt der beanspruchte (doch schließlich ihm nicht zugewiesene) Produktionsfonds weniger ein: $Y_K < \gamma$. Dementsprechend drückt eben das Angebot des »Anspruchstellers an der Grenze«, d. h. γ, die differentielle Effektivität des Produktionsfonds an der Stelle $K = \bar{K}$, $L = \bar{L}$ aus.

Von einer detaillierteren, exakteren Beschreibung des »Kapitalmarkt-Modells« wird Abstand genommen, da, wie wir im weiteren zeigen möchten, das Modell fehlerhaft ist. Die Arbeitshypothese ist unannehmbar.

Wir haben versucht, im ungarischen Wirtschaftsleben Spuren eines »Kapitalmarktes«, und seien sie auch nur minimal, aufzufinden. Wir untersuchten, ob es möglich ist, aus ihnen auf die Angebote γ_i der Betriebe bzw. auf die differentielle Effektivität der Produktionsfonds zu schließen. In diesem Zusammenhang lohnt es sich, drei Erscheinungen zu betrachten:

1. Wie aus dem 2. Kapitel des Buches hervorgeht, muß vor jeder Investition ihre Wirtschaftlichkeit berechnet werden; unter anderem muß die Kennziffer g_n berechnet werden. Die Kennziffer g_n des i-ten Investitionsvorschlags ist:

$$g_{ni} = \frac{S_i}{0{,}2\,P_i + R_i}, \tag{18.10}$$

wobei

S_i die Einnahme der Anlage
P_i die Investitionskosten und
R_i die Betriebskosten darstellen.

Von der Kennziffer g_n wird erwartet, daß ihr Wert möglichst nicht unter 1 liegen soll. 1 ist folglich als »normativer Wert« dieser Kennziffer zu betrachten und

dementsprechend ist statt der ursprünglichen Kennziffer g_n nach (18.10) folgende Formel zu benutzen:

$$\frac{S_i}{\gamma_i P_i + R_i} = 1 . \tag{18.11}$$

Hier wird folglich jetzt statt des Produktionsfondsabgabefaktors von 0,2, der als offizielles kalkulatorisches γ gilt, das den i-ten Investitionsvorschlag charakterisierende γ_i als Unbekannte betrachtet.

Aus (18.11) folgt

$$\gamma_i = \frac{S_i - R_i}{P_i} . \tag{18.12}$$

Die Größe γ_i ist als der innere Produktionsfondsabgabefaktor des i-ten Investitionsvorschlags zu betrachten. Eigentlich bedeutet er nichts anderes, als den auf die Einheit der Investitionskosten entfallenden kalkulatorischen Gewinn; eine Art kalkulatorische »Profitrate«. Diejenigen, die den Investitionsvorschlag vorbringen, »bieten« diesen »Nachfrage«-Produktionsfondsabgabefaktor »an«. Bei der Unterbreitung der Kennziffer g_n behaupten sie eigentlich, sie würden auch dann noch keinen Verlust auf Grund der offiziellen kalkulatorischen Bewertung zu verzeichnen haben, wenn sie die Produktionsfondsabgabe gemäß dem Faktor γ_i bezahlen müßten.

Die Tabelle 18.1 zeigt die zweiglichen Durchschnitte der Kennziffern g_n der 1963 und 1964 genehmigten Investitionen. Demnach liegt der Wert der Kennziffer g_n in der Mehrheit der Zweige über 1, der »innere« Produktionsfondsabgabefaktor γ_i beträgt in der Mehrheit der Investitionsvorschläge mehr als 0,2.

Aus dieser Darlegung können wir aber auf die begründete Größe des Produktionsfondsabgabefaktors gar keine Folgerungen ziehen und damit auch nicht auf die differentielle Effektivität der Investitionsquoten. Beim gegenwärtigen Verfahren können die Unterbreiter der Investitionsvorschläge vollkommen unbekümmert fast beliebig große »innere« Werte für γ_i nachweisen ohne wesentliche Konsequenzen. Das durch sie angegebene γ_i muß nicht tatsächlich bezahlt werden. Die Produktionsfonds, die Investitionsquote waren bis in die letzte Zeit unentgeltliche Leistungen. Der Käufer konnte also beruhigt einen hohen Preis in Aussicht stellen im Bewußtsein, die Ware schließlich unentgeltlich zu erhalten. Es ist klar, daß wir aus den »Preisangeboten« eines derartigen »Marktes« keine Folgerungen ziehen können.[1]

2. Die Betriebe erhielten einen Teil der Investitionsquoten nicht unentgeltlich, sondern als Anleihe zu 3 Prozent Zinsen, die rückvergütet werden mußte. (Das ist die sogenannte selbstkostenmindernde Anleihe). Ihr Volumen ist in der Regel

[1] Im Kapitel 9 des Buches wird auch datenmäßig nachgewiesen, im welchen Maße die Investitionsvorschläge die zu erwartenden Einnahmen und Ausgaben, und damit zusammenhängend auch den »inneren« Produktionsfondsabgabefaktor verzerren, »verschönern«.

TABELLE 18.1

*Zweigliche Durchschnitte der Kennziffer g_n**

Zweig	Zahl der Investitionen	Investitionskosten (in Mill. Ft)	Durchschnitt der Kennziffer g_n
Kohlenbergbau, Brikettherstellung	11	2292	0,85
Erdölindustrie	4	665	1,99
Hüttenwesen	6	1650	1,06
Aluminiumindustrie	4	2120	0,77
Werkzeugmaschinenbau	4	172	1,47
Fernmeldewesen	3	351	1,50
Instrumentenindustrie	1	96	1,22
Elektroindustrie	1	85	1,70
Starkstromindustrie	3	1402	1,18
Massenbedarfsgüterindustrie	2	255	1,07
Gießereien	3	356	1,38
Sonstige Maschinenindustrie	5	649	1,29
Elektroenergieindustrie	2	1579	1,78
Baumaterialindustrie	11	763	1,43
Chemieindustrie	12	9182	0,97
Papierindustrie	9	1705	0,98
Möbelindustrie	8	271	1,24
Druckereiindustrie	5	195	2,64
Leder- und Schuhindustrie	7	269	1,39
Baumwollindustrie	22	1770	1,08
Wollindustrie	9	132	1,49
Wirkwarenindustrie	8	250	1,07
Entfaserungsindustrie	6	140	1,37
Lebensmittelindustrie	8	765	1,03

* Quelle: Mitteilung des Investitionsbüros des LPA.

gering. Sie erreicht nicht einmal 1 Prozent der staatlichen Investitionen. Die zur Verfügung stehenden Kredite werden auch nicht ausgeschöpft. Die Inanspruchnahme der Kredite stellt die Tabelle 18.2 dar.

Wie vorher aus den Angeboten, die höher als 20 Prozent waren, nicht auf die Höhe der differentiellen Effektivität des Produktionsfonds geschlossen werden konnte, so ist die Nichtinanspruchnahme eines 3%igen Investitionskredits kein Beweis für eine derartig niedrige differentielle Effektivität des Produktionsfonds. Weshalb soll der Betrieb Kredit mit Zinsen in Anspruch nehmen, solange er auch unentgeltlich eine Investitionsquote erhalten kann?

3. Neuerdings wurde offiziell vorgeschrieben, daß die Unternehmen verpflichtet sind, eine 5%ige Produktionsfondsabgabe für den tatsächlich in Anspruch genommenen Investitionsfonds zu zahlen. Das ist eine bedeutende Maßnahme. Nach Jugoslawien wurde sie zuerst in Ungarn eingeführt. Die Wirkung läßt sich aber gegenwärtig noch nicht beurteilen. Vorläufig wirkte sie sich noch nicht auf die effektiven Preise aus. Seit ihrer Einführung gab es noch keine Preisregelung. Sie

beeinflußte den Gewinnanteil der Betriebe auch nicht wesentlich, da entsprechend der Abgabenhöhe auch die Gewinnabführung der Betriebe vermindert wurde. (Auch ist gegenwärtig die Interessiertheit der Betriebe am Gewinn nicht besonders stark.) Deshalb kann zur Zeit nichts darüber ausgesagt werden, wie sich die tatsächliche Produktionsfondsabgabe auf den Bedarf an Produktionsfonds auswirkt.

TABELLE 18.2

*Inanspruchnahme des Investitionskredits**

Jahr	Inanspruchnahme des Kredits in Prozent
1959	94,6
1960	81,6
1961	88,0
1962	98,3

* Quelle: Studie [113] von *J. Magyar.*

Jedenfalls weist die Einführung der effektiv zu zahlenden gegenwärtigen Produktionsfondsabgabe darauf hin, daß in der Zukunft die Auswirkungen der »Mechanismen des Kapitalmarktes« sich gewissermaßen verstärken. Diese Entwicklung verspricht förderlich zu werden. Es ist vorstellbar, daß dadurch auch gewisse Anhaltspunkte für die rationale Größe von γ gewonnen werden können.

Von der tatsächlich zu zahlenden Produktionsfondsabgabe darf aber nicht allzu viel erwartet werden. Es ist bekannt, daß auch in der kapitalistischen Wirtschaft der Wettbewerb gerade auf dem Kapitalmarkt nicht »vollkommen« ist. Der Zinsfuß hängt bei weitem nicht nur vom tatsächlichen differentiellen Ertrag der Investitionen ab, sondern auch von einigen anderen Faktoren: von den Erwartungen der Unternehmer, von der allgemeinen konjunkturellen Lage, von der Finanzpolitik, von der Stabilität der Valuta usw.

In der sozialistischen Planwirtschaft kann die Verteilung der Produktionsfonds, der Investitionsquoten keinesfalls grundlegend über irgendeinen »Mechanismus des Kapitalmarktes« erfolgen. Er kann höchstens als Hilfskontrolle ausgewertet werden, doch kann er nicht die Verteilung des grundlegenden Teils der Produktionsfonds regulieren. Denken wir – um nur einen Zusammenhang zu erwähnen – an die *langfristige* materielle und moralische Interessiertheit der Leitung und Kollektive der Betriebe, an das Risiko bezüglich der Investitionen und an all jene sonstigen schwerwiegenden wirtschaftssoziologischen Probleme, die alle auftauchen, wenn die Investitionsentscheidungen in starkem Maße dezentralisiert werden. Daher kann nicht erwartet werden, daß die am Anfang des Abschnittes dargestellten Voraussetzungen konsequent verwirklicht werden können. Die Arbeitshypothese kann also nicht angenommen werden.

Zusammenfassung:

Zur Zeit können wir keinen wesentlichen Anhaltspunkt für die Größe des rationalen Produktionsfondsabgabefaktors und des rationalen Lohnes aus dem Verhalten der Investitionen beanspruchenden Ministerien und Betriebe (aus ihrer Inanspruchnahme von Investitionskrediten, ihren Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Produktionsfondsabgabeangeboten) gewinnen. Wenn wir in der Zukunft auch gewisse Informationen aus diesem Verhalten gewinnen können, so können wir hierauf keinesfalls die Bestimmung der rationalen kalkulatorischen Bewertungen aufbauen.

18.6. Zweiter Versuch: Folgerung aus Planvarianten

Nehmen wir an, daß das Landesplanungsamt bei der mit traditionellen Methoden erfolgenden Zusammenstellung der Perspektivpläne den Plan aus *mehreren* Varianten erarbeitet. Zum Beispiel:

Erste Variante: Plan mit Produktionsfonds K_1 und Beschäftigtenanzahl L_1. Nationaleinkommen des letzten Planjahres Y_1.

Zweite Variante: Plan mit Produktionsfonds K_2 und Beschäftigtenanzahl $L_1 : K_2 > K_1$. Nationaleinkommen der Planvariante Y_2.

Dritte Variante: Plan mit Produktionsfonds K_1 und Beschäftigtenanzahl L_2. Diese liegt etwas höher als die Beschäftigtenanzahl der ersten Variante: $L_2 > L_1$, Nationaleinkommen der Planvariante Y_3.

Dabei wird unterstellt, daß das LPA Planvarianten erarbeitet, bei denen alle anderen Bedingungen als unveränderlich angesehen werden. Schon die erste Variante soll die verhältnismäßig günstigsten Faktoren enthalten; daher kann in die zweite Variante der Produktionsfondszuwachs nur mit einer kleineren Effektivität als die Effektivität des bisherigen Produktionsfonds einbezogen werden:

$$\frac{Y_2 - Y_1}{K_2 - K_1} < \frac{Y_1}{K_1}. \tag{18.13}$$

Analog ist die Lage bei der dritten Variante.

Wenn solche Varianten zur Verfügung stehen würden, könnte folgende Information gewonnen werden:

$$\begin{aligned} \frac{Y_2 - Y_1}{K_2 - K_1} &\approx Y_K, \\ \frac{Y_3 - Y_1}{L_2 - L_1} &\approx Y_L, \end{aligned} \tag{18.14}$$

das heißt, wir könnten annähernde Schätzungen für die differentielle Produktivität der Beschäftigtenanzahl und für die differentielle Effektivität des Produktionsfonds in der »Umgebung« des verfügbaren Produktionsfonds und der verfügbaren Beschäftigtenanzahl erhalten.

Derartige Planvarianten wurden aber in Ungarn in den fünfzehn Jahren der Planung niemals erarbeitet. Während der Ausarbeitung eines Perspektivplanes *folgen* die in den verschienen Phasen der Planung zustande kommenden Planvarianten *einander*. Sie genügen nicht dem Prinzip »ceteris paribus«. Im Gegenteil: sie wurden deshalb ausgearbeitet, um jeweils eine andere grundlegende Aufgabe (z. B. abweichende wirtschaftspolitische Anforderungen usw.) durchzusetzen. Folglich war aus den einander folgenden Varianten nicht zu ersehen, wie sich das Nationaleinkommen ändert, wenn sich nur ein Faktor ändert und alles übrige unverändert bleibt. Deshalb können auch die Planvarianten nicht zur annähernden Schätzung der partiellen Ableitungen angewendet werden.

Infolge der in den Kapiteln 1 und 8 eingehend behandelten Schwierigkeiten kann es nicht als real betrachtet werden, daß bei der traditionellen Planung zukünftig simultane Planvarianten erarbeitet werden.

Zusammenfassung:

Anhaltspunkte für die Schätzung des rationalen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und des rationalen kalkulatorischen Lohnes können von der traditionellen Perspektivplanung weder gegenwärtig noch voraussichtlich in der Zukunft durch Ausarbeitung simultaner Planvarianten erwartet werden.

18.7. Dritter Versuch: Folgerung aus der Verteilung des Nationaleinkommens

Im folgenden wird auf Grund eines Gedankenexperiments die Möglichkeit untersucht, aus den Angaben über die *Verteilung* des Nationaleinkommens auf die Größe der rationalen Werte für γ und ω zu schließen.

Das Nationaleinkommen wird für die Akkumulation und Konsumtion verwandt. Der Akkumulationsanteil des Nationaleinkommens wird mit α bezeichnet. Dann ist die Akkumulation αY und die Konsumtion $(1-\alpha) Y$.

Für die weitere Abhandlung wird der Begriff der Standardverteilung des Nationaleinkommens eingeführt. Der Akkumulationsanteil der Standardverteilung wird mit α^{Δ} bezeichnet.

Definition. Bei der Standardverteilung des Nationaleinkommens verhält sich die Akkumulation zur Konsumtion wie das Produkt aus der differentiellen Effektivität des Produktionsfonds und dem Produktionsfonds zum Produkt aus der differentiellen Produktivität der lebendigen Arbeit und der Beschäftigtenanzahl (beide Ableitungen bei voller Ausnutzung der Produktionsfaktoren berechnet).

$$\frac{\alpha^{\Delta}}{1-\alpha^{\Delta}} = \frac{Y_K K}{Y_L L} \quad \Big| \quad K = \bar{K},\ L = \bar{L}. \tag{18.15}$$

Nehmen wir an, daß eine bestimmte Notwendigkeit die Wirtschaft dazu zwingt, die Standardverteilung des Nationaleinkommens vorzunehmen. In diesem Falle wäre es leicht, das Verhältnis des rationalen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors zum rationalen kalkulatorischen Lohn zu bestimmen.

Satz 18.3. Wenn die Produktionsfunktion die Eigenschaften 1 und 2 hat und die Standardverteilung des Nationaleinkommens angewandt wird, dann verhält sich die rationale kalkulatorische Produktionsfondsabgabe zum rationalen kalkulatorischen Lohnfonds wie der Akkumulationsanteil zu dem Konsumtionsanteil:

$$\frac{\gamma \bar{K}}{\omega \bar{L}} = \frac{\alpha^{\Delta}}{1 - \alpha^{\Delta}}, \tag{18.16}$$

daraus ergibt sich

$$\frac{\gamma}{\omega} = \frac{\bar{L}}{\bar{K}} \frac{\alpha^{\Delta}}{1 - \alpha^{\Delta}}. \tag{18.17}$$

In diesem Fall würde es genügen, α, $\bar{K}$ und $\bar{L}$ zu kennen, um das für uns so wichtige Verhältnis γ/ω bestimmen zu können.

Wir stellen jedoch fest, *daß uns keine innere Gesetzmäßigkeit bekannt ist, wonach die Standardverteilung des Nationaleinkommens in der sozialistischen Wirtschaft angewandt werden müßte.* Der effektive Akkumulationsanteil kann kleiner, gleich oder größer als das α^{Δ} der Standardverteilung sein.

Der Anteil nach der Standardverteilung kann auch nicht als eine zweckmäßige oder erwünschte Proportion, als irgendein Normativ betrachtet werden. Auf Grund wirtschaftspolitischer Erwägungen kann sowohl $\alpha > \alpha^{\Delta}$ als auch $\alpha < \alpha^{\Delta}$ begründet sein.

Dennoch wird in unseren weiteren Analysen bei der Ausgestaltung der Berechnungsprinzipien als Voraussetzung die Standardverteilung des Nationaleinkommens als *provisorische* Arbeitshypothese angenommen. Die Berechtigung der Voraussetzung ist nicht einleuchtend (obwohl ihre Annahme auch nicht absurd ist).

Bedeutet die Voraussetzung der Arbeitshypothese, daß wir uns die Theorie der Grenzproduktivitätseinkommensverteilung nach *Clark* zu eigen machen?[1]

Hier sind zunächst gewisse Begriffsanalogien festzustellen. Die Grenzproduktivitätseinkommensverteilung nach *Clark* stimmt mit der von uns definierten Standardverteilung überein, wenn wir (auf die Verhältnisse des Kapitalismus bezogen) folgendes ergänzend voraussetzen: die Kapitalisten akkumulieren ihr ganzes Einkommen, die Arbeiter jedoch konsumieren ihr ganzes Einkommen (oder, was damit äquivalent ist, die Konsumtion der Kapitalisten ist gleich dem durch die Arbeiter eingesparten und zur Akkumulation gelangenden Einkommen).

Nach dieser Begriffsanalogie wird untersucht, worin die Abweichungen bestehen.

Erstens behaupten die Anhänger der Theorie der Grenzproduktivitäteinkommensverteilung, daß ihre Theorie – zumindest unter den Verhältnissen des Kapitalismus – ein reales Bild der tatsächlichen Einkommensverteilung wiedergibt. Das ist aber ein Irrtum. Es ist wahr, daß bei der Gestaltung der Produktions-

[1] Siehe hierzu z. B. das Buch von *P. H. Douglas* [38], einem der Schöpfer der *Cobb–Douglas*schen Funktion und Anhänger der *Clark*schen Theorie.

und Investitionspolitik der Unternehmen der von der erhöhten Beschäftigung und der von neuen Investitionen zu erwartende Gewinn in Erwägung gezogen wird. Insoweit wetteifern »Kapital« und »Arbeit« um die Inanspruchnahme miteinander. Das wirkt dahingehend, daß die Proportion des Zinses und des Lohnes den Proportionen der differentiellen Effektivität des Kapitals und der differentiellen Produktivität der Arbeit entsprechen soll. Diese Tendenz wird aber von zahlreichen anderen Faktoren eingeschränkt, so z. B. durch die Macht der Monopole, Oligopole, die Einmischung des Staates sowohl in den Kapitalmarkt als auch in die Gestaltung der Arbeitslöhne, das Steuersystem, die Rolle der Gewerkschaften, den politischen und wirtschaftlichen Kampf der Arbeiterklasse usw. Die gemeinsame Wirkung der vielen Faktoren läßt letztlich die tatsächliche Verteilung des Nationaleinkommens weitestgehend von der Standardverteilung abweichen. Daher lehnen gegenwärtig auch schon zahlreiche nicht-marxistische Ökonomen die Theorie der Grenzproduktivitätseinkommensverteilung ab.[1]

Wir behaupten *nicht*, daß im Sozialismus die Standardverteilung die tatsächliche Verteilung des Nationaleinkommens real widerspiegelt. Es handelt sich nur um eine *mögliche* Verteilung; wenn sie dennoch vorausgesetzt wird, so nur als provisorische Arbeitshypothese.

Die zweite wesentliche Abweichung besteht darin, daß zahlreiche Anhänger der Clarkschen Theorie der Meinung sind, daß die Grenzproduktivitätseinkommensverteilung *wünschenswert* und zweckmäßig ist, da sie die entsprechende Kombination der Produktionsfaktoren sichert. Hier geht die Theorie bereits zur moralischen Verteidigung der kapitalistischen Einkommensverteilung über.

Wir befassen uns jedoch *nicht* mit der Frage der zweckmäßigen Proportionen der tatsächlichen Einkommensverteilung. Wir sind der Meinung, daß diese Problematik weit über den Themenkreis der im engeren Sinn behandelten wirtschaftlichen Planung hinauswachsen würde. Die wissenschaftliche Untersuchung führt auf das Gebiet der politischen und wirtschaftlichen Soziologie oder gar zu Problemen der Ethik. Bei unseren Untersuchungen taucht die Standardverteilung ausschließlich im Zusammenhang mit der *kalkulatorischen* Bewertung des Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl auf. Es wird nicht der *tatsächliche* Lohn der Werktätigen untersucht, sondern nur, welcher kalkulatorische Lohn der Arbeit in den wirtschaftlichen Berechnungen *zugerechnet werden soll.*

Zusammenfassung:

Aus den Angaben der Verteilung des Nationaleinkommens kann nicht auf den rationalen kalkulatorischen Produktionsabgabefaktor und den rationalen kalkulatorischen Lohn geschlossen werden; das ist nur dann möglich, wenn ergänzende Voraussetzungen, wie z. B. die provisorische Hypothese der Standardverteilung, gemacht werden.

[1] Zur Veranschaulichung zitieren wir beispielsweise *J. R. Hicks:* ». . . woher wissen wir, ob die Faktoren ihre Grenzprodukte erreichen? Müssen wir annehmen, daß die ganze Theorie über den monopolistischen Wettbewerb nur für kurze Fristen gültig ist?« (siehe [55]).

18.8. Vierter Versuch: Folgerung aus der volkswirtschaftlichen Wachstumsrate — Beschreibung des Modells

Bei den ersten drei Versuchen waren wir bestrebt, aus statischen Untersuchungen Folgerungen zu ziehen. In den folgenden Analysen versuchen wir, aus dem *zeitlichen Wachstum* des Nationaleinkommens, des Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl auf die Größe des Produktionsfondsabgabefaktors zu schließen.

In der ökonomischen Literatur werden Beziehungen zwischen der Größe des Produktionsfondsabgabefaktors und der Wachstumsrate der Volkswirtschaft hergestellt.[1] Auch wir haben diesen Zusammenhang mit Hilfe eines Gedankenexperiments untersucht. Dazu wurde ein einfaches aggregiertes Wachstumsmodell aufgestellt.

Im Modell wurde zuerst die Produktionsfunktion weiter spezifiziert, indem aus der Klasse der durch die 1. und 2. Eigenschaft gekennzeichneten Funktionen eine engere Unterklasse herausgegriffen wurde. Die Form der Produktionsfunktion des Wachstumsmodells ist:[2]

$$Y(t) = Ae^{ut} K(t)^{\beta} L(t)^{\eta} . \tag{18.18}$$

Hierbei ist

- t die Zeit als stetige Veränderliche
- A ein konstanter Faktor ohne selbständige ökonomische Bedeutung (bei geeigneter Wahl der Maßeinheiten kann er auch 1 sein)

[1] Insbesondere weist das berühmte Wachstumsmodell von *János Neumann* (J. von Neumann) (siehe [133]) sowie seine Weiterentwicklung durch den »Turnpike-Satz« von *Dorfman, Samuelson* und *Solow* nach, daß unter bestimmten Bedingungen der Zinsfuß mit der Wachstumsrate der Volkswirtschaft zusammenfällt (siehe [37]). Mit der Weiterentwicklung des »Turnpike-Satzes« befaßten sich zahlreiche Autoren, so beispielsweise *L. McKenzie* [123] und *R. Radner* [147].

Wir untersuchen hier übrigens nicht den zur Umrechnung der in verschiedenen Zeitpunkten gültigen Preissysteme dienenden Zinsfuß, sondern die in dem gegebenen Zeitpunkt für den Produktionsfonds zu berechnende Produktionsfondsabgabe. Zwischen den beiden Größen bestehen aber enge Zusammenhänge. Diese werden kurz im Anhang D des Buches behandelt.

Mit Hilfe der vom Neumannschen Modell wesentlich abweichenden Modelle hat man (zum Teil auf Grund von anderen ökonomischen Voraussetzungen und mit einem anderen mathematischen Apparat) einen Satz abgeleitet, der unter der Benennung »neo-classical theorem« oder »golden rule« bekannt ist. Diesen Satz haben in den Jahren 1960 bis 1962 — unabhängig voneinander, in verschiedenen Formen — die folgenden sechs Verfasser entwickelt: *M. Allais, J. Desroussaux, E. S. Phelps, Joan Robinson, T. Swan* und *C. C. von Weizsäcker*. Das Wesentliche dieser These ist, daß unter bestimmten Bedingungen der auf eine Person entfallende Verbrauch dann maximal ist, wenn die Wachstumsrate des Nationaleinkommens und die Profitrate zusammenfallen.

Wir beschäftigen uns nicht detailliert damit, inwieweit die Voraussetzungen der in den Abschnitten 18.8 und 18.9 beschriebenen einfachen Wachstumsmodelle mit den Voraussetzungen der genannten Modelle übereinstimmen, bzw. in welchen Punkten sie sich von letzteren unterscheiden.

[2] Von hier an setzen wir im weiteren Teil des Kapitels voraus, daß $K = \bar{K}$ und $L = \bar{L}$ ist. Dementsprechend steht in den Formeln immer K und L.

e die Basis der natürlichen Logarithmen

μ der Qualitätsparameter des technischen Niveaus

β die Elastizität des Nationaleinkommens in bezug auf den Produktionsfonds. (Sie gibt an, um wieviel Prozent das Nationaleinkommen ansteigt, wenn wir den Produktionsfonds bei unveränderlicher Beschäftigtenanzahl um 1 Prozent steigern.)

η die Elastizität des Nationaleinkommens in bezug auf die Beschäftigtenanzahl. (Sie gibt an, um wieviel Prozent das Nationaleinkommen ansteigt, wenn die Beschäftigtenanzahl bei unveränderlichem Produktionsfonds um 1 Prozent gesteigert wird.)

Welche wesentlich neuen Eigenschaften hat diese Funktion?

Die 3. Eigenschaft der Produktionsfunktion. Das Nationaleinkommen ist eine homogene Funktion $(\beta + \eta)$-ten Grades von K und von L.

Diese Eigenschaft können wir durch

$$Y(mK, mL) = m^{\beta+\eta}\, Y(K, L)\,. \tag{18.19}$$

ausdrücken.

Wenn wir also sowohl den Produktionsfonds als auch die Beschäftigtenanzahl mit dem gleichen Faktor m multiplizieren, so steigt das Nationaleinkommen auf das $m^{\beta+\eta}$-fache. In diesem Zusammenhang sind drei Fälle möglich:

a) Die Summe der Elastizitäten ist 1.

$$Y(mK, mL) = mY(K, L), \qquad \beta + \eta = 1\,. \tag{18.20}$$

Das Nationaleinkommen ändert sich in der gleichen Proportion wie der Produktionsfonds und die Beschäftigtenanzahl. Die englische ökonomische Literatur nennt dies den Fall des »constant return to scale«. Das »to scale« in diesem Ausdruck weist traditionell darauf hin, daß hier die Ableitung des Ertrages im Falle der *gemeinsamen* Veränderung *sämtlicher* Faktoren in *gleicher Proportion* konstant ist. Deshalb benutzen wir zwecks Vermeidung von Mißverständnissen für (18.20) statt der einfachen Übersetzung des Ausdrucks folgende Bezeichnung: »Konstanter differentieller Ertrag im Falle *gemeinsamer* Änderung der Faktoren in *gleicher Proportion*«.

Wenn die Summe der Elastizitäten 1 ist, so ist die Produktionsfunktion eine homogene Funktion ersten Grades.[1]

[1] An dieser Stelle möchten wir kurz darauf hinweisen, welche Beziehung zwischen den von uns angewandten Produktionsfunktionen und der Cobb—Douglas-Funktion bzw. den in der Literatur ebenfalls zur Anwendung gelangenden Produktionsfunktionen besteht.

Die ursprüngliche Cobb—Douglas-Funktion (siehe [38]) lautet

$$Y = A\, K^{\beta}\, L^{1-\beta}. \tag{18.21}$$

Sie ist also eine *statische*, homogene Funktion *ersten Grades*.

b) Die Summe der Elastizitäten ist größer als 1. In diesem Falle steigt das Nationaleinkommen im Verhältnis stärker als K und L. Wenn z. B. $\beta + \eta = 1{,}2$ und $m = 1{,}5$ ist, dann wächst, wenn Produktionsfonds und Beschäftigtenanzahl beide auf das anderthalbfache gesteigert werden, das Nationaleinkommen nicht um 50, sondern um 63 Prozent. Das ist der Fall des »increasing return to scale«: steigender differentieller Ertrag im Falle der *gemeinsamen* Steigerung der Faktoren in *gleicher Proportion.*

c) Die Summe der Elastizitäten ist kleiner als 1. Das ist der Fall des »diminishing return to scale«: abnehmender differentieller Ertrag im Falle der *gemeinsamen* Steigerung der Faktoren *in gleicher Proportion.*

Es ist nicht erforderlich, unsere Analyse für die Fälle a), b) oder c) gesondert durchzuführen, unsere Sätze können auch in einer verallgemeinerten, für alle drei Fälle gültigen Form formuliert werden. Gerade deshalb können wir aussagen, daß die 3. Eigenschaft als annehmbare Arbeitshypothese betrachtet werden kann.

4. Eigenschaft der Produktionsfunktion. Neben den zwei Produktionsfaktoren, dem Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl, die als Veränderliche in der Funktion enthalten sind, wird ein dritter, mit der Zeit exponentiell anwachsender Faktor $e^{\mu t}$ eingeführt.

Die ökonomische Bedeutung der 4. Eigenschaft ist folgende:

Die technische Entwicklung ist zugleich *quantitativ* und *qualitativ.* Einerseits wächst $k = K/L$, die technische Ausrüstung der Arbeit. Diese quantitative Änderung wird durch jene Eigenschaft der Funktion (18.18) ausgedrückt, daß sich bei gegebenem L ein größeres K und ein größeres Y ergeben. Um die *qualitative* Seite der technischen Entwicklung zu erfassen, müssen wir uns einen Augenblick vorstellen, daß K/L, die technische Ausrüstung der lebendigen Arbeit sich nicht ändert. Im Laufe der Zeit würde jedoch die Produktivität der Arbeit ansteigen, da sich der Stand der Fachkenntnisse, die Geschicklichkeit, das technische Wissen, die Arbeitsdisziplin der Arbeiter entwickeln würde; es würde sich die Organisiertheit der Produktion verbessern, kleine Veränderungen (auch bei gleichem k) steigern die Leistungsfähigkeit der Maschinen, vermindern die Stillstandszeit usw. Zur gleichen Zeit verbessert sich infolge des technischen Fortschritts im kontinuierlichen Erneuerungsprozeß des Produktionsfonds die Qualität und die Leistung der Maschinen und technischen Einrichtungen. Eine Maschine von heute leistet mehr als eine Maschine gleicher Bestimmung und

---

Eine dynamisierte Variante dieser Funktion wurde von *R. M. Solow* in [160] und [161] angegeben.

$$Y = Ae^{\mu t} K^{\beta} L^{1-\beta}. \qquad (18.22)$$

Sie ist also eine *dynamische* Funktion, die *ebenfalls* homogen ersten Grades ist.

Die Funktion (18.18), die ebenfalls aus der Literatur bekannt ist, ist demnach *allgemeiner* als die Solowsche, da sie nicht an die Homogenität *ersten Grades*, an die Voraussetzung »constant return to scale« gebunden ist.

Aus der Literatur sind auch andere Produktionsfunktionen bekannt. Siehe z. B. die von *K. L. Arrow, H. B. Chenery, B. S. Minhas* und *R. M. Solow* aufgestellte und in [6] veröffentlichte Funktion.

gleicher Anschaffungskosten vor dreißig Jahren. All diese Änderungen zusammen drückt der stetige Anstieg des Faktors $e^{\mu t}$ in der Produktionsfunktion aus. Dieser Faktor wächst ausschließlich als Funktion der Zeit, seine Wachstumsrate wird durch den Qualitätsparameter μ des technischen Niveaus ausgedrückt. Die Wirkung von K und L wird mit dem in der Zeit immer stärker anwachsenden Faktor $e^{\mu t}$ »multipliziert«.

Die Anwendung des Funktionstyps (18.18) hat den Vorteil, daß er sich ohne Widerspruch an die empirisch beobachtbaren Tatsachen anpassen läßt.

Zur Veranschaulichung wird zunächst ein neuer Begriff eingeführt. Wir nennen das auf eine Einheit des Produktionsfonds entfallende Nationaleinkommen die *(durchschnittliche) Effektivität* des Produktionsfonds und bezeichnen es mit χ:

$$\chi(t) = \frac{Y(t)}{K(t)}. \tag{18.23}$$

Eine empirische Beobachtung wurde schon bei der Beschreibung der 2. Eigenschaft der Produktionsfunktion erwähnt. Bei fixem Zeitpunkt t *nimmt* mit wachsendem Produktionsfonds die differentielle Effektivität Y_K und mit ihr offensichtlich auch die durchschnittliche Effektivität χ des Produktionsfonds *ab*. Die andere empirische Beobachtung ist, daß die durchschnittliche Effektivität $\chi\,(t)$ des Produktionsfonds mit der Zeit annähernd konstant ist. So ist es wie in zahlreichen Ländern auch in Ungarn.[1] Nun wird sich später herausstellen, daß bei einer Produktionsfunktion vom Typ (18.18) (sowie bei weiteren ergänzenden Voraussetzungen) gleichzeitig *alle beiden* Erscheinungen bestehen können: *im gegebenen Zeitpunkt* sich vermindernde und in der Zeit doch konstante χ und Y_K. Die Funktion (18.18) drückt hier folgenden einfachen Zusammenhang aus:

Wenn man *heute* bei identischer Beschäftigtenanzahl statt geplanter 30 Milliarden 31 Milliarden Forint investiert (wenn also die technische Ausrüstung der Arbeit wächst), ist die Effektivität der zusätzlichen einen Milliarde schon geringer als die der ersten 30 Milliarden – vorausgesetzt, daß die effektivsten Investitionsmöglichkeiten vorgesehen wurden. Die stetige Steigerung der technischen Ausrüstung in der Zeit ist jedoch nicht mit einer derartigen Effektivitätsverminderung verbunden, denn dies wird durch die Qualitätsseite des technischen Fortschritts ausgeglichen, durch die Tatsache, daß Maschinen von morgen im Werte von einer Milliarde mehr leisten als gegenwärtige Maschinen.[2]

[1] Bezügliche statistische Angaben siehe im Anhang F.

[2] Die Marxisten haben seit langem, vor allem in bezug auf die Bodenrente, die einseitige Auslegung und Überbetonung der Erscheinung des abnehmenden Ertrags kritisiert. Beispielsweise wies *W. I. Lenin* in seinem Werk [98] in der Diskussion mit dem russischen Ökonomen *S. Bulgakow* darauf hin, daß in der Landwirtschaft nur bei unveränderlichem Niveau der Technik ein abnehmender Ertrag anzutreffen ist, während die grundlegende Tendenz die Entwicklung der Technik, der Produktivkräfte ist. In der dynamisierten Funktion vom Typ (18.18) kommt gerade dies zum Ausdruck: bei gegebenem t kommt der abnehmende Ertrag zur Geltung; trotzdem vermindert sich durch die Wirkung des Parameters, der die qualitative Seite des technischen Fortschritts ausdrückt, die differentielle Effektivität des Produktionsfonds mit der Zeit nicht.

Aus den angeführten Gründen kann auch die 4. Eigenschaft der Produktionsfunktion als annehmbare Arbeitshypothese betrachtet werden.

Neben den Voraussetzungen über die Produktionsfunktion fordern wir noch folgende weitere ergänzende Voraussetzungen für unser Wachstumsmodell.

Wir nehmen an, daß die Beschäftigtenanzahl mit der Zeit exponentiell wächst:

$$L(t) = L_0 \, e^{\lambda t} , \tag{18.24}$$

wobei

L_0 die Beschäftigtenanzahl im Anfangszeitpunkt und

λ die Wachstumsrate der Beschäftigtenanzahl ist.

Wir nehmen an, daß die Akkumulation in der Zeit konstant ist:[1]

$$\alpha = \frac{\dot{K}}{Y} = \text{const.} \tag{18.25}$$

Wir nehmen an, daß die Wirtschaftspolitik erfordert, daß das Wachstum des Nationaleinkommens gleichmäßig ist. Durch entsprechende Ausarbeitung der wirtschaftlichen Detailpläne sei gesichert, daß die Wachstumsrate ϱ des Nationaleinkommens in der Zeit unveränderlich sei:

$$\varrho = \frac{\dot{Y}}{Y} = \text{const.} \tag{18.26}$$

Die Berechtigung der Voraussetzungen (18.24) und (18.26) hat sich bestätigt (siehe Anhang F). Das gleiche kann nicht von der Voraussetzung (18.25) gesagt werden. Der Akkumulationsanteil schwankte in der Vergangenheit ziemlich stark. In der Zukunft kann aber, wenn es die Wirtschaftspolitik erfordert, die Stabilität des Akkumulationsanteils real gesichert werden. (Auf diese Frage gehen wir auch im Anhang F ein.)

All das gestattet es, die Voraussetzungen (18.24) bis (18.26) als annehmbare Arbeitshypothesen zu betrachten.

18.9. Vierter Versuch: Folgerung aus der volkswirtschaftlichen Wachstumsrate — Sätze

Das bisher beschriebene einfache Wachstumsmodell wird jetzt noch einmal zusammengefaßt:

$$\begin{aligned} Y(t) &= A \, e^{\mu t} \, K(t)^{\beta} \, L(t)^{\eta} \\ L(t) &= L_0 \, e^{\lambda t} \\ \alpha &= \text{const.} \\ \varrho &= \text{const.} \end{aligned} \tag{18.27}$$

[1] Der über das Symbol gesetzte Punkt bedeutet die erste Ableitung nach der Zeit, so z. B.

$$\dot{K} = \frac{dK}{dt} .$$

Für das Modell können folgende Sätze formuliert werden:

Satz 18.4. Unter den Voraussetzungen (18.27) sind die durchschnittliche und die differentielle Effektivität des Produktionsfonds in der Zeit konstant.

$$Y_K(t) = Y_K = \text{const. für alle } t. \tag{18.28}$$

$$\chi(t) = \chi = \text{const. für alle } t. \tag{18.29}$$

Zur Formulierung des folgenden Satzes wird ein neuer Begriff eingeführt: Wir nennen das auf einen Produzenten entfallende Nationaleinkommen die durchschnittliche Arbeitsproduktivität und bezeichnen es mit y.

$$y = \frac{Y}{L} . \tag{18.30}$$

Satz 18.5. Unter den Voraussetzungen (18.27) wachsen die durchschnittliche und die differentielle Arbeitsproduktivität exponentiell mit der Zeit. Die Wachstumsrate ist gleich der Differenz der Wachstumsrate des Nationaleinkommens und der Beschäftigtenanzahl.

$$\frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{L}}{L} = \varrho - \lambda . \tag{18.31}$$

Diese beiden Sätze werden durch die statistischen Angaben der ungarischen Wirtschaftsentwicklung bestätigt (siehe Anhang F).

Aus den Sätzen 18.4 und 18.5 sowie aus dem bereits angeführten Satz 18.2 folgt

Satz 18.6. Unter den Voraussetzungen (18.27) ändert sich das Verhältnis des rationalen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors zum rationalen kalkulatorischen Lohn mit der Zeit. A) Hält man die Größe des Produktionsfondsabgabefaktors in der Zeit unveränderlich, so wächst der dazugehörige kalkulatorische Lohn mit der Zeit im gleichen Tempo wie die Arbeitsproduktivität. B) Das gleiche gilt auch umgekehrt: Wenn der kalkulatorische Lohn mit der Zeit im gleichen Tempo wie die Arbeitsproduktivität wächst, so ist der zugehörige rationale Produktionsfondsabgabefaktor in der Zeit konstant.

Der kalkulatorische *Lohnfaktor* in der allgemeinen Preisformel (16.1) ist nichts anderes, als der Quotient aus dem kalkulatorischen Lohn ω und dem effektiven, gegenwärtigen Lohn w:

$$\Omega = \frac{\omega}{w}. \tag{18.32}$$

Deshalb können wir über den Lohnfaktor Ω in der allgemeinen Preisformel (16.1) einen wichtigen Satz aufstellen:

Satz 18.7. Unter den Voraussetzungen (18.27) ist sowohl bei im gleichen Tempo erfolgenden Wachstum des effektiven Lohns und der Arbeitsproduktivität als auch

bei zeitlich konstantem kalkulatorischen Lohn der rationale kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor in der Zeit konstant.

Dies folgt logisch aus Satz 18.6. Wenn nämlich der effektive Lohn im gleichen Tempo mit der Arbeitsproduktivität wächst, und wenn er immer mit dem in der Zeit konstanten Lohnfaktor Ω multipliziert wird, so wächst auch der *kalkulatorische* Lohn im gleichen Tempo mit der Arbeitsproduktivität.

$$\frac{\dot{\omega}}{\omega} = \frac{\Omega\,\dot{w}}{\Omega\,w} = \varrho - \lambda\,. \tag{18.33}$$

Jedoch gehört hierzu nach Satz 18.6 B) ein in der Zeit unveränderliches γ.

Die Sätze 18.4 bis 18.7 beruhten ausschließlich auf *annehmbaren* Arbeitshypothesen. Es bestand die Möglichkeit, daß wir einzelne unserer Voraussetzungen sowie einzelne unserer Sätze auch statistisch bestätigen konnten. Bisher wurde jedoch nichts über den Zusammenhang zwischen dem rationalen Produktionsfondsabgabefaktor γ und der Wachstumsrate des Nationaleinkommens ϱ ausgesagt. Dazu muß aber eine weitere Voraussetzung gemacht werden, die nur als *provisorische* Hypothese gelten kann. Wir nehmen an, daß das ganze Nationaleinkommen den beiden Produktionsfaktoren K und L zuzurechnen ist:

$$\gamma\,K + \omega\,L = Y\,. \tag{18.34}$$

Diese Annahme wird im folgenden als die Voraussetzung der vollen Zurechnung bezeichnet. Diese Voraussetzung wäre offensichtlich unbegründet, wenn außer diesen beiden Faktoren noch andere in Betracht gezogen würden, wenn die zweckmäßigste Kombination von mehr als zwei Faktoren gesucht würde. Sie wäre auch dann unbegründet, wenn die günstigste Gestaltung der Konsumtionsstruktur zu berechnen wäre. Da letzteres aber nicht Gegenstand unserer Untersuchung ist, so kann – in Ermangelung eines Besseren – auch diese Voraussetzung angewandt werden.

Zur weiteren Abhandlung wird wieder der Begriff der Standardverteilung des Nationaleinkommens erforderlich sein. Wenn wir es mit einer Produktionsfunktion der Form (18.18) zu tun haben, so kann der Akkumulationsanteil α^{Δ} gemäß der Standardverteilung folgendermaßen bestimmt werden:[1]

$$\alpha^{\Delta} = \frac{\beta}{\beta + \eta}\,. \tag{18.35}$$

Hiernach können wir folgenden Satz über den Zusammenhang zwischen der Wachstumsrate des rationalen Produktionsfondsabgabefaktors und der Wachstumsrate des Nationaleinkommens formulieren:

Satz 18.8. Unter den Voraussetzungen (18.27) und der Bedingung der vollen Zurechnung ist der rationale Produktionsfondsabgabefaktor A) größer als die

[1] Wenn wir es mit einer homogenen Produktionsfunktion *ersten Grades*, mit der Cobb–Douglas-Funktion zu tun haben, so ist $\alpha^{\Delta} = \beta$.

Wachstumsrate des Nationaleinkommens, wenn der Akkumulationsanteil kleiner ist als bei der Standardverteilung, B) gleich der Wachstumsrate, wenn der Akkumulationsanteil der Standardverteilung entspricht und C) kleiner als die Wachstumsrate, wenn der Akkumulationsanteil größer als bei der Standardverteilung ist.[1]

$$\begin{aligned} \gamma &> \varrho, \quad \text{wenn} \quad \alpha < \alpha^{\Delta} \\ \gamma &= \varrho, \quad \text{wenn} \quad \alpha = \alpha^{\Delta} \\ \gamma &< \varrho, \quad \text{wenn} \quad \alpha > \alpha^{\Delta}. \end{aligned} \tag{18.36}$$

In einem früheren Abschnitt wurde bereits betont, daß die Standardverteilung des Nationaleinkommens weder als Notwendigkeit, noch als Norm betrachtet werden kann. Deshalb *ist es nicht notwendig*, daß γ mit ϱ übereinstimmt, es kann größer und auch kleiner sein.

Zusammenfassung:

Die Größe des rationalen Produktionsfondsabgabefaktors kann nicht unmittelbar aus der Wachstumsrate des Nationaleinkommens abgeleitet werden; das kann nur geschehen, wenn zusätzlich provisorische Arbeitshypothesen (volle Zurechnung, Standardverteilung) angewandt werden.

18.10. Fünfter Versuch: Statistische Untersuchung

Es wurde versucht, die Parameter der Produktionsfunktion aus statistischen Angaben über die Entwicklung der ungarischen Volkswirtschaft zu schätzen und daraus auf die Größe von γ und ω zu schließen. In diesem Zusammenhang kann folgender Satz angewandt werden:

Satz 18.9. Wenn die Produktionsfunktion die 1., 2., 3. und 4. Eigenschaft hat, so ist das Verhältnis der rationalen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabe γK und des rationalen kalkulatorischen Lohnsfonds ωL gleich dem Verhältnis der Exponenten der Produktionsfunktion.

$$\frac{\gamma K}{\omega L} = \frac{\beta}{\eta} . \tag{18.37}$$

Der Zusammenhang ist noch einfacher, wenn vorausgesetzt wird, daß die Produktionsfunktion die Eigenschaft 3a hat (»constant return to scale«), d. h. ihre Form folgende ist:

$$Y(t) = A\, e^{\mu t}\, K(t)^{\beta}\, L(t)^{1-\beta} . \tag{18.38}$$

Wie wir sehen, ist dies die Solowsche dynamische homogene Produktionsfunktion ersten Grades. Aus Satz 18.9 ergibt sich dann folgender Zusammenhang:

$$\frac{\gamma K}{\omega L} = \frac{\beta}{1-\beta} . \tag{18.39}$$

[1] Zur gleichen Folgerung gelangt *E. Malinvaud* in [114] mit Hilfe eines Modells vom Neumannschen Typ.

Wenn es also gelingen würde, die Parameter μ und β statistisch zu bestimmen, könnte man äußerst einfach auf das so wichtige Verhältnis $\gamma : \omega$ schließen.

Bei unserer statistischen Untersuchung haben wir den Funktionstyp (18.38) angewandt. Die Anwendung ist nur als *provisorische* Arbeitshypothese zu betrachten; die Berechtigung, Homogenität ersten Grades vorauszusetzen, wurde nicht bestätigt.

Im Anhang F wird die statistische Untersuchung detailliert beschrieben. Hier werden nur einige Hauptzüge und Schlußfolgerungen hervorgehoben.

Für die Zwecke der statistischen Untersuchung werden beide Seiten der Funktion (18.38) durch L dividiert und logarithmiert. Es ergibt sich:

$$\log y(t) = \log A + \mu t + \beta \log k(t) , \tag{18.40}$$

wobei

$y = \frac{Y}{L}$ die Arbeitsproduktivität und

$k = \frac{K}{L}$ die technische Ausrüstung der Arbeit bedeutet.

Es wurden die Zeitreihen von Y, K und L rückwärts bis 1950 für die gesamte Volkswirtschaft und speziell für die Industrie ermittelt. Daraus wurden auch die Zeitreihen von y und k berechnet. Zunächst könnte man meinen, daß die Parameter μ und β auf der Grundlage der Funktion (18.40) mit Hilfe der mehrfachen Regressionsanalyse geschätzt werden könnten. Dies ließ sich aber leider nicht durchführen. Es stellte sich nämlich heraus, daß k mit äußerst guter Annäherung eine Exponentialfunktion der Zeit, also $\log k$ eine lineare Funktion von t ist. Ein derart enger linearer Zusammenhang (sogenannte Kollinearität) zwischen den beiden »unabhängigen« Veränderlichen $\log k$ und t bringt es mit sich, daß die Regressionsanalyse keine brauchbare Schätzung ergibt. Praktisch können wir die Wirkungen der Veränderlichen k und t auf die abhängige Veränderliche y nicht trennen. Von der Wahrheit der Behauptung können wir uns auch ohne mathematisch-statistische Beweisführung anschaulich überzeugen. Die Gleichung (18.40) ist nämlich – hinsichtlich der Veränderlichen $\log y$, t und $\log k$ – die Gleichung einer Ebene. Das Ziel der Regressionsanalyse besteht darin, an die den Angabentripeln $\log y$, t und $\log k$ entsprechenden Punkte eine Ebene anzupassen. Der enge lineare Zusammenhang zwischen $\log k$ und t bedeutet aber, daß die den tatsächlichen Angaben entsprechenden Punkte sich im wesentlichen über einer *Geraden* der $(\log k, t)$ Ebene anordnen, also liegen die Punkte, die Gültigkeit der Gleichung (18.40) vorausgesetzt, im wesentlichen auf einer Geraden. Die Aufgabe würde also darin bestehen, die Gleichung einer Ebene aus einer Geraden der Ebene zu bestimmen. Es ist aber klar, daß durch eine Gerade nicht eine, sondern unendlich viele Ebenen gelegt werden können, folglich besitzt die Aufgabe keine eindeutige Lösung.[1]

[1] Auf diese Schwierigkeit der Regressionsanalyse, die die Bestimmung der Parameter der Funktionen vom Cobb–Douglas-Typ bezwecken, wies zuerst *H. Mendershausen* in seinem Artikel [125] hin. (Siehe dazu auch das Buch [166] von *J. Tinbergen*.)

All dies kann eventuell als eine pure mathematisch-statistische Schwierigkeit erscheinen. Unserer Meinung nach besitzt das Problem aber tiefere Ursachen. Letzten Endes wollen wir mit der partiellen Regressionsrechnung die differentielle Effektivität des Produktionsfonds bzw. die differentielle Produktivität der Beschäftigtenanzahl ermitteln. Aus den statistischen Zeitreihen könnten wir sie aber nur dann erhalten, wenn in der Geschichte der ungarischen Volkswirtschaft folgende Situationen wiederholt aufgetreten wären: Der Produktionsfonds stagniert eine Zeit lang (oder stagniert annähernd), während die Beschäftigtenanzahl anwächst, oder aber die Beschäftigtenanzahl stagniert (oder stagniert annähernd) eine Zeit lang, während der Produktionsfonds ansteigt; oder der Anstieg der Beschäftigtenanzahl hört nicht auf, wird jedoch langsamer, während der des Produktionsfonds stärker anwächst, oder aber der Anstieg des Produktionsfonds wird langsamer und der Anstieg der Beschäftigtenanzahl wächst stärker an; oder schließlich die Beschäftigtenanzahl wächst immer langsamer, während der Produktionsfonds im üblichen Tempo anwächst und so fort. Im allgemeinen könnte man sagen, wenn weder das Wachstum der Beschäftigtenanzahl noch das des Produktionsfonds mit einer derart starken Annäherung eine Exponentialfunktion der Zeit wäre, wenn der effektive Verlauf der Wirtschaftsgeschichte all diese Experimente gemacht hätte, dann könnten wir aus den »Experimenten« darauf schließen, inwieweit die Zunahme des Nationaleinkommens dem Wachstum der technischen Ausrüstung der Arbeit zuzuschreiben ist und inwieweit ausschließlich »der Zeit«, dem Anstieg des Qualitätsniveaus der Technik. Die statistisch beobachteten Punkte würden sich verhältnismäßig weit ausbreiten, und es würde sich die Möglichkeit bieten, eine Ebene an sie anzupassen. Der Erfolg der statistischen Untersuchung wird durch den für die Entwicklung der ungarischen Volkswirtschaft glücklichen Umstand vereitelt, daß sowohl der Produktionsfonds als auch die Beschäftigtenanzahl und das Nationaleinkommen verhältnismäßig sehr regelmäßig, annähernd im unveränderten Tempo, exponentiell gewachsen sind. Die Regelmäßigkeit der Entwicklung ist damit verbunden, daß die Punkte sich um eine Gerade herum verdichten und keine Möglichkeit zu einer brauchbaren statistischen Schätzung bieten.

Es wurden keine Versuche unternommen, Produktionsfunktionen, die von der dynamischen Funktion (18.38) abweichen, anzuwenden. Wir haben aber den Eindruck gewonnen, daß die oben beschriebene Erscheinung – die Regelmäßigkeit, das annähernd gleichmäßige Tempo des Wachstums von K, L und Y – auch bei anderen, auf Zeitreihen beruhenden statistischen Untersuchungen zu ähnlichen Schwierigkeiten führen würde.[1]

Zusammenfassung:

Die Bestimmung des rationalen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und des rationalen kalkulatorischen Lohnes kann nicht auf Grund statistischer Schätzungen der Parameter der Produktionsfunktion geschehen, da sich diese Schätzungen nach unserer bisherigen Kenntnis nicht eindeutig ausführen lassen.

[1] Wir haben nicht einmal versucht, Parameterschätzungen aus Querschnittsangaben, durch Vergleich internationaler Angaben *vieler Länder* zu erhalten. Hier sind wegen der Unvergleichbarkeit der Preisverhältnisse unüberwindliche Schwierigkeiten zu erwarten.

18.11. Sechster Versuch: Bestimmung der kalkulatorischen Bewertungen mit mathematischer Optimierung

Der geeignetste Weg zur Bestimmung der für die kalkulatorischen Preise erforderlichen Bewertungen scheint die mathematische Optimierung zu sein.[1] Dieses Problem wird im V. Teil des Buches eingehend dargestellt werden; hier möchten wir nur auf diese Möglichkeit hinweisen.

Wenn wir zur Perspektivplanung der Volkswirtschaft ein Optimierungsmodell anwenden, dann wird auf den elektronischen Rechenmaschinen der »Kapitalmarkt« und der »Arbeitsmarkt«[2] gleichsam simuliert, von denen in Abschnitt 18.5 nachgewiesen wurde, daß sie in der Wirklichkeit der Planwirtschaft nicht existieren oder nur in schwachen Spuren aufzufinden sind. Auf der elektronischen Rechenmaschine werden jene »Experimente« ausgeführt, die sich im tatsächlichen Verlauf der wirtschaftlichen Entwicklung (siehe Abschnitt 18.10) nicht abspielen können und für die bei der Ausarbeitung der Pläne nach der traditionellen Methode kaum Gelegenheiten vorhanden sind (siehe Abschnitt 18.6).

Eine erste experimentelle volkswirtschaftliche Optimierung ist bereits im Gange. Von ihr erwarten wir unter anderem auch, daß sie Anhaltspunkte zur Bestimmung des rationalen Produktionsfondsabgabefaktors und des rationalen Lohnfaktors geben wird.

Selbstverständlich sind wir uns darüber im klaren, daß man aus einem linearen Optimierungsmodell, das im Verhältnis zur Wirklichkeit zahlreiche wesentliche Vereinfachungen und Ungenauigkeiten enthält, nur annähernde Schätzungen für die begründete Größe von γ und Ω erhalten kann. Die so erhaltenen Zahlen versprechen aber jedenfalls brauchbarer zu sein als unsere gegenwärtigen, auf weit weniger zufriedenstellenden provisorischen Arbeitshypothesen beruhenden Schätzungen.

18.12. Verrechnungsprinzipien

Parallel mit der Darstellung der in unseren Berechnungen im Zusammenhang mit γ und Ω angewandten Verrechnungsprinzipien diskutieren wir, inwieweit jedes Prinzip begründet ist, inwieweit es auf *annehmbaren* und inwieweit es nur auf *provisorischen* Hypothesen beruht. (Unserer Meinung nach beruht kein Verrechnungsprinzip auf einer nicht annehmbaren Hypothese.)

Vor allem erinnern wir an das Verrechnungsprinzip 16.8, wonach die Lohnkosten nicht auf dem zur Zeit der Berechnung gültigen, gegenwärtigen, sondern auf dem im Planjahr zu erwartenden zukünftigen Niveau zu berechnen sind. Nach der Erfahrung stimmt die Wachstumsrate der Löhne mehr oder weniger gut mit der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität überein. Deshalb kann folgendes Verrechnungsprinzip auf Satz 18.7 gestützt werden:

[1] Den Gedanken haben wir in erster Linie der Arbeit [62] von *L. V. Kantorowitsch* entnommen. *Kantorowitsch* schlug vor, die Größe des Produktionsfondsabgabefaktors auf Grund der aus der linearen Optimierung erhältlichen Schattenpreise zu bestimmen.

In Ungarn schlugen dies zuerst *Gy. Simon* und *Gy. Kondor* in ihren Arbeiten [158] und [159] vor.

[2] Das wird in den Abschnitten 25.5 und 26.4 ausführlicher beschrieben.

Verrechnungsprinzip 18.1. Der kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor γ und der kalkulatorische Lohnfaktor Ω sind in der Zeit konstant.

Wir rechnen mit den gleichen γ und Ω, wenn wir sowohl für 1965 als auch für 1970 optimieren. Das Prinzip beruht – worauf bereits bei der Aufstellung des Satzes 18.7 hingewiesen wurde – ausschließlich auf annehmbaren Arbeitshypothesen.

Leider kann jedes weitere Verrechnungsprinzip nur mit Hilfe von provisorischen Arbeitshypothesen begründet werden. In Ermangelung eines Besseren wird unterstellt

– die Voraussetzung der vollen Zurechnung, das heißt, das *volle* Nationaleinkommen wird in Form der kalkulatorischen Produktionsfondsabgabe und des kalkulatorischen Lohnes dem Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl »zugerechnet«;

– die Hypothese der Standardverteilung des Nationaleinkommens.

Daraus ergeben sich folgende Verrechnungsprinzipien:

Verrechnungsprinzip 18.2:[1] *Im Grunde genommen richtet sich die Größe des kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors nach der Wachstumsrate des Nationaleinkommens. Die Höhe des kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors beträgt: 0,08.*

Die Wachstumsrate des Nationaleinkommens betrug in den vergangenen 10 bis 12 Jahren ungefähr 6 Prozent. »Der Sicherheit halber« wurde die Größe von γ ein wenig höher festgesetzt, weil vor allem mit dem Produktionsfonds, mit den Investitionen vorsichtig und besonders sparsam kalkuliert werden soll.

Es sei im Sinne der Voraussetzung der vollen Zurechnung:

$$Y = \gamma K + \omega L = \gamma K + \Omega wL = \gamma K + \Omega V, \tag{18.41}$$

wobei V der effektive volkswirtschaftliche Lohnfonds ist.

Da Y, K, V, sowie – im Sinne des Prinzips 18.2 – jetzt auch γ bekannte Größen sind, konnten wir hieraus den Wert von Ω berechnen:

$$\Omega = \frac{Y - 0{,}08\,K}{V}. \tag{18.42}$$

Das ist ungefähr 1,25. (Hiernach ist der kalkulatorische gleich dem effektiven Lohnfaktor.)

Verrechnungsprinzip 18.3. Der kalkulatorische Lohnfaktor ist 1,25.

Zur Erleichterung der Übersicht über die Verrechnungsprinzipien stellen wir auf Abbildung 18.5 die logische Struktur unseres Gedankenganges schematisch dar. Die Abbildung zeigt, wie aus gewissen Hypothesen bestimmte Sätze folgen und wie sich daraus die Verrechnungsprinzipien ergeben.

[1] Unser auf Grund der im 18. Kapitel angewendeten äußerst stark vereinfachenden Voraussetzungen ausgearbeitetes Verrechnungsprinzip stimmt letzten Endes mit dem überein, was aus der in der Fußnote auf Seite 252 erwähnten Literatur (Neumannsches Modell und »golden rule«) hervorgeht. Das Verrechnungsprinzip 18.2 wenden wir jedoch provisorisch in Ermanglung eines besseren — sozusagen »mit unruhigem Gewissen« — nur so lange an, bis wir in der Lage sein werden, ein besser fundiertes Prinzip auszuarbeiten.

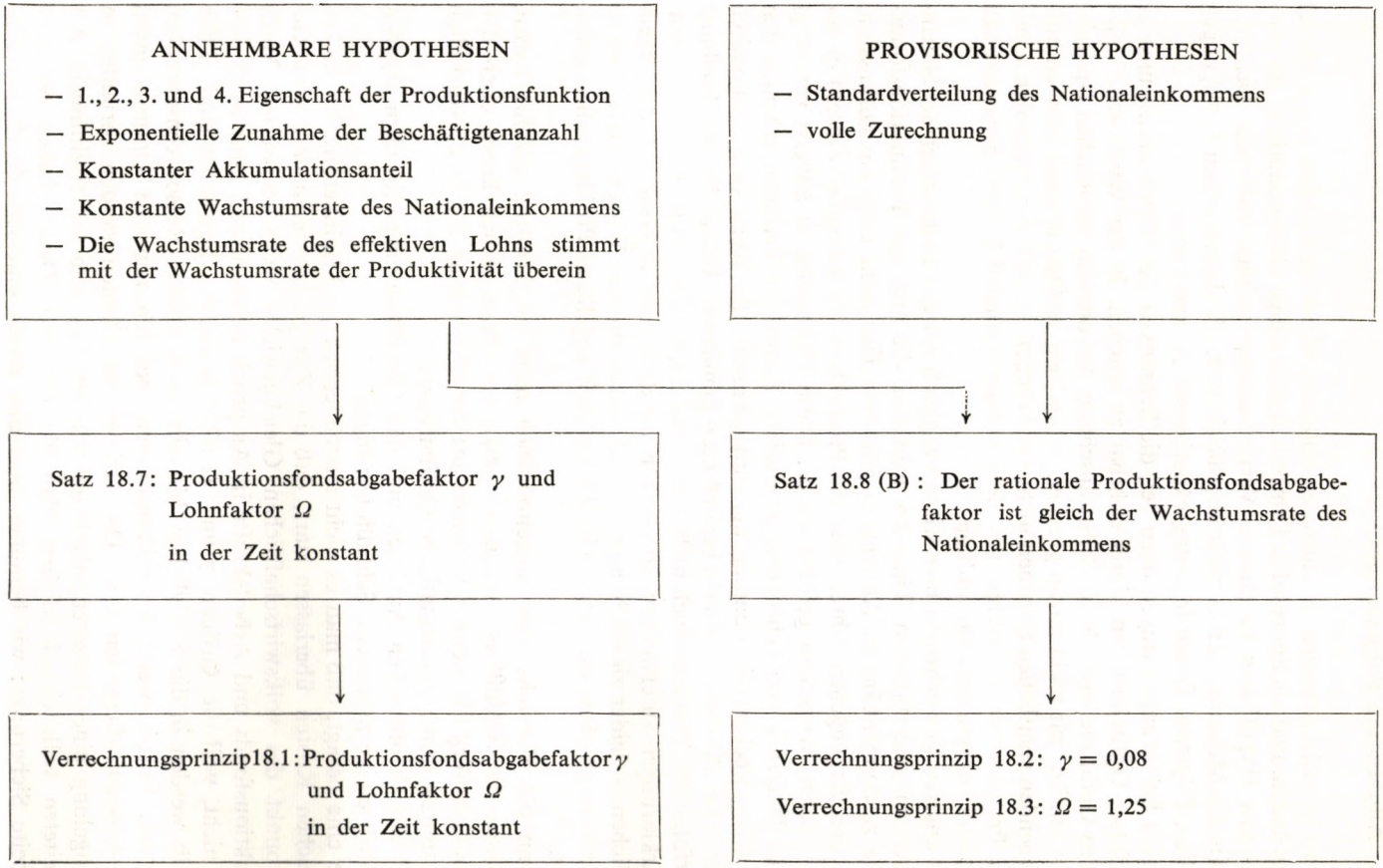


Abbildung 18.5

18.13. Allgemeine Folgerungen

Zwar ist es nicht gelungen, in zufriedenstellender Weise die Größen von γ und Ω zu begründen, und als Endresultat kamen lediglich einige nicht bestätigte, auf provisorischen Hypothesen beruhende Verrechnungsprinzipien zustande. Dennoch sind wir der Meinung, daß es nicht überflüssig war, die theoretischen Erwägungen und die erfolglosen Quantifizierungsexperimente zu beschreiben.

Unsere Erfahrungen tragen dazu bei, die Schranken der »Optimalität« unserer zweiglichen Optimierungen klarer sichtbar zu machen. In der Wissenschaft gibt es nichts Gefährlicheres als die Selbsttäuschung. Bei unseren zweiglichen Optimierungen durften wir nicht daran glauben – und wir wollten es auch unseren auftraggebenden staatlichen Organen nicht vortäuschen –, daß die erhaltenen »optimalen Programme« unbedingt mit dem volkswirtschaftlich erstrebenswertesten Programm zusammenfallen müßten.

Mit unseren Versuchen wollten wir uns zugleich vor den Fallstricken der Scheinerklärungen und falschen Theorien schützen, die mit der Produktionsfondsabgabe zusammenhängen. Anhang G gibt eine Übersicht über die Diskussion, die in den vergangenen Jahren über die Produktionsfondsabgabe (Zinsen) in der sozialistischen Wirtschaft geführt wurde. Diese Diskussion ist äußerst verzweigt und hat Dutzende von »Theorien« produziert. Zahlreiche Verfasser möchten den Eindruck erwecken, sie könnten auf zufriedenstellende Weise den ökonomisch begründeten Produktionsfondsabgabefaktor definieren. Wenn die Beschreibung der erfolglosen Versuche auch nicht mehr erreicht, als Zweifel gegenüber zu leichten Erklärungen zu erwecken, so glauben wir doch, daß es besser ist, die augenblicklichen – leider ziemlich engen – Schranken unseres Wissens klar zu sehen als daran zu glauben, daß wir ein in Wirklichkeit ungelöstes Problem schon gelöst hätten.

Wenn die Versuche auch augenblicklich nicht zu Erfolgen geführt haben, so deuten die Schlußfolgerungen, die man aus ihnen ziehen kann, doch den geeignetsten Weg für weitere Versuche an: die Gewinnung der kalkulatorischen Bewertungen durch mathematische Optimierung.

Aus den theoretischen Analysen und den Quantifizierungsversuchen ergeben sich auch einige praktische Schlußfolgerungen.

Die eine besagt, daß man es nicht ausschließlich der Minimierung der kalkulatorischen Kosten überlassen darf, daß die Zweige gerade in dem vom Gesichtspunkt des volkswirtschaftlichen Gleichgewichts wünschenswertem Maße Produktionsfonds und Arbeitskräfte in Anspruch nehmen, und zwar auch deshalb nicht, weil die Größen γ und Ω nicht genügend begründet sind. Eben deshalb werden in die zweiglichen Modelle auch direkte Ressourcenschranken eingebaut, beispielsweise Investitionsquoten, bei den neuesten Optimierungen auch Arbeitskräftequoten usw. Die Größen der Quoten werden vorläufig, in Ermangelung eines Besseren, als Plandirektiven aus dem auf traditionelle Art erarbeiteten volkswirtschaftlichen Plan übernommen. Derart haben wir eine »doppelte Sicherung«: wir bemühen uns, den Zweig einerseits durch die Ein-

schränkungen, andererseits durch die Vorschrift von γ und Ω in die dem volkswirtschaftlichen Gleichgewicht entsprechende Richtung zu lenken. Das eine oder das andere allein genügt nicht. Es ist dabei aber möglich, daß die beiden Mittel eine widersprechende Wirkung erzielen, daß z. B. bei gegebenem γ der Zweig die Investitionsquote nicht voll in Anspruch nimmt. Deshalb sind hier weitere Schritte erforderlich, über die im V. Teil des Buches berichtet wird.

Eine andere praktische Schlußfolgerung ist, daß in Anbetracht der Unsicherheit der kalkulatorischen Bewertungen Kontrolluntersuchungen erforderlich sind. Man muß untersuchen, welches optimale Programm man erhält, wenn beispielsweise ein anderes γ angewandt wird, so unter anderem das offiziell vorgeschriebene γ von 0,2. Eine derartige Kontrolluntersuchung wird im folgenden Abschnitt dargestellt.

18.14. Empfindlichkeitsuntersuchungen

Die Auflagen des Volkswirtschaftsplanes und die offiziellen kalkulatorischen Bewertungen der traditionellen Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen beeinflussen auf drei Wegen die Auswahl unter den Technologien.

1. Der Volkswirtschaftsplan schreibt die Investitionsquoten vor.
2. Die offizielle Methodologie schreibt einen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktor vor.
3. Der auf die technische Entwicklung bezogene Abschnitt des Volkswirtschaftsplanes schreibt unmittelbar bestimmte Richtungen und Proportionen der Entwicklung vor.

Im Verlauf der Untersuchung der Baumwollindustrie wurde festgestellt, ob diese drei Vorschriften bei der technischen Entwicklung der Baumwollindustrie konsistent sind.

Bei einer der Berechnungen wurde mit folgender, vom Parameter γ abhängigen Zielfunktion eine stetige parametrische Optimierung durchgeführt:

$$C(\mathbf{x}) = \mathbf{c}'\mathbf{x} = (\gamma\,\mathbf{p}' + \mathbf{r}')\,\mathbf{x}\,, \tag{18.43}$$

wobei

p der Vektor der auf die Einheit der Aktivität entfallenden Investitionskosten und

r der Vektor der auf die Einheit der Aktivität entfallenden Betriebskosten ist.

Wie wir sehen, ist der Vektor der Koeffizienten der Zielfunktion eine *lineare* Funktion des Produktionsfondsabgabefaktors γ.

Bei unserer Berechnung ließen wir aus der Optimierungssphäre unseres Modells die breiten und die Schußbuntwebmaschinen weg.

Die Berechnung wurde parallel, mit Modellen von zwei verschiedenen Strukturen vorgenommen. Beim ersten Modell wurde mit der ursprünglichen Ausstoßaufgabe und mit vorgeschriebener Devisenquote gerechnet, beim zweiten wurde

TABELLE 18.3

Parametrische Optimierung in der Baumwollindustrie in Abhängigkeit vom Produktionsfondsabgabefaktor

Kennzeichen der Aktivität			Kapitalistischer Devisenaufwand beschränkt			Kapitalistischer Devisenaufwand nicht beschränkt			
			γ-Bereich						
Webmaschine	Schußspulmaschine	Bautätigkeit	2–3,6 Prozent	3,6–15,1 Prozent	15,1–91,5 Prozent	0–6,7 Prozent	6,7–9,3 Prozent	9,3–15,1 Prozent	15,1–91,5 Prozent
Beibehaltung von alten schlechteren Webstühlen	Alte Maschinen	Im alten Gebäude	330	2 614	3 823				3 823
Beschleunigung von alten besseren Webstühlen	Alte Maschinen	Im alten Gebäude	3 787						
Beschleunigung von alten besseren Webstühlen	Neue Maschinen	Im alten Gebäude		3 787	3 787		3 787	3 787	3 787
Schützenwechsel-Automaten	Neue Maschinen	Im alten Gebäude	4 139	2 128	1 017			4 528	1 015
Schützenwechsel-Automaten	Neue Maschinen	Im neuen Gebäude	331	615	812			919	1 542
Schützenlose Automaten	Neue Maschinen	Im alten Gebäude				9 357	5 266		
Schützenlose Automaten	Neue Maschinen	Im neuen Gebäude				568	651		
Bautätigkeit (in m²)			2 847	5 289	6 983	4 203	4 817	7 903	13 261
Investition (in Mill. Ft)			345 260	307 218	283 858	1,744 122	1,139 860	441 697	177 638

eine erhöhte Ausstoßverpflichtung als Grundlage angenommen; ferner wurde vorausgesetzt, daß beliebig viel kapitalistische Devisen verbraucht werden können.

Die Resultate sind in Tabelle 18.3 dargestellt. Da sämtliche optimalen Programme die Anschaffung von neuen Schlicht-, Zettel- und Kreuzspulmaschinen vorschreiben, wurde dies in der Tabelle nicht aufgeführt.

Bei der ersten Optimierung gelangten wir zu drei, bei der zweiten zu vier quantitativen Identitätsbereichen. Die Abweichungen der Identitätsbereiche sind damit zu erklären, daß die Devisenquote bei der einen Optimierung beschränkt, bei der anderen nicht beschränkt ist.

Kurz sei noch eine andere Berechnung angeführt. Bei dieser wurden mit einer parallelen Berechnung mit Hilfe des auf die ganze Optimierungssphäre ausgedehnten Modells die optimalen Programme mit 10%igem und mit 20%igem Produktionsfondsabgabefaktor verglichen. Die Resultate sind in Tabelle 18.4 dargestellt.

Die Aktivitäten der optimalen Programme können – hinsichtlich der γ-Empfindlichkeit – in drei Gruppen eingeteilt werden:

In bezug auf die Größe des Produktionsfondsabgabefaktors nicht empfindliche Aktivitäten. Dazu gehört der Ersatz der Schlicht-, Zettel- und Kreuzspulwebmaschinen durch moderne Maschinen. Dieser war in sämtlichen optimalen Programmen enthalten.

Die wenig empfindlichen Aktivitäten. Dazu gehört die Beschleunigung der alten Webstühle, die nur dann aus dem optimalen Programm verdrängt wird, wenn γ sehr niedrig ist – in diesem Fall müssen nämlich alle alten Maschinen ausgetauscht werden.

In bezug auf den Produktionsfondsabgabefaktor empfindliche Aktivitäten. Hierzu gehört der Austausch der alten, nicht zu beschleunigenden Webstühle. Für ein niedrigeres γ ist der Maschinenaustausch im Programm, für ein höheres γ fällt diese Aktivität aus dem optimalen Programm fort.

Untersuchen wir jetzt jene Teile des Programms näher, die in bezug auf die Größe der Produktionsfondsabgabe empfindlich sind.

Wenn wir uns nicht allzu sehr in die Einzelheiten vertiefen, zeichnen sich in den in den Tabellen 18.3 und 18.4 enthaltenen verschiedenen Programmen drei Arten von Investitions- und technischen Entwicklungsrichtungen ab.

Das eine Extrem ist die »ultraradikale« technische Entwicklungsrichtung. Sie kommt am besten zur Geltung, wenn γ niedriger als 3,6 Prozent ist. Dann muß man auch noch die zu beschleunigenden Maschinen austauschen, und der schmale Maschinenpark muß ausschließlich aus den produktivsten – und den teuersten – Maschinen zusammengestellt werden. Die Verwirklichung dieses Investitionsprogramms würde aber das Mehrfache der Investitionskosten des offiziellen Plans beanspruchen.

Das andere Extrem ist die volle Konservierung des gegenwärtigen technischen Zustandes. Dieses ist das optimale Programm, wenn γ höher als 15,1 Prozent ist. Hierbei muß man alle alten Maschinen behalten, und man darf nur so viele

TABELLE 18.4

Parallele Optimierung in der Baumwollindustrie mit zwei verschiedenen Produktionsfondsabgabefaktoren

Lfd. Nr.		10%iger Produktionsfondsabgabefaktor	20%iger Produktionsfondsabgabefaktor
	Zusammensetzung des Maschinenparks:		
1.	Wieviel alte schlechtere schmale Webstühle sollen funktionieren?	1416	3823
2.	Wieviel alte schlechtere schmale Webstühle sollen demontiert werden?	2404	0
3.	Wieviel alte Webstühle müssen beschleunigt werden?	3787	3787
4.	Wieviel schmale Schützenwechselmaschinen sollen angeschafft werden?	3650	1828
5.	Bei dem Maschinenpark mit breiten Webstühlen	Voller Maschinenaustausch	Sämtliche alten Maschinen bleiben
6.	Bei dem Maschinenpark mit Schußbuntwebmaschinen	Voller Maschinenaustausch	Sämtliche alten Maschinen bleiben
7.	Bei dem Maschinenpark mit Schlichtmaschinen	Voller Maschinenaustausch	Voller Maschinenaustausch
8.	Bei dem Maschinenpark mit Zettelmaschinen	Voller Maschinenaustausch	Voller Maschinenaustausch
9.	Bei dem Maschinenpark mit Schußspulmaschinen	Partieller Maschinenaustausch	Voller Maschinenaustausch
10.	Bei dem Maschinenpark mit Kreuzspulmaschinen	Voller Maschinenaustausch	Voller Maschinenaustausch
	Einige allgemeine Kennzeichen des optimalen Programms:		
11.	Wieviel Prozent der Stoffproduktion wird durch Automaten erzeugt?	56,6	27,8
12.	Die in Anspruch genommene Investitionssumme (in Mill. Ft)	555	360
13.	Bau neuer Betriebsgelände (in 1000 m^2)	1	7,4

Automaten kaufen, wie zur Erfüllung der Produktionsaufgabe, die die Kapazität des gegenwärtigen Maschinenparks übertreffen, erforderlich sind. Diese Richtung beansprucht die geringsten Investitionskosten, sie ist jedoch verhältnismäßig mit der größten Bautätigkeit verbunden.

Zwischen den beiden extremen Richtungen befindet sich die technische Entwicklungsrichtung von mäßigem Tempo. Ihre Kennzeichen sind partieller Maschinenaustausch, allmähliche Automatisierung, doch mit den verhältnismäßig billigsten Automaten. Diese Richtung drückt sich im optimalen Programm aus, wenn wir mit einem γ von 9 – 15 Prozent rechnen.

Der offizielle kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor ist, wie bereits erwähnt, 20 Prozent. Was geschieht dann, wenn wir ihn in unserem Modell anwenden?

Erstens schöpft das optimale Programm die für die Optimierungssphäre vorgesehene Investitionsquote nicht voll aus.

Zweitens fordert es eine rückständigere, konservativere Technologie als die der Abschnitt über die technische Entwicklung des Volkswirtschaftsplanes festgelegt hat. Die Thesen über die Aufgaben des II. Fünfjahrplanes forderten, die Proportion der Automatisierung in der Baumwollwebindustrie für 1965 um 35 – 40 Prozent zu heben.[1] Dagegen erreicht das optimale Programm im Falle eines 20%igen Produktionsfondsabgabefaktors nur eine 28%ige Automatisierung, und das auch nur deshalb, weil eine gewisse Automatisierung schon vor der Berechnung unwiderruflich vorgesehen war.

Wie wir sehen können, sind die drei zentralen Auflagen nicht konsistent. Unsere Stellungnahme hierzu ist, daß die Investitionsquote und die technische Entwicklungsauflage real sind – letztere kann sogar auch noch übererfüllt werden –, daß jedoch der offizielle kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor irreal hoch ist.

[1] Siehe [197].

19. Importmaterialkosten — Außenhandelspreise

19.1. Übersicht

In der allgemeinen Formel (16.1) der kalkulatorischen Preise sind folgende den Außenhandel betreffende Positionen enthalten:

$r^{\text{dir}}_{i,\text{Rbl}}$ $r^{\text{dir}}_{i,\$}$ die direkten Importmaterialkosten in Rubel bzw. in Dollar

$r^{\text{indir}}_{i,\text{Rbl}}$ $r^{\text{indir}}_{i,\$}$ die indirekten Importmaterialkosten in Rubel bzw. in Dollar

Der eine Teil der direkten Importmaterialkosten wurde unter Berücksichtigung der einzelnen Materialarten folgendermaßen berechnet:

$$r^{\text{dir}}_{i,\text{Rbl}} = \sum_{k=1}^{m} s^{\text{imp}}_{k,\text{Rbl}}\, g_{ki} + \bar{r}^{\text{dir}}_{i,\text{Rbl}}, \tag{19.1}$$

wobei

$s^{\text{imp}}_{k,\text{Rbl}}$ den Importpreis des aus dem sozialistischen Ausland importieren k-ten Materials ($k = 1, \ldots m$) in Rubel

g_{ki} einen Materialinputkoeffizienten, die zur Einheit des i-ten Produktes erforderliche Menge des k-ten Materials (in der entsprechenden Mengeneinheit)

$\bar{r}^{\text{dir}}_{i,\text{Rbl}}$ die Kosten des in den berücksichtigten Materialarten nicht enthaltenen, sonstigen (doch ebenfalls aus dem sozialistischen Ausland importierten) Materials in Rubel bedeutet.

Eine ähnliche Formel kann auch für das kapitalistische Ausland gebildet werden. Bei der Optimierung der Chemiefaserindustrie haben wir beispielsweise die Kosten von insgesamt 20 verschiedenen Importmaterialien einzeln berücksichtigt.

Im IV. Teil des Buches wurde bisher nur das kalkulatorische Preissystem im Zusammenhang mit der Produktion dargestellt. Hier müssen wir aber auch schon auf die in den Optimierungsmodellen enthaltenen, zu den *Außenhandelsaktivitäten* gehörenden Einnahmen und Ausgaben eingehen. Hier sind vier verschiedene Größen anzutreffen:

$s^{\text{imp}}_{k,\text{Rbl}}$, $s^{\text{imp}}_{k,\$}$ Importpreis in Rubel bzw. in Dollar

$s^{\text{exp}}_{k,\text{Rbl}}$, $s^{\text{exp}}_{k,\$}$ Exportpreis in Rubel bzw. in Dollar.

An dieser Stelle befassen wir uns nicht mit den Materialinputkoeffizienten g_{ki}. Ihre Bestimmung fällt ins Gebiet der technologischen Information. Wir können auch nicht ausführlicher auf die Positionen $\bar{r}^{\text{dir}}_{i,\text{Rbl}}$ bzw. $\bar{r}^{\text{dir}}_{i,\$}$ eingehen; wegen

ihres Charakters als Restgrößen sind sie schwer »greifbar«. Bei ihrer Berechnung wurde angestrebt, daß ihr Anteil möglichst klein sein soll, das heißt, daß möglichst viele Aufwendungen einzeln berücksichtigt werden sollen.

In den Abschnitten 19.2 bis 19.5 handelt es sich um die Außenhandelspreise s_k. Hier werden bereits die Preise der Produkte, die als direkter Materialaufwand in den produktiven Aktivitäten enthalten sind, und die Preise der exportierten bzw. importierten Produkte gemeinsam behandelt. Das zentrale Problem dieser Abschnitte ist die Bestimmung der Preise.

Schließlich werden im Abschnitt 19.6 die indirekten Importmaterialkosten $r_{i,\,\mathrm{Rbl}}^{\mathrm{indir}}$ und $r_{i,\,\$}^{\mathrm{indir}}$ behandelt.

19.2. Was soll als Außenhandelspreis betrachtet werden?

In den traditionellen Wirtschaftlichkeitsberechnungen müssen – wie im Kapitel 2 dargestellt – die einzelnen Einnahmen und Kosten nicht zu den aktuellen inländischen Preisen, sondern zu den »Weltmarktpreisen« berechnet werden. In der Praxis ist es aber problematisch, festzustellen, was eigentlich als »Weltmarktpreis« anzusehen ist. Die meisten Produkte haben auf den ausländischen Märkten keinen einheitlichen Preis. Höchstens kann man im Zusammenhang mit den auf den großen Börsen notierten Produkten von standardisierter Qualität von eindeutigen Weltmarktpreisen sprechen. Diese Produkte haben aber einen geringen Anteil am internationalen Warenverkehr. Der Preis der meisten Produkte hängt davon ab, in welchem Land sie beschafft werden, eventuell auch davon, von welcher Firma. Der Preis hängt ferner davon ab, wie groß die bezogene Menge der Ware ist, für welche Devisen, unter welchen Anleihebedingungen und zu welchem Liefertermin sie bezogen werden. Der bei den Geschäftsabschlüssen der ungarischen Außenhandelsorgane bezahlte Preis, der von der Geschicklichkeit des Außenhandels sowie davon abhängt, ob der Kauf in einer Notlage abgeschlossen wurde oder unter günstigen Umständen usw., ist ein anderer als der in den Fachzeitschriften notierte Preis.

All dies ermöglicht bei den traditionellen Wirtschaftlichkeitsberechnungen ein gewisses »Lavieren« mit den Weltmarktpreisen. Die die Berechnungen durchführenden Organe können einen höheren oder einen niedrigeren Preis anwenden, je nachdem, was sie beweisen möchten – und beide Preise sind »beweisbar«. Beispielsweise ist der eine Preis der Preis eines tatsächlichen Geschäftsabschlusses, der andere ein in irgendeiner Zeitschrift veröffentlichter Reklamepreis usw.

Deshalb müssen für die in den Investitionsberechnungen angewandten Preise eindeutige Prinzipien festgelegt werden. Abstrahieren wir vorerst von dem Problem der zukünftigen Änderung der Preise, da diese in den folgenden Teilen des Kapitels behandelt wird. Der Ausgangspunkt bei jeder für die Zukunft vorzunehmenden Preisschätzung ist ein gegenwärtiger Preis – es muß also eindeutig festgelegt werden, was als »gegenwärtiger Preis« betrachtet wird. In unseren Berechnungen haben wir folgendes Verrechnungsprinzip zugrunde gelegt:

Verrechnungsprinzip 19.1. Die in der kalkulatorischen Preisbildung angewandten Außenhandelspreise sowie die den Import- und Exportaktivitäten zugeordneten Außenhandelspreise müssen der durchschnittlichen Größe der Importkaufpreise bzw. Exportverkaufspreise des ungarischen Außenhandels angenähert sein.

Dieses Prinzip bedeutet praktisch folgendes:

1. Es ist von den tatsächlichen durchschnittlichen Preisen, die bei den Geschäftsschlüssen der Außenhandelsorgane erreicht wurden, auszugehen. Diese können aber korrigiert werden, wenn ausreichend nachgewiesen werden kann, daß irgendeine zeitweilig wirkende Ursache die Preise in die eine oder andere Richtung verändert hat. Wenn kein tatsächlicher Abschlußpreis vorhanden ist, so sollen die in den Fachzeitschriften mitgeteilten Informationen mit entsprechender Kritik angewandt werden. Hierbei ist, ausgehend von den Informationen, zu schätzen und zu folgern, welchen Preis der Außenhandel beim Einkauf zu zahlen hätte oder beim Verkauf erhalten würde.
2. Die Berechnungen sind auf Grund der am ehesten in Frage kommenden tatsächlichen Verhältnisse, üblichen Postengrößen, Lieferkosten und der Bedingungen für Devisen, Anleihen und Liefertermine durchzuführen.
3. Bei sämtlichen in einer gegebenen Optimierung enthaltenen Produkten ist auf gleiche Weise wie unter 1 und 2 dargestellt zu verfahren, damit die Varianten beim Vergleich mit gleichen Chancen in Erscheinung treten. Es soll beispielsweise nicht eine Exportvariante dadurch bevorzugt werden, daß für sie die höheren Preiskotierungen der Fachzeitschrift verwandt werden, während bei den anderen Varianten mit den tatsächlichen, niedrigeren Exportpreisen des ungarischen Außenhandels gerechnet wird.

19.3. Charakteristische Tendenzen der Preisentwicklung

In diesem Abschnitt werden die Probleme der temporalen Änderungen der Außenhandelspreise behandelt. Im Sinne des Verrechnungsprinzips 16.9 haben wir in unseren Berechnungen versucht, *die einzelnen charakteristischen zukünftigen Preisänderungen zu beachten.*[1]

Natürlich kann niemand auf lange Sicht eine genaue Prognose der zu erwartenden Preise des kapitalistischen Marktes geben. Deshalb ist vor allem der Bereich der Änderungen einzuengen, deren Berücksichtigung sich lohnt und möglich ist.

Die Bewegung der Weltmarktpreise ist äußerst kompliziert. Versuchen wir diese Änderungen zu klassifizieren. Zunächst unterscheiden wir zwei Haupt-

[1] Dieser Gedanke tauchte schon des öfteren in der ökonomischen Literatur auf. (Siehe z. B. den Aufsatz [117] von *M. Mandel, Z. Szunyogh* und *J. Varga*, Seite 269.) Die offizielle Methodologie der Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen Polens bietet die Möglichkeit, die zu erwartenden Preisänderungen zu berücksichtigen. »Wenn ... auf Grund der Weltmarkttendenz in der bei der Berechnung angewandten Kosten- und Preisrelation eine bedeutende Änderung eintreten kann, dann können diese Änderungen berücksichtigt werden ...« (siehe [183] Seite 11).

kategorien. Einesteils ändert sich das Preisniveau der einzelnen kapitalistischen Länder, anderenteils ändern sich die Proportionen zwischen den Preisen der Produkte bzw. der Produktengruppen.

Das allgemeine Preisniveau hängt von der allgemeinen konjunkturellen Lage (Aufschwung oder Depression, Krise) der kapitalistischen Wirtschaft, und damit im engen Zusammenhang von der finanziellen Lage sowie von der Finanzpolitik des gegebenen Staates (Inflation, Deflation) ab. Bei der Bestimmung der *kurzfristigen operativen Außenhandelspolitik*, wobei entschieden wird, wo und was gekauft und verkauft werden soll, ist es für die sozialistische Planwirtschaft zweckmäßig, den allgemeinen Anstieg oder die Senkung der Preise der einzelnen kapitalistischen Staaten zu beachten. Das darf aber im allgemeinen nicht beachtet werden, wenn durch die *langfristige Investitionspolitik* die dauerhafte Einordnung in die internationale Arbeitsteilung bestimmt wird. Der allgemeine Preisanstieg oder die Preissenkung einzelner kapitalistischer Märkte berührt zwar zahlreiche Zweige des ungarischen Außenhandels und dadurch eine ganze Reihe von Industriezweigen. Mit diesen Wirkungen darf aber nicht gerechnet werden, wenn die zukünftige Proportion eines inländischen Zweiges zu den anderen Zweigen untersucht wird. So darf z. B. die Frage, ob es sich lohnt, die Chemiefaser- und Kunststoffindustrie schneller zu entwickeln als die Fahrzeugindustrie, nicht durch die Prognose beeinflußt werden, daß in den nächsten Jahren der Preisanstieg mit Inflationscharakter in zahlreichen kapitalistischen Ländern weiter anhält.

Die innerhalb der allgemeinen Preisniveauänderungen vor sich gehenden partiellen Preisänderungen, Preisproportionsverschiebungen können wiederum in zwei Gruppen eingeteilt werden. Ein Teil der Verschiebungen ist eine gelegentliche Preisschwankung mit Zufallscharakter. (Beispielsweise bemüht sich irgendeine große Firma, den Markt durch Dumping vor der Konkurrenz zu erobern.) Die Außenhandelsunternehmen müssen bestrebt sein, die Preisschwankungen bei ihren täglichen Geschäftsabschlüssen geschickt auszunützen — dann zu verkaufen, wenn der Preis verhältnismäßig hoch und dann zu kaufen, wenn der Preis verhältnismäßig niedrig ist. Die »kurzfristigen« Preisänderungen dürfen aber natürlich nicht die langfristige Investitionspolitik beeinflussen.

Der andere Typ der Preisproportionsveränderungen, der partiellen Preisänderungen ist die mit gewisser Regelmäßigkeit sich vollziehende *Preisgestaltungstendenz*. Der Preis des einen oder anderen Produktes oder einer ganzen Produktengruppe verändert sich im Verhältnis zu den anderen, und zwar so, daß die Veränderung auch eine statistisch nachweisbare Richtung, einen Trend besitzt. Beispielsweise verschiebt sich das Preisniveau der natürlichen Stoffe und der Kunststoffe immer mehr in dem Sinne, daß der Preis der Kunststoffe laufend im Vergleich zu den natürlichen Stoffen abnimmt. Es lohnt sich, diese Tendenz bei den Investitionsentscheidungen, die sich auf die Kunststoffproduktion beziehen, zu beachten, da sie die Entscheidung beeinflußt, ob es wirtschaftlich ist, sich auf eine massenhafte Produktion von Kunststoffen einzurichten.

Letzten Endes sind wir zu folgendem gelangt:

Verrechnungsprinzip 19.2. Bei unseren Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen ist es zweckmäßig, ausschließlich einen Typ von Weltmarktpreisänderungen zu beachten. Dieser Typ ist dadurch gekennzeichnet, daß sich das Preisniveau irgendeines Produktes oder einer Produktengruppe im Verhältnis zum Preisniveau anderer Produkte verändert. Die Veränderung besitzt keinen zeitweiligen, provisorischen Ausnahmecharakter, es gelangt hier eine dauerhafte Tendenz, eine sich wiederholende Regelmäßigkeit zur Geltung.

19.4. Die Preisentwicklung bei neuen Erzeugnissen[1]

Zur Illustrierung der charakteristischen Preisänderungstendenzen und Regelmäßigkeiten, deren Beachtung bei den Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen lohnend und möglich ist, behandeln wir die typische Preisgestaltung der *neuen* Artikel ausführlicher.

Während der Untersuchung der Kunstfaserproduktion ergab sich dieses Problem in äußerster Schärfe. Auf dem Weltmarkt erscheinen ständig neue Chemiefasern. Ungarn hat die Gelegenheit, da es gegenwärtig seine Chemiefaserindustrie ausbaut, zu wählen, ob eine ältere, schon seit Jahren bekannte Kunstfaserproduktion oder aber die Produktion einer neuen Chemiefaser, die erst seit kurzer Zeit bekannt ist, aufgebaut werden soll.

Es wurde die Preisgestaltung zahlreicher Chemiefaser- und Kunststoffarten studiert. Zuerst sollen die entsprechenden Angaben dargestellt werden.

In der Tabelle 19.1 werden nicht die absoluten Preise (ausgenommen den beim Erscheinen des Produktes gültigen Preis) wiedergegeben, sondern Verhältniszahlen. Der Preis im Erscheinungsjahr wurde gleich 100 Prozent gesetzt, und hiermit wurden die Preise der nachfolgenden Jahre verglichen. Zum besseren Vergleich werden bei jedem Produkt die Angaben vom ersten Jahr der Erscheinung an dargestellt.

In der Tabelle sind die Preise aus den USA und das Erscheinungsjahr in Amerika angeführt.

Um den Trend zu veranschaulichen, stellen wir die Zeitreihen des Preisindexes auch graphisch dar (siehe die Abbildungen 19.1 bis 19.9).

Die Abbildungen weisen gewisse Ähnlichkeiten auf. *Ohne Ausnahme besitzt jeder Preis eine sinkende Tendenz.* Der Preis im Erscheinungsjahr ist zugleich der höchste Preis. Anfangs sinkt der Preis im Durchschnitt rascher, nachher wird das Absinken meistens langsamer, der Preis stabilisiert sich relativ. Besonders gut ist diese »Regelmäßigkeit« auf den Abbildungen 19.1, 19.4, 19.6, 19.7 und 19.9 zu sehen, wo die Kurve fast die Form einer *Hyperbel* annimmt.

Die sinkende Tendenz der Preisgestaltung läßt sich ökonomisch gut erklären.[2] Das neue Produkt besitzt anfangs einen N e u h e i t s p r e i s. Das ist eine Art Monopolpreis. Das mit dem Produkt zuerst auftretende Unternehmen bemüht

[1] Bei der Zusammenstellung des Materials der Abschnitte 19.4 und 19.5 haben *M. Tardos* (Ungarische Handelskammer) und *T. Vidos* (Forschungsinstitut für Kunststoffindustrie) mitgewirkt.

[2] Siehe die Ausarbeitung [112] von *H. Macskásy* und *T. Vidos*.

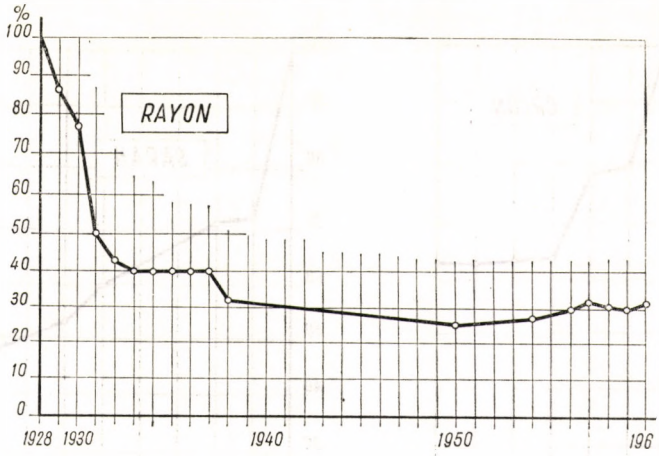


Abb. 19.1

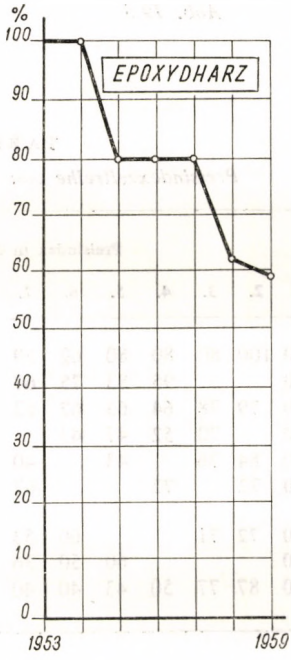


Abb. 19.2

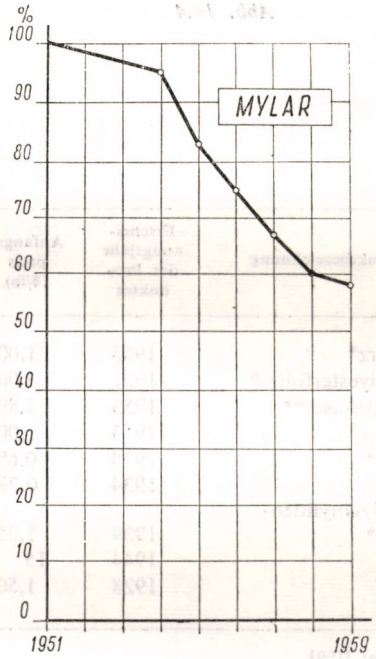


Abb. 19.3

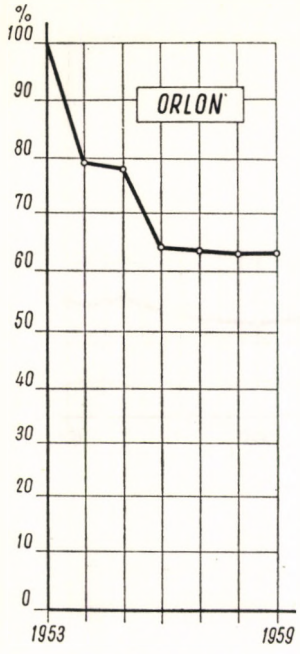


Abb. 19.4

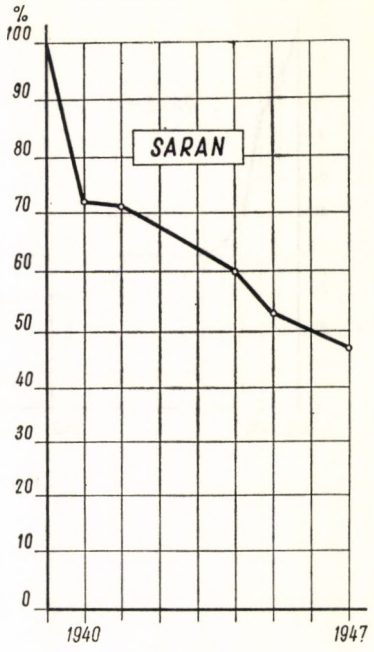


Abb. 19.5

TABELLE

Preisindexzeitreihe von Kunst-

Produktbezeichnung	Erscheinungsjahr des Produktes	Anfangspreis ($/lb)	Preisindex in den Jahren								
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Epoxydharz*	1953	1,00	100	100	80	80	80	62	59		
Mylar (Polyesterfolie)*	1951	3,00	100			95	83	75	67	60	58
Orlon-Stapelfaser**	1953	1,89	100	79	78	64	63	62	62		
Polyäthylen*	1943	1,00	100		70	52	47	43		45	48
Polystyrol*	1938	0,68	100	84	76		43		40		38
PVC*	1934	0,78	100	72		72			67		61
Saran (Polyvinylidenchlorid)*	1939	1,25	100	72	71			60	53		47
Teflon*	1944	15	100				60	50	36		
Rayon***	1928	1,50	100	87	77	50	43	40	40	40	40

* Quelle: [199].
** Quelle: [193].
*** Quelle: für 1928 bis 1938 [192], für die späteren Jahre [196].

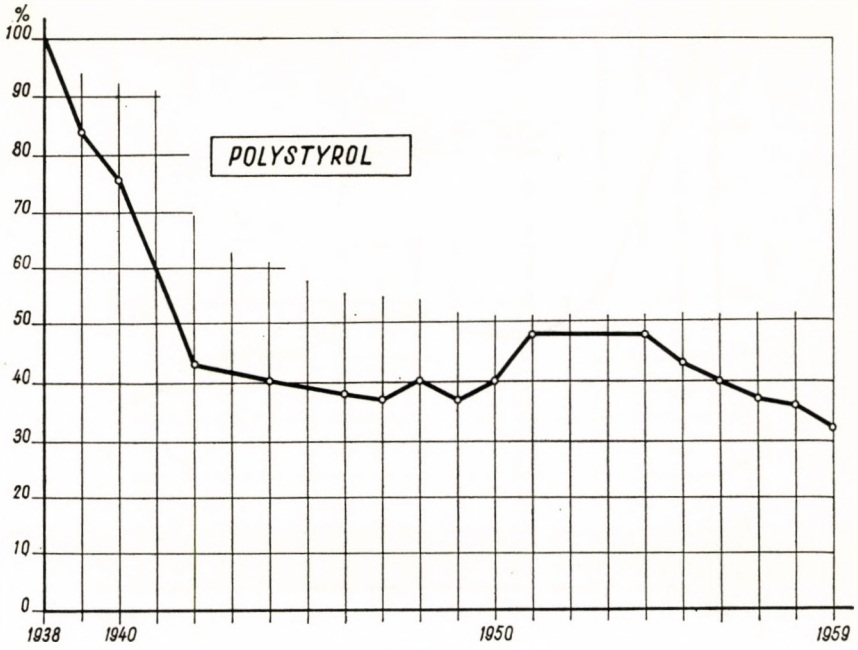


Abb. 19.6

19.1

stoffen und Chemiefasern

nach dem Auftreten des Produktes, 1. Jahr = 100

10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.	33.
47	47	41	41	41	35	35	32																
37	40	37	40	48			48	43	40	37	36	32											
56	50	45	42		44		46	49			47	45	41	38	30								
	34	33	30			24																	
40													25			26		29	32	30	29	31	

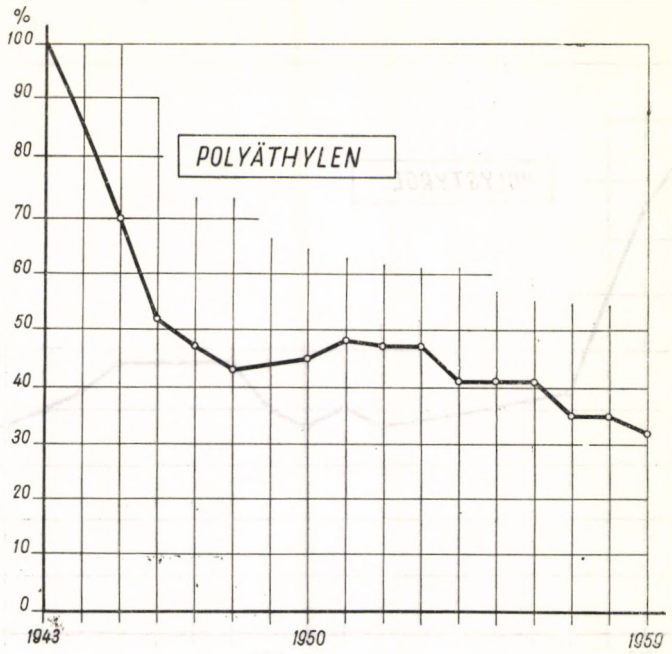


Abb. 19.7

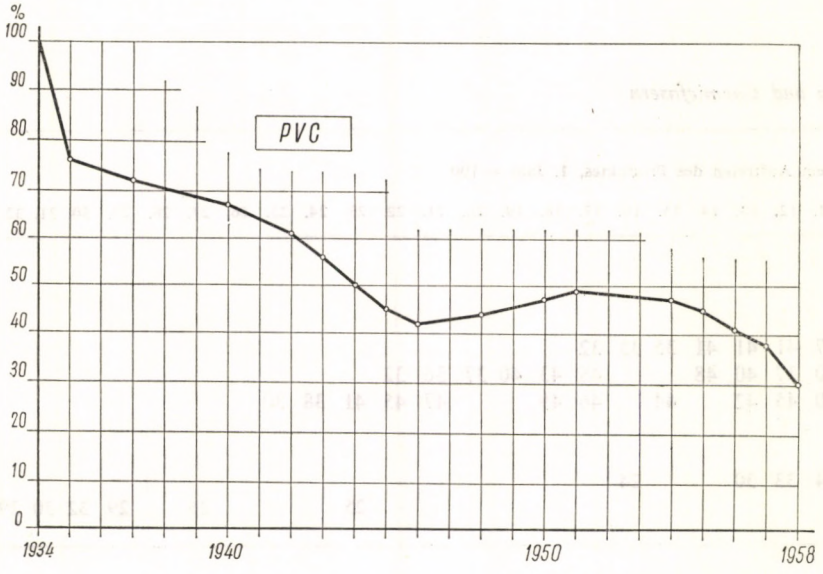


Abb. 19.8

sich, mit einem hohen Preis die Anziehungskraft, die in der Neuheit der Ware steckt, auszunutzen.[1] Der Preis liegt in diesem Fall weit über den Selbstkosten. Später aber bewirken mehrere Faktoren eine Preissenkung. Allmählich verschwindet der Reiz der Neuheit und die Konkurrenz erscheint. Das Angebot wächst stark und schneller als die Nachfrage an. (Die beiden Faktoren hängen in unserem Fall eng zusammen. Es handelt sich um Kleidungsstoffe, deren Nachfrage von der Mode, vom Geschmack abhängig ist. Beispielsweise waren die Nylonsachen

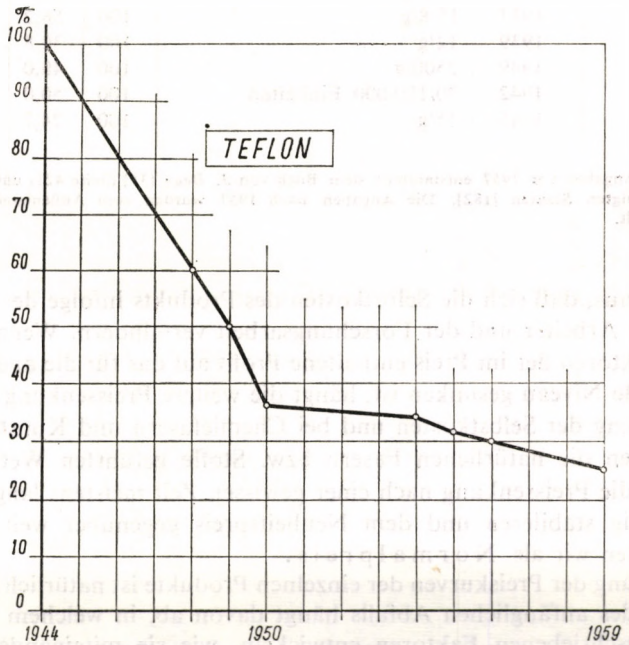


Abb. 19.9

als Raritäten weit anziehender, als später, da sie zur »gewöhnlicheren« Kleidung wurden.) Auch andere versuchen an Hand der Neuheit die erreichbaren hohen Preise auszunützen, und eben dadurch tragen sie dazu bei, die Preise zu drücken. Bei einer Erschütterung der kapitalistischen Wirtschaft (bei Krisen oder auch nur bei geringen depressiven Erscheinungen) nehmen die Preise immer mehr ab. Die Produzenten der einen äußerst hohen Gewinn bringenden Produkte bemühen sich, den Markt zu halten, indem sie mit den Preisen heruntergehen. So versuchen sie, die ständige Konkurrenz, im gegebenen Fall die natürlichen Fasern, die natürlichen Stoffe zurückzudrängen. Schließlich wirkt sich auch in Richtung auf eine

[1] In der amerikanischen Geschäftssprache nennt man diese Preispolitik: »skimming the cream«, die Abschöpfung des Rahms ... (siehe das Buch [31] von *J. Dean*).

TABELLE 19.2

*Preisindexzeitreihe einiger Arzneimittel**

Bezeichnung der Arzneimittel	Erscheinungsjahr des Produktes	Anfangspreis in $ Einheit	Preisindex in den Jahren			
			1.	2.	3.	4.
Aureomycin	1948	15/16,25 mg Kapsel	100	66,7	40,0	
Vitamin B_1	1937	7,5/g	100	53,3	26,7	13,3
Vitamin B_2	1937	17,8/g	100	56,2	28,1	9,6
Vitamin B_6	1939	12/g	100	30,8	25,0	16,0
Vitamin B_{12}	1949	2500/g	100	40,0		
Penicillin	1942	20/100 000 Einheiten	100	50,0	4,5	2,5
Streptomycin	1945	15/g	100	24,7	16,7	6,7

* Quellen: die Angaben vor 1957 entstammen dem Buch von *J. Dean* [31] (Seite 421) und dem Kongreßbericht der Vereinigten Staaten [182]. Die Angaben nach 1957 wurden vom Außenhandelsunternehmen Medimpex mitgeteilt.

Preissenkung aus, daß sich die Selbstkosten des Produkts infolge der technischen Erfahrung der Arbeiter und der Forschungsarbeit vermindern. Wenn auf Grund dieser drei Faktoren der im Preis enthaltene Profit auf das für die anderen Waren kennzeichnende Niveau gesunken ist, hängt die weitere Preissenkung größtenteils von der Senkung der Selbstkosten und bei Chemiefasern und Kunststoffen vom ständigen gegen die natürlichen Fasern bzw. Stoffe geführten Wettbewerb ab. Deswegen ist die Preissenkung nach einer gewissen Zeit meistens langsamer. Den verhältnismäßig stabileren und dem Neuheitspreis gegenüber weit niedrigeren Preis bezeichnen wir als N o r m a l p r e i s .

Die Gestaltung der Preiskurven der einzelnen Produkte ist natürlich nicht gleich. Die Steilheit des anfänglichen Abfalls hängt davon ab, in welchem Tempo sich die bereits beschriebenen Faktoren entwickeln, wie sie miteinander verknüpft sind. Die Regelmäßigkeit der Kurven wird durch verschiedene gelegentliche Schwankungen unterbrochen.

Die Senkung der Neuheitspreise ist keineswegs eine Besonderheit der Chemiefaser- oder Kunststoffindustrie. Eine ähnliche Erscheinung ist bei allen neuen Produkten zu beobachten, bei denen zu Beginn der Produktion auf Grund der besonderen Anziehungskraft der Neuheit eine außerordentliche Nachfrage festzustellen ist. Nehmen wir z. B. einen anderen – vom Gesichtspunkt des ungarischen Exports äußerst wichtigen – Industriezweig, die *pharmazeutische Industrie.* Untersuchen wir die Dynamik der Preisgestaltung einiger Arzneimittel (siehe die Tabelle 19.2 und die Abbildungen 19.10 bis 19.16).

Hier ähneln die Kurven noch mehr regelrechten Hyperbeln als im Falle der Chemiefasern und Kunststoffe. Der Preisabfall der Arzneimittel ist viel steiler als der der Chemiefasern.

nach dem Auftreten des Produktes, 1. Jahr = 100

5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
34,0	34,0			34,0		12,5	11,8				
9,3	4,0	3,3	2,7					2,7			
8,4	3,9	2,2	1,1					0,6			
16,0	9,2	9,2	6,7	5,0							
	9,6			8,0	3,4	2,6					
1,2	0,5	0,3	0,2		0,1	0,4					
2,7	1,3		1,3	1,3	0,8		0,5		0,3	0,2	0,2

19.5. Anhaltspunkte für die Schätzung

Wir würden also offensichtlich einen großen Fehler begehen, wenn wir bei unseren Berechnungen einfach den Neuheitspreis des neuen Produktes als zukünftigen Preis zugrunde legen würden, da als gewiß angenommen werden kann, daß der Preis sinken wird. Der zukünftige Preis des neuen Produktes ist daher irgendwie zu schätzen.

Während der Untersuchung in der Chemiefaserindustrie wurden insgesamt 34 Schätzungen vorgenommen.[1] Es ist nicht sinnvoll, alle Schätzungen darzustellen, doch sollen einige methodologische Gesichtspunkte skizziert werden, die es sich lohnt, bei ähnlichen Schätzungen zu beachten. Um dieses zu veranschaulichen, wird als Beispiel in den Abbildungen 19.17 und 19.18 die geschätzte Preisentwicklung von Terylen und Akrylnitril dargestellt. Die detaillierten Angaben (ergänzt durch die Angaben für ein weiteres Produkt) sowie deren Begründung erfolgen im Abschnitt 1 des Anhangs B.

Unsere Schätzungen beruhten auf folgenden Informationen:

1. Wir haben die Angaben des untersuchten Produktes hinsichtlich der Produktionsbedingungen, der Selbstkosten, der zu erwartenden technischen Neuentwicklungen und neuer Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung gesammelt. Auf Grund dieser Angaben wurde das Niveau der kurzfristig veränderlichen Kosten der Produktion (in erster Linie der unmittelbaren Lohn- und Materialkosten) geschätzt. Das so ermittelte Niveau wurde als die untere Grenze des Normalpreises betrachtet, unter diese können die Preise – in der Mehrzahl der Fälle – nicht sinken. Hierbei gehen wir von der technisch-wirtschaftlichen Erfah-

[1] Die Vorschätzungen sowie die während der Untersuchung in der Bauxit-Aluminium-Industrie vorgenommenen Schätzungen wurden von *M. Tardos* erarbeitet.
Dieser Absatz des Buches beruht zum Teil auf den Aufzeichnungen von *M. Tardos*.

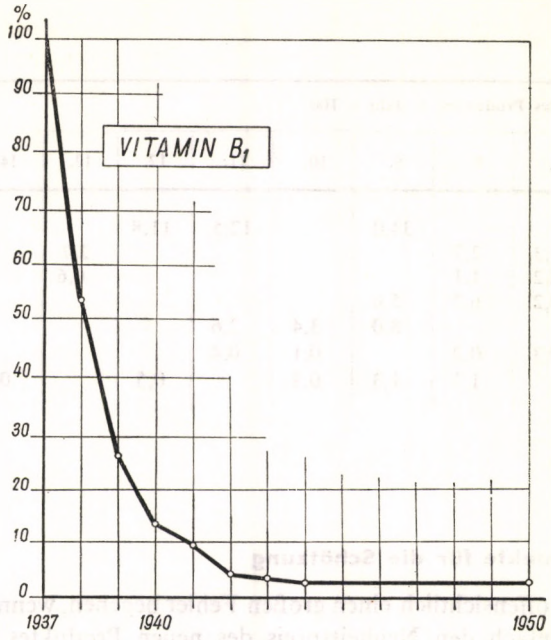


Abb. 19.10

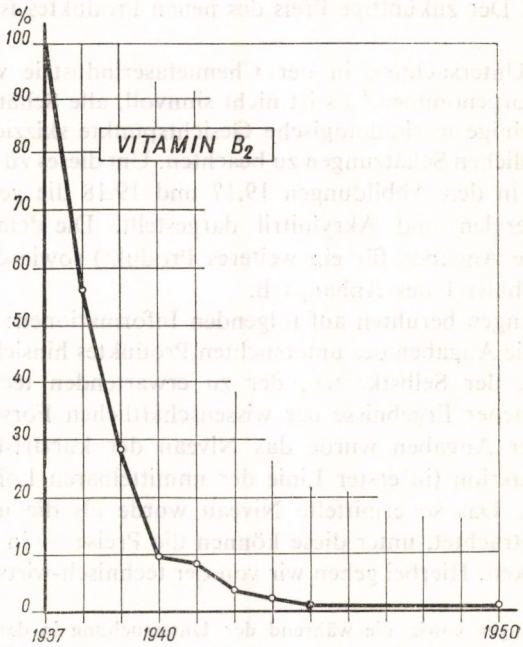


Abb. 19.11

rung aus, daß eine äußerst lange Zeit vergeht, bis aus den augenblicklich bekannten wissenschaftlichen Ergebnissen, die sich noch nicht im Stadium eines Betriebsversuches befinden und in einigen technischen Einzelfragen noch ungelöst sind, ein im Massenausmaß wirkender und den Außenhandelspreis bestimmender Faktor wird. Es ist möglich, daß in der Zwischenzeit neue Produktionsmethoden entdeckt werden, doch die Massenproduktion kann voraussichtlich in der unter-

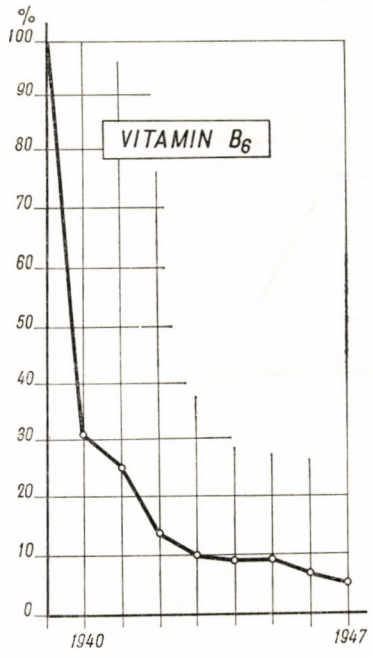


Abb. 19.12

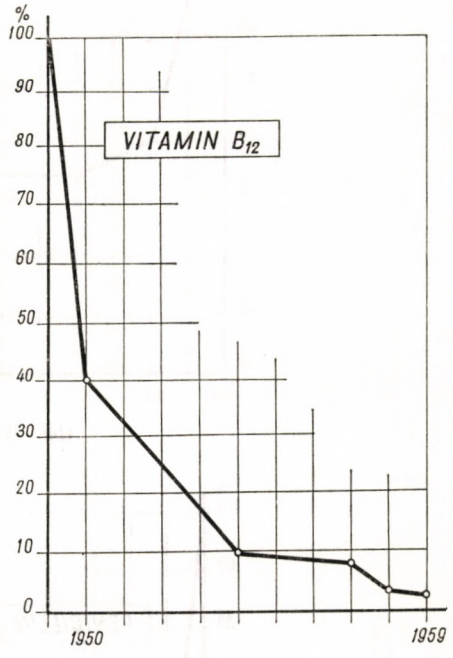


Abb. 19.13

suchten Zeitperiode erst anlaufen; folglich werden die neuen Produktionsmethoden noch nicht zum preisbestimmenden Faktor.

2. Wir haben Angaben über Preisveränderungen für eine möglichst lange abgelaufene Periode gesammelt. Zumeist standen uns nur die Inlandspreise ausländischer Staaten zur Verfügung. Nachdem wir sie auf eine einheitliche Devise umgerechnet hatten, stellte es sich heraus, daß sie bedeutend voneinander abwichen und ihr Wert oft weit entfernt vom ungarischen Import-Preisniveau lag. Die Angaben mußten zuerst vereinheitlicht werden. Es schien im Sinne des Verrechnungsprinzips 19.1 zweckmäßig zu sein, die verschiedenen nationalen Preiszeitreihen auf das Niveau der ungarischen Schlußpreise zu transponieren. Zur Basis wurden die Durchschnittspreise der ungarischen Importabschlüsse 1960 genommen. Als erster Schritt wurden die ausländischen (englischen, amerikanischen usw.) Preisindexzeitreihen der Preisentwicklung bestimmt (der englische, ameri-

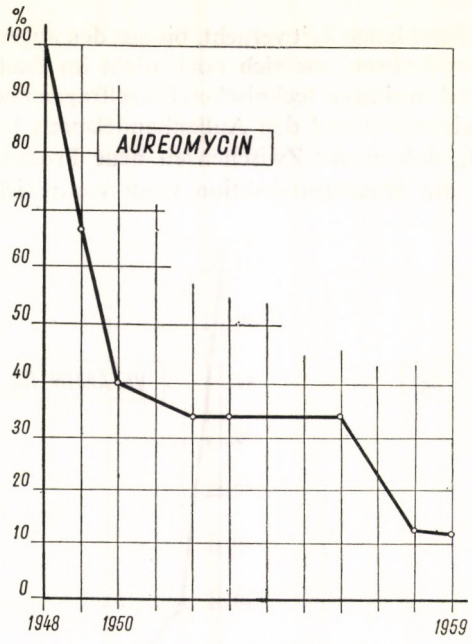


Abb. 19.14

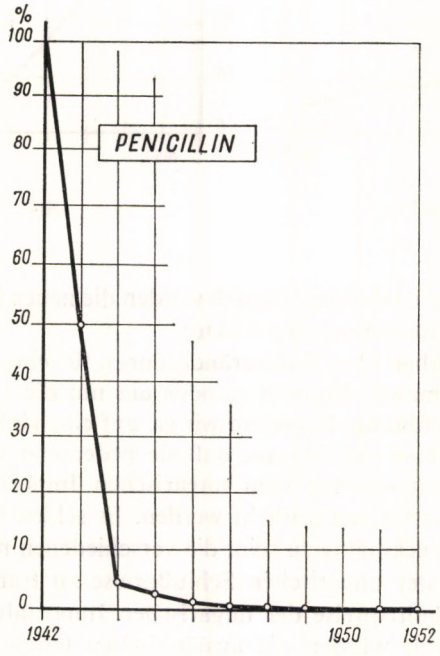


Abb. 19.15

kanische usw. Preis des Jahres 1960 ist gleich 1). Mit den so erhaltenen Preisindexen wurde als zweiter Schritt der Basispreis, der durchschnittliche ungarische Importpreis von 1960 multipliziert. So erhielten wir ebenso viele durch einen Punkt – den Punkt des durchschnittlichen Importpreises von 1960 – laufende Kurven, wie wir mehrjährige ausländische Preiszeitreihen für die untersuchten Produkte hatten. (Siehe auf den Abbildungen 19.17 und 19.18 die Preise vor 1960.)

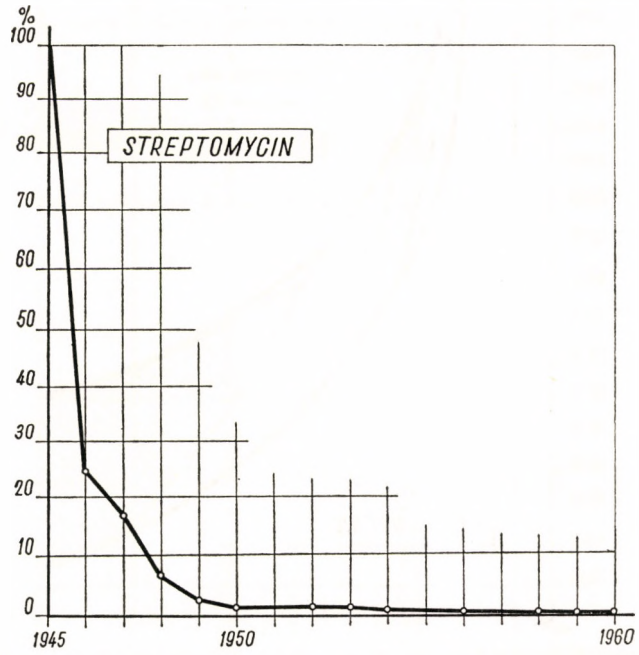


Abb. 19.16

Im Zusammenhang mit der Veränderung der auf ein derart einheitliches Niveau bezogenen Angaben mußten wir noch einen störenden Faktor eliminieren. Es war nämlich zu befürchten, daß der Inflationsprozeß, der in den verschiedenen Ländern in unterschiedlichem Maße stattfindet, den klaren Überblick stören kann. Deshalb war es als dritter Schritt der Preiskorrekturen zweckmäßig, die inflatorische Entwicklung der Preise zu berücksichtigen. Jede Preisreihe wurde durch einen Großhandels-Preisindex, der das Tempo des Inflationsprozesses anzeigt, im Falle des Exportpreises jedoch durch den Welthandels-Preisindex dividiert. Das bedeutete, daß wir Preiskurven erhielten, die die Preisänderungen des gegebenen Warenartikels im Verhältnis zu den Preisänderungen sämtlicher anderen Produkte messen. (Das entspricht dem Verrechnungsprinzip 19.2.)

Bei der Untersuchung der Änderung der so erhaltenen Preiskurven erwies es sich in mehreren Fällen als zweckmäßig, die Anpassung einer Regressionsfunk-

tion an die nationale Preiskurve durchzuführen, bzw. zu untersuchen, zwischen welchen Hüllkurven die erhaltenen Punkte eingeschlossen werden können. Hier wurde die Änderung der Preise als Funktion der Zeit ausgedrückt. Die durch die Regressionsfunktion angezeigte Trendlinie oder die durch die Hüllkurven begrenzte Zone zeigt die zu erwartende Bewegung der Preise.

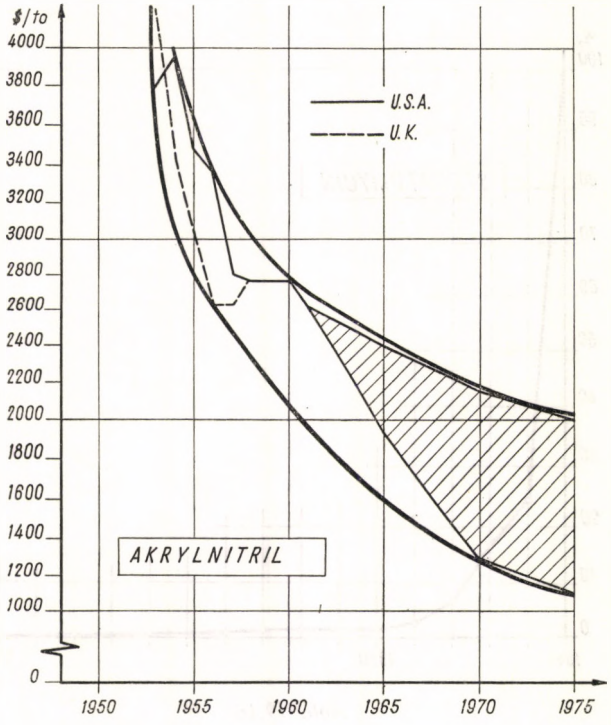


Abb. 19.17

Es muß aber betont werden, daß die Funktionen, die zur Bewertung der für die Preisbewegung der Vergangenheit kennzeichnenden Tendenzen angewandt wurden, im Laufe der Schätzungen nur als Anhaltspunkte dienen konnten und wir uns hüteten, sie mechanisch zu extrapolieren und in die Zukunft zu projizieren.

3. Wir analysierten die Marktlage des Produktes, die Geschäftstätigkeit und Preispolitik der Unternehmen und speziell der internationalen Kartelle, die den Absatz der Produkte beherrschen. Ebenso haben wir die zu erwartende Preisbewegung der Ausgangsstoffe sowie den technologischen Zusammenhang zwischen dem Ausgangsmaterial und dem Endprodukt untersucht.

Zu den unter Punkt 1 bis 3 aufgezählten *speziellen* Informationen kamen noch die allgemeinen Informationen über die Preisbewegung. Aus analogen Erscheinungen der »Preisgeschichte« von neuen Chemiefasern, neuen Kunststoffen, neuen Arz-

neimitteln und im allgemeinen von neuen Produkten wurde gefolgert, wie sich die zukünftige Preisgestaltung der von uns untersuchten Produkte entwickelt.

Wir mußten den typischen Verlauf der Preisgestaltung betrachten. Zugleich durfte aber nicht vergessen werden, daß es keine starren Regeln gibt. Daraus, daß beispielsweise der Preis der Faser »*A*« in fünf Jahren abfiel, folgt nicht, daß dieser

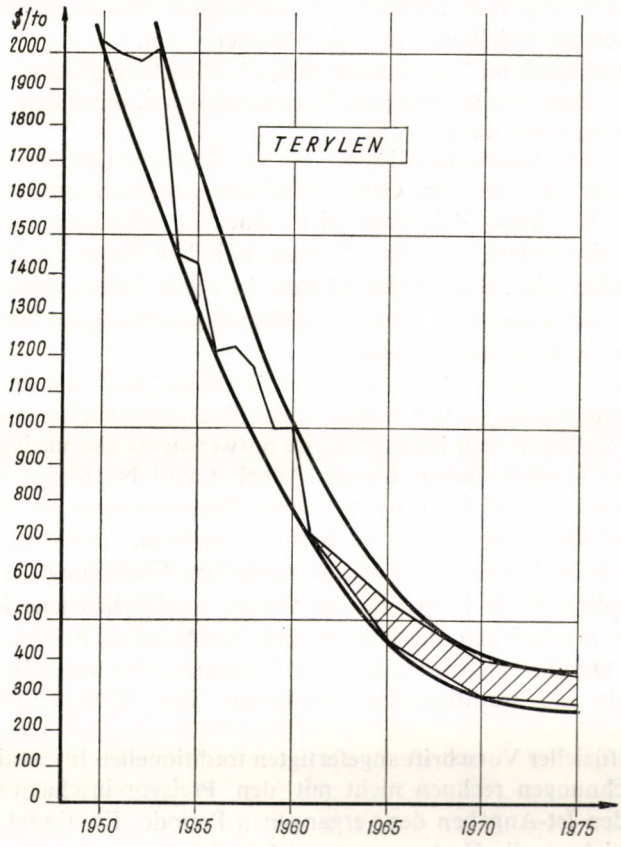


Abb. 19.18

Prozeß bei der Faser »*C*« genau so lange dauern wird. Der Verlauf der Preiskurve kann für verschiedene Industriezweige und Produkte unterschiedlich sein. Deshalb konnten aus den analogen Erscheinungen nur sehr vorsichtige Folgerungen gezogen werden, wobei die speziellen Informationen für die näher untersuchten Produkte sorgfältig studiert werden mußten.

Manchmal gaben weder die technisch-wirtschaftlichen Informationen noch die Richtung der Preisbewegung der vergangenen Jahre entschiedene Erkenntnisse über die Richtung der Preisänderungen. In diesem Fall wurde der Mittelwert der Preise als unveränderlich in der Zeit angenommen und die Aufmerksamkeit auf

den höheren Grad der Schwankung um das gegenwärtige Preisniveau herum, auf die Unsicherheit des Preisniveaus gelenkt.

Wir bemühten uns bei den Preisvorhersagen, die zu Recht bestehenden Anforderungen[1] für wissenschaftliche Prognosen zu erfüllen. Das bedeutet keine ideale Genauigkeit, sondern nur die Einhaltung folgender Prinzipien:

– Es müssen eindeutige Definitionen angewendet werden, damit nachträglich die Genauigkeit der Schätzung verifiziert werden kann.

– Die Möglichkeit muß vorhanden sein, die Gesichtspunkte zu reproduzieren, auf denen die Schätzung beruhte; die Voraussetzungen, unter denen die geschätzten Größen abgeleitet werden.

– Es muß eine innere Konsistenz der verschiedenen Schätzungen bestehen, d. h. sie müssen nach gleichen Grundprinzipien vorgenommen werden.

Wir haben für jeden Zeitpunkt nicht eine Preisschätzung gegeben, sondern ein Intervall; eine untere und obere Grenze, zwischen denen der Preis sich in der Zukunft befinden wird. (Im Kapitel 11 bzw. 14 wurde bereits eingehend beschrieben, wie wir mit »von-bis«-Daten Sicherheitsrangordnungen bzw. Sicherheitsoptimierungen vorgenommen hatten.)

Wir machen uns keine Illusionen über die Genauigkeit der Preisvorhersagen. Wir wissen, daß im ungarischen Außenhandel die auf den kapitalistischen Märkten erreichbaren Verkaufs- und Einkaufspreise notwendigerweise unsicher sind, da die Marktlage der kapitalistischen Länder, Angebot und Nachfrage der kapitalistischen Unternehmen und die konjunkturellen Schwankungen der kapitalistischen Wirtschaft auf die Preise eine große Wirkung ausüben. Unzählige unvorhergesehene Umstände beeinflussen folglich die zukünftige Gestaltung der Preise.

In den Kapiteln 9 bis 15 des Buches werden ausführlich jene Methoden dargestellt, die es ermöglichen, die Unsicherheit der Angaben bei den Berechnungen zu beachten. Darüber hinaus ergibt unser Verfahren eine wesentlich gründlichere Schätzung als die traditionellen Methoden der Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

Die nach offizieller Vorschrift angefertigten traditionellen Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen rechnen nicht mit den Preisvoreinschätzungen, sondern einfach mit den Ist-Angaben der vergangenen Periode. Es stimmt zwar, daß die Ist-Angabe »sicher«, die Vorhersage »unsicher« ist. Es besteht aber kein Zweifel, daß die echte Wirtschaftlichkeit der Investition schließlich nicht durch den Preis der Vergangenheit, sondern durch den Preis der Zukunft (gemeinsam mit den übrigen Faktoren) entschieden wird. Es ist also noch immer besser, zu versuchen, auf Grund einer sorgfältigen Untersuchung den Preis voreinzuschätzen (wenn sich auch die Schätzung nicht als genau erweist), als einfach, ohne jede Überprüfung, mechanisch einen Preis aus der Vergangenheit auf die Zukunft, zu extrapolieren, wie es in den traditionellen Berechnungen erfolgt. Auch das letztere Verfahren ist hinsichtlich seiner Rolle, seiner tatsächlichen Wirkung in der Berechnung, eine »Voreinschätzung« – nur eben die am geringsten überlegte Voreinschätzung.

[1] Siehe hierzu die wichtigen Feststellungen von *H. Theil* [164].

Ein kennzeichnendes Beispiel hierfür ist der Fall der Investition zur Erweiterung der Herstellung des Vitamins B_{12}. Es wurde die Entscheidung getroffen, daß man in einer der pharmazeutischen Fabriken die Herstellung dieses Vitamins bedeutend steigern sollte. Die Investition beanspruchte eine beträchtliche Summe. Als die Kalkulation im Jahre 1957 angefertigt wurde, betrug der Preis des Vitamins B_{12} 200 Dollar/g. Diese Angabe wurde in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen verwendet. Es ergab sich, daß die Investition als äußerst wirtschaftlich betrachtet wurde. In zwei Jahren sank jedoch der Preis von »B_{12}« auf 65 Dollar/g (1959), das veränderte offensichtlich die effektive Wirtschaftlichkeit der Anlage grundlegend.

Man sagt, es ist leicht, nachträglich klug zu sein. Den Preisabfall des Vitamins B_{12} hätte man jedoch voraussehen können, wenn auch nicht haargenau, so doch zumindest in der Grundrichtung. Es genügt, die Abbildungen 19.10–19.16 zu betrachten, um dieses anzuerkennen.

Es lohnt sich also, anstatt der routinemäßigen, mechanischen Anwendung der gegenwärtigen Preise ernste Anstrengungen zur realen Schätzung der zu erwartenden Preisänderungstendenzen zu unternehmen.

19.6. Indirekte Importmaterialkosten

Die Bestimmung der indirekten Importmaterialkosten erfolgt wie die Bestimmung des Produktionsfondsbedarfs bzw. der indirekten Lohnkosten, die wir eingehend im Abschnitt 17.2 behandelt haben. Es ist folgendes Produkt zu bilden:

$$r_{j,\mathrm{Rbl}}^{\mathrm{indir}} = \mathbf{r}'_{\mathrm{Rbl}}\, \check{\mathbf{G}}\bar{\mathbf{g}}_j\,, \tag{19.2}$$

wobei

$\bar{\mathbf{g}}_j$ der aus den Materialinputkoeffizienten von einer Einheit der j-ten Aktivität des Optimierungsmodells gebildete Spaltenvektor (dieser besteht aus so viel Komponenten, wie die angewandte I-O-Tabelle Sektoren besitzt)

$\check{\mathbf{G}}$ die Kehrmatrix der I-O-Tabelle

$\mathbf{r}'_{\mathrm{Rbl}}$ der Zeilenvektor der Importmaterialkosten aus sozialistischen Ländern in der Zerlegung der I-O-Tabelle ist.

Analog ist auch das Verfahren zur Bestimmung der indirekten kapitalistischen Importmaterialkosten.

Leider besteht keine Möglichkeit, bei der Bestimmung der indirekten Importmaterialkosten mit Preisvorhersagen – wie in den Abschnitten 19.3 bis 19.5 beschrieben – arbeiten zu können. Hier müssen wir uns in der Regel mit den tatsächlichen Außenhandelspreisen jener Periode begnügen, für die die I-O-Tabelle angefertigt wird.

20. Der kalkulatorische Devisenkurs

20.1. Die Notwendigkeit eines einheitlichen Devisenkurses

Verrechnungsprinzip 20.1. Alle in Rubel bzw. in Dollar verrechneten Kosten und Einnahmen werden mit einem einheitlichen Rubel- bzw. Dollarkurs in Forint umgerechnet.

Das ist einer der wesentlichen Unterschiede, der bei unseren Untersuchungen angewandten kalkulatorischen Bewertungen gegenüber dem aktuellen Preissystem (und zum Teil gegenüber den kalkulatorischen Bewertungen, der offiziellen Methodik der Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen). Zuerst betrachten wir das aktuelle Preissystem von diesem Gesichtspunkt aus.

In Tabelle 20.1 wird für die *Hauptwarengruppen* eine Übersicht gegeben, zu wieviel Forint je ein Rubel bzw. ein Dollar im Jahre 1962 für die aus den sozialistischen bzw. entwickelten kapitalistischen Ländern importierten Waren im Inland verrechnet wurden.

TABELLE 20.1

*Die aktuellen Devisenkurse nach Hauptwarengruppen**

Hauptwarengruppe	Inländischer Übergabepreis in Forint für Import im Werte von	
	1 Rubel	1 Dollar
	im Jahre 1962	
	für Waren aus sozialistischen Ländern	für Waren aus entwickelten kapitalistischen Ländern
Werkstoff	42,50	46
Maschinen	44	54
Konsumtions-Industrieartikel	48,30	57
Produkte der Landwirtschaft und der Lebensmittelindustrie	43	62
Durchschnitt	43,40	50

* Quelle: Bericht des Zentralamts für Statistik [189].

Tabelle 20.2 beruht auf der I-O-Tabelle des Zentralamtes für Statistik für das Jahr 1959, für deren Sektoren die Durchschnitte der Tabelle der effektiven Devisenkurse bestimmt wurden. (Importmaterialaufwand des Sektors in Ft pro Import-

materialaufwand des Sektors in ausländischer Währung.) Diese werden mit dem effektiven durchschnittlichen volkswirtschaftlichen Devisenkurs verglichen und nach ihren Abweichungen vom volkswirtschaftlichen Durchschnitt in Klassenintervalle eingeordnet.

TABELLE 20.2

*Abweichungen der Devisenkurse der Sektoren vom Durchschnitt**

Durchschnittlicher Kurs = 100	
Sektoren mit Devisenkursen	Anzahl
Unter 60	3
60— 70	1
70— 80	0
80— 90	11
90—100	19
100—110	23
110—120	12
120—130	8
130—140	5
über 140	8
Insgesamt:	90

* Quelle [189].

Beide Tabellen zeigen eine beträchtliche Streuung und Differenziertheit der Devisenkurse, obwohl es sich hier schon um Aggregate (Hauptwarengruppen oder volkswirtschaftliche Sektoren) handelt. Die Streuung ist noch viel stärker, wenn wir das Problem für die einzelnen Produkte untersuchen. Der inländische Übergabepreis in Forint für einen Import im Werte von 1 Dollar streut dann zwischen 10 und 470 Forint.[1]

Die Vielfalt der Devisenkurse im aktuellen Preissystem kann aus mehreren Gründen berechtigt sein. Einer der Gründe kann z. B. der Schutz der Produkte eines neuen, vorläufig teuer produzierenden ungarischen Industriezweiges gegen den Importwettbewerb sein, um zu verhindern, daß die Betriebe, die diese Produktion benötigen, Importprodukte gegenüber den Produkten des neuen Industriezweiges bevorzugen. Ein weiterer Grund kann die Stimulierung des Exports eines Industriezweiges im Interesse seiner schnelleren Entwicklung und damit verbunden die Verminderung seiner Kosten sein. So wird von vornherein bei der Festsetzung der aktuellen Preise eine Art Zoll kalkuliert bzw. eine Exportprämie, auch dann, wenn das bei der finanziellen Verrechnung des Reineinkommens nicht in Form eines tatsächlich zur Auszahlung gelangenden Zolls bzw. einer Exportprämie erscheint.

[1] Siehe Bericht des Zentralamts für Statistik [189].

Außer diesen weitreichenden Entwicklungszielen spielen auch noch zahlreiche andere Gründe eine Rolle. Wenn die Preisbehörde den inländischen Forintpreis der Importprodukte festsetzt, berücksichtigt sie die Ersatzmöglichkeiten zwischen dem importierten und dem inländischen Produkt und im Zusammenhang damit die Rolle des Preises bei der Sicherung des Gleichgewichts zwischen Nachfrage und Angebot.

Die ungarischen Kritiker des aktuellen Preissystems äußern den Gedanken, daß die bei der Bildung der aktuellen Preise sich ergebende Streuung der Devisenkurse nicht ausschließlich aus rationalen industriepolitischen, handelspolitischen oder Gleichgewichtsgründen, sondern – zumindest teilweise – aus Fehlern der Preisbildung zu erklären ist. Wir wollen in diesem Buch auf diese Diskussion nicht eingehen und nicht analysieren, inwieweit die Streuung der Devisenkurse im *aktuellen* Preissystem berechtigt oder fehlerhaft ist. Es genügt festzustellen, daß auch berechtigte kurzfristige Abweichungen bei den langfristigen Berechnungen Störungen verursachen können. Bei der Ausarbeitung der perspektivischen Investitionspläne brauchen die gegenwärtige Struktur der ungarischen Produktion und im Zusammenhang damit die gegenwärtigen Gleichgewichtsbedingungen nicht mehr als gegeben betrachtet zu werden, da untersucht werden soll, in welche Richtung sie zu verändern sind. Für einen längeren Zeitraum soll gerade ermittelt werden, welches Produkt wirtschaftlicher herzustellen ist, als es zu importieren und welche Produkte in solchen Mengen herzustellen sind, daß sie über den inländischen Bedarf hinaus exportiert werden können. Man kann keine Klarheit gewinnen, wenn von vornherein die Herstellung einzelner Produkte infolge eines zu billigen, wesentlich niedrigeren als des durchschnittlichen Devisenkurses für die zur Herstellung aufgewandten Importmaterialien begünstigt wird, oder wenn sie umgekehrt durch eine zu teure Verrechnung der zu ihrer Herstellung aufgewandten Importmaterialien benachteiligt werden. Wenn wir erreichen wollen, daß jeder Zweig, jedes Produkt mit *gleicher Chance* in die Wirtschaftlichkeitsberechnungen eingehen und an den Investitionsressourcen beteiligt sein soll, dann muß jeder Import und Export zum gleichen Kurs verrechnet werden.

Das ist ein wesentlicher Gesichtspunkt, weshalb kalkulatorische Preise und kalkulatorische Devisenkurse angewandt und die aktuellen Preise und aktuellen Devisenkurse umgangen werden müssen.

Übrigens drückt sich in den offiziellen Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen auch eine solche Bestrebung aus, die jedoch nicht folgerichtig angewandt wird. Bei der Berechnung der schon des öfteren erwähnten Investitionswirtschaftlichkeitskennziffer g_n muß im Zähler, der den Wert der Produktion der Anlage zu Weltmarktpreisen angibt, der vom Landesplanungsamt direkt zu diesem Zweck angegebene einheitliche kalkulatorische Devisenkurs angewandt werden. Er muß auch im Nenner, bei der Umrechnung der Importmaterialkosten auf Forint gebraucht werden. Dagegen werden die zu den Investitionskosten gehörenden Importaufwendungen (z. B. Beschaffung ausländischer Maschinen) nicht zum kalkulatorischen Kurs, sondern zum Kurs des aktuellen

Preissystems verrechnet. So sind in vielen Fällen die bei der Umrechnung der Investitionskosten angewandten Kurse um 20 bis 30 Prozent höher oder niedriger als der bei der Verwertung bzw. bei der Umrechnung des Importmaterials angewandte einheitliche kalkulatorische Kurs.

20.2. Der ökonomische Inhalt des Devisenkurses

Verrechnungsprinzip 20.2. Die Größe des kalkulatorischen Devisenkurses soll ausdrücken, wieviel Forint inländische Aufwendungen im volkswirtschaftlichen Durchschnitt zur Beschaffung von 1 Rubel bzw. 1 Dollar durch Export erforderlich sind. (Der Ausdruck »inländische« wird im Sinne der Kapitel 16 und 18 gebraucht, er gibt an, wieviel kalkulatorische Lohnkosten und wieviel kalkulatorischen Zins der Export beansprucht.)

Warum rechnen wir mit dem volkswirtschaftlich *durchschnittlichen* Aufwand und nicht mit dem zur Steigerung des Devisensaldos erforderlichen *differentiellen* Aufwand?

Der entscheidende Grund besteht darin, daß wir letzteren nicht kennen. Wir sahen beim kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktor und beim kalkulatorischen Lohnfaktor, mit welchen Schwierigkeiten die zahlenmäßge Bestimmung der differentiellen Größen (dort: der differentiellen Effektivität des Produktionsfonds und der differentiellen Produktivität der Beschäftigtenanzahl) verbunden ist. Beim Devisenkurs ist die Aufgabe nicht leichter. Es handelt sich nicht um irgendeinen differentiellen Aufwand, sondern um die Kenntnis des zur Steigerung des (aktiven) Saldos der Devisenbilanz erforderlichen Aufwands im *optimalen* volkswirtschaftlichen Programm. Hierzu müßte man aber ebenfalls eine volkswirtschaftliche Optimierung durchführen, genauso wie bei der zahlenmäßigen Bestimmung der differentiellen Effektivität des Produktionsfonds und damit des rationalen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors.

Der zur Steigerung des Devisensaldos erforderliche *gegenwärtige* differentielle Aufwand ist vermutlich höher als der gegenwärtige durchschnittliche Aufwand. Die Wirtschaftsleitung strebt jedoch danach, die Warenstruktur und die Länderstruktur des Exports zu verbessern und die inländischen Produktionskosten zu vermindern. Deswegen wird der zur Steigerung des Devisensaldos erforderliche notwendige *zukünftige* differentielle Aufwand sich erwartungsgemäß vermindern und sich dem gegenwärtigen Durchschnitt nähern. Wie dies schon in einem anderen Zusammenhang dargelegt wurde (siehe Abschnitt 17.3) kann auch hier auf die Dauer mit einer Annäherung der differentiellen an die durchschnittlichen Aufwendungen gerechnet werden. Deshalb gibt unseres Erachtens – obwohl dies zahlenmäßig nicht beweisbar ist – die Anwendung des Verrechnungsprinzips 20.2 eine ziemlich gute Orientierung; die Anwendung ist so lange zweckmäßig, bis es nicht gelingt, mit volkswirtschaftlicher Optimierung die zahlenmäßige Festsetzung der Devisenkurse besser zu begründen.

20.3. Bestimmung des Devisenkurses mit Hilfe der I-O-Tabelle

Es ergibt sich die Aufgabe, den einheitlichen kalkulatorischen Devisenkurs für die langfristigen Optimierungen auch zahlenmäßig im Sinne des Verrechnungsprinzips 20.2 zu bestimmen. Die Berechnung wurde mit Hilfe der volkswirtschaftlichen I-O-Tabelle vorgenommen.

Zuerst wurde in der Zerlegung der I-O-Tabelle der aus N Komponenten bestehende Zeilenvektor $\check{\mathbf{c}}'$ der Koeffizienten des vollen inländischen Aufwendungsinhalts in Forint bestimmt:

$$\check{\mathbf{c}}' = \gamma\,\check{\mathbf{p}}' + \Omega\,\check{\mathbf{q}}' = (\gamma\,\mathbf{p}' + \Omega\,\mathbf{q}')\,(\mathbf{E}-\mathbf{G})^{-1}, \qquad (20.1)$$

wobei

- γ der kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor
- Ω der kalkulatorische Lohnfaktor
- $\mathbf{p}'$ der Zeilenvektor der direkten Produktionsfondskoeffizienten
- $\check{\mathbf{p}}'$ der Zeilenvektor der vollen Produktionsfondskoeffizienten
- $\mathbf{q}'$ der Zeilenvektor der direkten effektiven Lohninhaltskoeffizienten
- $\check{\mathbf{q}}'$ der Zeilenvektor der vollen effektiven Lohninhaltskoeffizienten (zur Bestimmung $\mathbf{p}'$ und $\mathbf{q}'$ siehe Abschnitt 17.2)
- $\mathbf{G}$ das innere Quadrat der technologischen Matrix ist.

Die Vektoren des vollen Inhalts $\check{\mathbf{p}}'$ und $\check{\mathbf{q}}'$ wurden derart bestimmt, daß sie auch den Produktionsfondsbedarf und den Lohninhalt der Abschreibungen enthalten (siehe Abschnitt 16.4).

Zur Berechnung müssen folgende Größen bekannt sein:

- $\check{\mathbf{u}}'_{\text{Rbl}}$ der Zeilenvektor der Koeffizienten des vollen Importmaterialaufwands aus sozialistischen Ländern in Rubel ($\check{\mathbf{u}}'_{\text{Rbl}} = \mathbf{u}'_{\text{Rbl}}\,\check{\mathbf{G}}$)
- $\check{\mathbf{u}}'_{\$}$ der Zeilenvektor der Koeffizienten des vollen Importmaterialaufwands aus kapitalistischen Ländern in Dollar ($\check{\mathbf{u}}'_{\$} = \mathbf{u}'_{\$}\,\check{\mathbf{G}}$)
- $\mathbf{d}^{\text{soz}}$ der Spaltenvektor des Exports in die sozialistischen Länder in Forint, er ist ein Spaltenvektor der Matrix der externen Ausstöße, des sogenannten »Seitenflügels« der I-O-Tabelle
- $\mathbf{d}^{\text{kap}}$ der Spaltenvektor des Exports in die kapitalistischen Länder in Forint, er ist ein anderer Spaltenvektor der Matrix der externen Ausstöße
- F_{Rbl} die aus dem Export in die sozialistischen Länder stammende Gesamteinnahme in Rubel
- $F^{\$}$ die aus dem Export in die kapitalistischen Länder stammende Gesamteinnahme in Dollar. Die letzten beiden Angaben sind aus der Außenhandelsstatistik bekannt.

Wenn diese Angaben bekannt sind, können der durchschnittliche volkswirtschaftliche Rubelkurs und der durchschnittliche volkswirtschaftliche Dollarkurs folgendermaßen bestimmt werden:[1]

$$D_{\mathrm{Rbl}} = \frac{(\check{u}'_{\$}\, D_{\$} + \check{c}')\, d^{\mathrm{soz}}}{F_{\mathrm{Rbl}} - \check{u}'_{\mathrm{Rbl}}\, d^{\mathrm{soz}}}\,, \tag{20.2}$$

$$D_{\$} = \frac{(\check{u}'_{\mathrm{Rbl}}\, D_{\mathrm{Rbl}} + \check{c}')\, d^{\mathrm{kap}}}{F_{\$} - \check{u}'_{\$}\, d^{\mathrm{kap}}}\,. \tag{20.3}$$

Die Formel (20.2) muß folgendermaßen interpretiert werden:

Im Nenner steht die Rubeleinnahme vermindert um den Rubelaufwand, d. h. der Nettorubelertrag.

Im Zähler steht der im Export in die sozialistischen Länder steckende volle inländische Aufwand in Forint plus der im Export in die sozialistischen Länder steckende Import aus kapitalistischen Ländern zum Dollarkurs in Forint umgerechnet.

Die Maßeinheit des Zählers ist Forint, die des Nenners Rubel.

Analog kann die Formel (20.3) erläutert werden. Wir haben also zwei Gleichungen für die zwei Unbekannten D_{Rbl} und $D_{\$}$. Ihre Lösung ist:

$$D_{\mathrm{Rbl}} = \frac{\check{c}'\, d^{\mathrm{soz}}(F_{\$} - \check{u}'_{\$}\, d^{\mathrm{kap}}) + (\check{c}'\, d^{\mathrm{kap}})\,(\check{u}'_{\$}\, d^{\mathrm{soz}})}{(F_{\mathrm{Rbl}} - \check{u}'_{\mathrm{Rbl}}\, d^{\mathrm{soz}})\,(F_{\$} - \check{u}'_{\$}\, d^{\mathrm{kap}}) - (\check{u}'_{\mathrm{Rbl}}\, d^{\mathrm{kap}})\,(\check{u}'_{\$}\, d^{\mathrm{soz}})}\,, \tag{20.4}$$

$$D_{\$} = \frac{\check{c}'\, d^{\mathrm{kap}}(F_{\mathrm{Rbl}} - \check{u}'_{\mathrm{Rbl}}\, d^{\mathrm{soz}}) + (\check{c}'\, d^{\mathrm{soz}})\,(\check{u}'_{\mathrm{Rbl}}\, d^{\mathrm{kap}})}{(F_{\mathrm{Rbl}} - \check{u}'_{\mathrm{Rbl}}\, d^{\mathrm{soz}})\,(F_{\$} - \check{u}'_{\$}\, d^{\mathrm{kap}}) - (\check{u}'_{\mathrm{bl}}\, d^{\mathrm{kap}})\,(\check{u}_{\$}\, d^{\mathrm{soz}})}\,. \tag{20.5}$$

Die Kompliziertheit der beiden Formeln ergibt sich aus der Schwierigkeit, daß der Export in die sozialistischen Länder auch Dollaraufwendungen und umgekehrt der Export in die kapitalistischen Länder auch Rubelaufwendungen enthält und die Aufwendungen sich fortpflanzen.

Auf Grund der I-O-Tabelle des Zentralamtes für Statistik 1959 führte *P. Havas*[2] im wesentlichen nach den Formeln (20.4)–(20.5) Berechnungen durch. Im Laufe seiner außerordentlich wichtigen und vielseitigen Berechnungen errechnete er mehrere Devisenkurse. Davon wird hier der Devisenkurs angegeben, der den in den Kapiteln 16 bis 20 dargestellten Verrechnungsprinzipien am besten entspricht. *P. Havas* rechnet auch mit zwei Arten von inländischen Aufwendungen:

[1] Den Gedanken, daß zur Bestimmung des Devisenkurses die I-O-Tabelle angewandt werden kann, drückte in der ungarischen ökonomischen Literatur als erster *P. Havas* in seiner Arbeit [51] aus. Im vorliegenden Buch werden seine Ideen in zwei Richtungen weiterentwickelt: 1. Zerlegung in Handelsbeziehungen mit kapitalistischen und sozialistischen Ländern (Dollar- und Rubelkurs getrennt), 2. detailliertere Ausarbeitung des Begriffes »inländischer Aufwand«.

[2] Siehe die zweite Arbeit [52] von *P. Havas* aus dem Jahre 1962.

mit dem kalkulatorischen Lohn und mit der kalkulatorischen Produktionsfondsabgabe. Der von ihm zugrunde gelegte kalkulatorische Lohnfaktor ist 1,3, die kalkulatorische Produktionsfondsabgabe jedoch 7,4 Prozent. Das kommt dem, was wir in den Verrechnungsprinzipien 18.2 und 18.3 gefordert hatten, äußerst nahe. Der Vektor $\mathbf{c}'$ enthält in diesen Berechnungen auch den Produktionsfondsbedarf und den Lohninhalt der Abschreibungen.[1]

Der als Resultat der Berechnung sich ergebende kalkulatorische Devisenkurs ist: 62,80 Ft/Dollar. Im wesentlichen wurde dieser Devisenkurs sowie der diesem entsprechende Rubelkurs auch von uns in den Optimierungen zur Anwendung gebracht.

Verrechnungsprinzip 20.3. Der kalkulatorische Dollarkurs beträgt ca. 60 Ft/Dollar.

20.4. Die Devisenkursempfindlichkeit des Programms

In Anbetracht der Unsicherheit des kalkulatorischen Devisenkurses führten wir Empfindlichkeitsuntersuchungen durch. Als Beispiel soll eine parametrische Optimierung aus der Untersuchung in der Chemiefaserindustrie beschrieben werden.

Den Dollarkurs ließen wir das Intervall von 35 bis 65 Ft durchlaufen und gelangten zu insgesamt 4 quantitativen Identitätsbereichen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 20.3 dargestellt.

TABELLE 20.3

Parametrische Optimierung in der Chemiefaserindustrie in Abhängigkeit vom Dollarkurs

Dollarkursbereich	unter 39,3 Ft	39,3 bis 43,4 Ft	43,4 bis 60,2 Ft	60,2 Ft
Vom Programm zur Produktion und zum Export vorgesehenes Produkt (und Technologie)				
Polyakrylnitril-Kopolymer-Stapelfaser	H + E	H + E	H + E	H + E
Terylen-Stapelfaser	H + E	H + E	H + E	H + E
Nylon-6-Seide, Technologie A	H + E	H + E	H + E	H + E
Polypropylenfäden	H + E	H + E	H + E	H + E
Zellophan, im neuen Betrieb	H + E	H + E	H + E	H + E
Phenol	–	–	H	H
Aethylenglykol	–	H	H	H
Polypropylen	–	–	H + E	H + E

Zeichenerklärung: H = Produktion für den inländischen Bedarf
E = Produktion für Export

[1] *Havas* bezeichnete diesen Kurstyp mit $\bar{G}^{\beta}$.

Einige Schlußfolgerungen aus der Berechnung:

Ein bedeutender Teil des Programms ist gegen den Dollarkurs innerhalb des untersuchten Bereiches nicht empfindlich. Die ersten fünf Zeilen der Tabelle sind im wesentlichen mit dem real in Frage kommenden Dollarkursintervall identisch. Die inländische Produktion und der Export der fünf Produkte würde auch im Falle eines Dollarkurses von 35 Ft günstiger als der Import sein.

Die Berechnung hat zu einer speziellen langfristigen Importwirtschaftlichkeitskennziffer geführt. Zu ihrer Erläuterung nehmen wir das Beispiel des Aethylenglykols. Im Falle der inländischen Produktion muß man für die Einsparung von 1 Dollar Import höchstens 39,30 Ft zahlen. Wenn man auf anderen Gebieten der Volkswirtschaft den Dollar für weniger als 39,30 Ft erzielen kann (durch Importeinsparung oder Export), dann lohnt es sich nicht, Aethylenglykol zu produzieren, sondern es ist besser, dieses Produkt zu importieren. Ähnlicherweise können auch die anderen charakteristischen Werte gedeutet werden.

Unsere charakteristischen Werte können, zumindest annähernd, mit den vorher erwähnten Berechnungen verglichen werden, die die durchschnittlichen Aufwendungen des Exports in kapitalistische Länder mit Hilfe der volkswirtschaftlichen I-O-Tabelle bestimmten. Danach beträgt der durchschnittliche Aufwand des Exports in die kapitalistischen Länder 62,80 Ft. Im Verhältnis dazu sind die in dem Programm der Chemiefaserindustrie dargestellten Investitionsaktionen äußerst günstig, sie sind wesentlich besser als der Durchschnitt.

Eine wichtige Kennziffer ist der charakteristische Wert des Dollarkurses, über den hinaus der Investitionsfonds erschöpft ist und unter dem ein Teil noch unausgenützt bleibt.

Aus unseren Berechnungen geht hervor: unter 43,40 Ft/Dollar bleiben 25 bis 30 Prozent des Investitionsfonds unausgenützt. Wenn der Dollarkurs höher als 43,40 Ft ist, dann lohnt es sich, die für die Investitionen der Chemiefaserindustrie vorgesehene volle Investitionssumme in Anspruch zu nehmen.

Was für eine Bedeutung hat diese Kennziffer?

Wenn es einen derartigen Zweig gibt, der für weniger als 43,40 Ft einen Dollar aufbringt (durch Importeinsparung oder Export), dann lohnt es sich, zumindest 25 bis 30 Prozent des Investitionsfonds dorthin zu verlagern. Wenn es aber keinen derartigen Zweig gibt, dann ist es besser, den vollen Investitionsfonds der Chemiefaserindustrie zu überlassen.

Wie aus der bisherigen Darstellung hervorgeht, zeigt auch dieser kritische Wert, daß es günstig ist, die Chemiefaserindustrie zu entwickeln, da ja der Dollarkurs von 43,40 Ft weit niedriger ist als der (zum annähernden Vergleich geeignete) volkswirtschaftliche Durchschnittskurs.

Eine begründete Größe des Dollarkurses ist unter den Ökonomen stark umstritten. Einen niedrigeren Kurs als 35 Ft oder einen höheren als 65 schlägt jedoch keiner vor. Wir haben aber gesehen, daß innerhalb dieses weiten Bereiches der überwiegende Teil des Programms stabil ist. Wie in vielen Fällen, zeigt die parametrische Optimierung, daß sich die Debatte über die zahlenmäßige Größe der problematischen Parameter zumindest teilweise erübrigt.

21. Dritter Vergleich mit den traditionellen Methoden

21.1. Abweichung von den aktuellen Preisen

Zuerst zeigen wir an Hand einer zusammenfassenden Berechnung, wie weit die nach der allgemeinen Preisformel (16.1) gebildeten kalkulatorischen Preise von den aktuellen Preisen abweichen. Die Berechnung wurde von einer im Auftrag des Landespreisamtes arbeitenden Forschergruppe ausgeführt.[1] Die Wissenschaftler gingen von der I-O-Tabelle des Zentralamtes für Statistik für das Jahr 1959 aus, zogen diese in eine Tabelle von 80 Sektoren zusammen und errechneten dann, wie sich die Preisproportionen ändern würden, wenn man von den

TABELLE 21.1

*Durchschnittliche Preisänderung der Sektoren der I-0-Tabelle bei »Zweikanal«-Preisen**

Sektoren mit Preisindex in Prozent	Anzahl
160,1—170	1
150,1—160	1
140,1—150	1
130,1—140	4
120,1—130	6
110,1—120	11
100,1—110	15
100,1—110	13
90,1—100	18
80,1— 90	5
70,1— 80	2
60,1— 70	2
50,1— 60	1
Insgesamt:	80
Davon mit Änderung um mehr als 10 Prozent	52

* Quelle [194], Beilage Nr. 3.

[1] Siehe Veröffentlichung [194] des Landespreisamtes. Die zugrunde liegenden mathematischen Methoden wurden von einer unter der Leitung von *S. Ganczer* stehenden Gruppe von Mitarbeitern des Rechenzentrums der Ungarischen Akademie der Wissenschaften und des Landespreisamtes erarbeitet.

aktuellen Preisen auf die »Zweikanal«-Preise[1] überginge. Hierbei würde sich ein Produktionsfondsabgabefaktor von 0,1 und ein Lohnfaktor von 1,22 ergeben. (Wie ersichtlich, kommen diese beiden Zahlen den in den Verrechnungsprinzipien 18.2 und 18.3 angegebenen Zahlen ziemlich nahe.) Als Endresultat gelangten sie zu 80 Preisindexen für je eine ausgedehnte Produktengruppe, ein »Durchschnittsprodukt« der einzelnen Sektoren. In der Tabelle 21.1 wurden die Preisindexe in Klassenintervalle eingeteilt.

Die Tabelle zeigt deutlich, welche tiefgehende Änderung die Anwendung des Preises vom Typ (16.1) hervorruft.

In der Tabelle 21.2 wird inhaltlich, nicht zahlenmäßig, zusammengefaßt, wie das im Teil IV beschriebene kalkulatorische Preissystem einerseits vom aktuellen Preissystem, andererseits von den offiziellen kalkulatorischen Bewertungen abweicht.

Welche Methoden und Anhaltspunkte waren für die Vermeidung der aktuellen Preise vorhanden?

Die eine Methode bestand darin, den Bedarf der inländischen nichtproduktiven Konsumtion als gegeben zu betrachten und das Volumen des hierfür notwendigen Ausstoßes in unseren Optimierungsmodellen vorzuschreiben. *Damit wurde im wesentlichen die unmittelbare Wirkung des aktuellen Konsumtionspreissystems auf die Auswahl ausgeschlossen, die im Rahmen des Optimierungsmodells vor sich geht.* Natürlich wirkt sich in der Praxis das Konsumtionspreissystem auf die Entscheidung der Konsumtion aus. Unsere Voraussetzung ist aber, daß die planenden Institutionen schon von vornherein die Wahl der Konsumtion berücksichtigen, wenn sie die Plandirektiven des Ausstoßes für die nichtproduktive Konsumtion festsetzen.

Bei der anderen Methode benutzten wir zur finanziellen Berücksichtigung, zur kalkulatorischen Quantifizierung der Aufwendungen folgende Angabenquellen:

1. Die makroökonomischen statistischen Angaben über den Zuwachs des Nationaleinkommens, der Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl sowie deren Zusammenhänge untereinander,
2. I-O-Tabellen,
3. spezielle Ermittlungen über den Investitionsbedarf der Zweige und Sektoren,
4. traditionelle »Realkostenberechnungen«; die Bestimmung des vollen Lohninhalts, Investitionsbedarfs und des Importinhalts durch Einzel-»Fortpflanzungen«,
5. auf staatlichen Außenhandelsangaben (sowie auf I-O-Tabellen) beruhende Berechnungen zur Bestimmung von Devisenkursen,
6. auf ausländischen Märkten erzielte tatsächliche Importeinkaufs- und Exportverkaufspreise.

Die Angabenquellen wurden auf mehrere Weisen kombiniert.

[1] Die »Zweikanal«-Preise werden so kalkuliert, als ob die Abgaben des Betriebes an den Staat nur über zwei »Kanäle«, Produktionsfondsabgabe und Arbeitskräftefondsabgabe, abgeführt würden.

TABELLE 21.2

Abweichungen des aktuellen Preissystems von den kalkulatorischen Bewertungen

Charakterisierung der Berücksichtigung der verschiedenen Preiselemente	Aktuelles Preissystem*	In den Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen angewandte offizielle kalkulatorische Bewertung**	In unseren langfristigen Optimierungen angewandte kalkulatorische Bewertung
Wird eine Produktionsfondsabgabe für die in den Betrieben vorhandenen Grundmittel angewandt? Wenn ja, mit einem wieviel prozentigen Faktor?	Nein. (Erst vor kurzem wurde eine effektiv zu zahlende Abgabe von 5 Prozent eingeführt, doch diese wird bei der Preisfestsetzung noch nicht berücksichtigt)	Ja, 20 Prozent	Ja, 8 Prozent
Wird der indirekte Produktionsfondsbedarf in Betracht gezogen? Wenn ja, in welcher Weise?	Nein	Ja, durch Multiplikation mit einem volkswirtschaftlich einheitlichen Faktor	Ja, in erster Linie mit Hilfe der I-0-Tabelle, in Abhängigkeit von der Aktivität
Ein wieviel prozentiger Zinsfuß wird von den in Anspruch genommen Umlaufmitteln berechnet?	3 Prozent	20 Prozent	8 Prozent
Werden die direkten Lohnkosten unter Anrechnung der Lohnsummensteuer im Verhältnis zu den tatsächlichen Lohnkosten gesteigert?	Ja	Ja	Ja
Wird mit den in der Zeit unveränderlichen Löhnen gerechnet?	Ja (Beim aktuellen Preissystem ist dies selbstverständlich)	Ja	Nein

Wie werden die inländischen Materialaufwendungen kalkuliert?	In der Preiskalkulation werden die aufgewandten Materialien zu aktuellen Produktionspreisen verrechnet	1. Der Materialaufwand wird womöglich zum Außenhandelspreis verrechnet, auch dann, wenn er im Inland produziert wird 2. Die doch in Ft verrechneten Materialaufwendungen werden zu aktuellen Produktionspreisen verrechnet	1. Ein Teil des Materialaufwands wird zu Außenhandelspreisen verrechnet, auch dann, wenn er im Inland produziert wird 2. Die in Ft verrechneten Materialkosten werden auf den vollen Lohninhalt, den vollen Importinhalt und den vollen Produktionsfondsbedarf zurückgeführt
Wird mit einheitlichen Devisenkursen gerechnet?	Nein, mit nach Produktengruppen verschiedenen Devisenkursen	Die Exporteinnahme und die Kosten des Materialimports werden zu einheitlichen kalkulatorischen Devisenkursen verrechnet. Die aus dem Import stammenden Investitionskosten werden mit den nach Produktengruppen verschiedenen Devisenkursen des aktuellen Preissystems berechnet	Es wird mit einheitlichem Devisenkurs gerechnet

* Detaillierte Informationen über das aktuelle ungarische Preissystem gibt *B. Csikós Nagy* in [25].
** Siehe das ungarische Investitionsgesetz [195].

21.2. Das zweckmäßige Verhältnis der kalkulatorischen zu den aktuellen Preisen

Bei der Vermeidung des aktuellen Preissystems waren und konnten wir auch nicht konsequent sein. Ein bedeutender Teil der makroökonomischen statistischen Angaben wird auf Grund von unveränderlichen Preisen berechnet, die aus dem aktuellen Preissystem zu einem festgesetzten Zeitpunkt gebildet wurden. Die I-O-Tabellen werden in Forint zusammengestellt usw. Die Verbindung zwischen unseren kalkulatorischen Bewertungen, unserem kalkulatorischen Preissystem und dem aktuellen Ausgangspreissystem ist nicht unterbrochen. Nur im Märchen gelang es dem Freiherrn von Münchhausen, sich am eigenen Zopf aus dem Sumpf zu ziehen. So sehr wir auch die verschiedenen Mängel des aktuellen Preissystems sehen, so sehr wir auch wissen, daß es die perspektivischen Planentscheidungen falsch orientieren kann, so läßt sich trotz allem die Anwendung des einen oder anderen Elementes des aktuellen Preissystems nicht vermeiden.

Hier ergeben sich zahlreiche Probleme von *prinzipieller* Bedeutung:

Ist es überhaupt möglich, das aktuelle Preissystem vollkommen zu umgehen?

Ist es vom Gesichtspunkt der *Perspektivplanung* gleichgültig, wie das aktuelle Preissystem beschaffen ist?

Wenn das aktuelle Preissystem besser wäre, würden die kalkulatorischen Preise nicht erforderlich sein?

Die Analyse des aktuellen Preissystems gehört nicht zum Thema unseres Buches, deshalb gehen wir nicht ausführlicher auf diese Fragen ein. Wir müssen aber kurz auf sie hinweisen, damit beim Leser am Ende des Teils über die kalkulatorischen Bewertungen keine falschen Vorstellungen zurückbleiben.

Die Hauptaufgabe des aktuellen Preissystems ist es, bei den *operativen, kurzfristigen* Entscheidungen zur Orientierung zu dienen. Das gilt sowohl für die zentrale Wirtschaftsleitung als auch für die Betriebe und die Konsumenten. Allgemein herrscht die Meinung vor, daß das gegenwärtige Preissystem seine Aufgabe nicht befriedigend erfüllt. Das aktuelle Preissystem kann jedoch durch *kein zur Begründung von Perspektiventscheidungen bestimmtes kalkulatorisches Preissystem ersetzt werden.*

Umstritten ist, wer die aktuellen Preise bestimmen soll und mit welchen Methoden. Sollen sie zentral festgesetzt oder soll ihre Bildung der Wirkung von Nachfrage und Angebot und der unmittelbaren Übereinkunft der Käufer und Verkäufer überlassen werden? Und wenn sie zentral bestimmt werden, soll das dann mit traditionellen oder mit mathematischen Methoden geschehen?

In diesem Buch wurde eingehend diskutiert, wie mit Hilfe von I-O-Tabellen kalkulatorische Preise gebildet werden können. Später wird sich ein besonderes Kapitel damit beschäftigten, wie man kalkulatorische Preise und Bewertungen aus den sogenannten Schattenpreisen der linearen Optimierungsmodelle erhalten kann. Diese Methoden werden aber nicht nur bei der Bildung von kalkulatorischen Preisen angewandt, sondern können auch als Hilfsmittel bei der Bildung

der aktuellen Preise dienen.[1] Einerseits kann man mit mathematischen Methoden einige grundlegende Bewertungen bestimmen: Produktionsfondsabgabefaktor, Lohnsteuer, Devisenkurse, Bodenrenten, Bergwerksrenten, wesentliche Zolltarife usw., vielleicht darüber hinaus noch einige durchschnittliche Preisindexe von entscheidenden Werkstoffen und Produktengruppen. Andererseits können mathematische Modelle zur Ermittlung der zu erwartenden Wirkung von Preisreformen und zur Verfolgung der indirekten Auswirkungen der Preisänderungen angewandt werden. Wir sind jedoch davon überzeugt, daß *ein komplettes, aus Millionen Preisen zusammengesetztes aktuelles Preissystem nicht mit Hilfe von elektronischen Rechenmaschinen erarbeitet werden kann.* Wir haben zwar bei der Verteilung der Produktionsfonds und der Investitionsquoten gesehen, daß wir bei einzelnen Zusammenhängen förmlich gezwungen sind, auf elektronischen Rechenmaschinen den »Markt« (in diesem Beispiel: den »Kapitalmarkt«) zu simulieren, »abzuspielen«, nur um zu entsprechenden Bewertungen zu gelangen. Das geschieht aber in einer äußerst aggregierten Form; Millionen Teilereignisse der tatsächlichen Wirtschaft, Millionen Produktions-, Umsatz- und Konsumtionsprozesse können nicht auf elektronischen Rechenmaschinen programmiert werden. Deshalb macht es die »Mathematisierung« der Preisberechnungen nicht überflüssig, die Marktfaktoren in bestimmten Grenzen bei der Preisbildung zu berücksichtigen.

Es ist also wünschenswert (und zugleich auch möglich), die aktuelle Preisbildung wesentlich zu verbessern. Doch auch das beste aktuelle Preissystem macht es nicht überflüssig, bei der *Perspektivplanung, bei weitgreifenden strukturellen Entscheidungen der Volkswirtschaft von den aktuellen Preisen abweichende kalkulatorische Preise anzuwenden.* Auch das beste aktuelle Preissystem ist immer an die gegebenen Umstände gebunden (an die vorhandene wirtschaftliche Struktur des Landes, an die damit zusammenhängende Außenhandelsstruktur, an den gerade gegebenen technischen Stand, an die Ersatzmöglichkeiten der zur Zeit bekannten Technologien, an den gegebenen Bedarf der Konsumenten usw.). Zur Perspektivplanung müssen jedoch kalkulatorische Preise benutzt werden, die dauerhaftere Tendenzen ausdrücken.

Zugleich ist zu beachten, daß *die Errechnung der zur Perspektivplanung erforderlichen kalkulatorischen Preise leichter und zuverlässiger sein würde, wenn wir bessere aktuelle Preise als Ausgangsbasis benutzen könnten.* Dann wäre es nicht erforderlich, sich krampfhaft zu bemühen, die aktuellen Preise so weit wie möglich zu umgehen. Wir könnten unsere Aufmerksamkeit, auf die Abschätzung

[1] In Ungarn werden auf diesem Gebiet bedeutende und in vieler Hinsicht schon erfolgreiche Forschungen durchgeführt. Die Hauptrichtung der Forschung hängt mit dem des öfteren erwähnten »Preismodell« zusammen: mit Hilfe von *I-O-Tabellen* wird die zu erwartende Wirkung einzelner Preisänderungen bzw. der umfassenden allgemeinen Preisreformen auf das Preissystem untersucht (siehe hierzu z. B. [42]).

Die andere Forschungsrichtung hängt mit der Anwendung der Schattenpreise des *linearen Optimierungsmodells* zusammen. (Siehe hierzu die Arbeiten [156] und [159] von *Gy. Simon* und *Gy. Kondor.*)

der zu erwartenden zeitweiligen Änderungen und auf die erforderliche Korrektur der aktuellen Preise beschränken.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die kalkulatorische Preisbildung mit mathematischen Methoden keineswegs die auf die Verbesserung des aktuellen Preissystems abzielenden Bemühungen entkräften darf. Im Gegenteil, gerade die hier zu erhoffenden Erfolge werden die gegenwärtig noch ziemlich primitiven Methoden der kalkulatorischen Preisbildung auf einen höheren Stand bringen.

V. TEIL

DIE VERBINDUNG DER VOLKSWIRTSCHAFTLICHEN MIT DER ZWEIGLICHEN OPTIMIERUNG

In Teil II des Buches wurde die industriezweigliche Optimierung behandelt. Die einzige hier bestehende Beziehung zwischen dem Volkswirtschaftsplan und dem zweiglichen Optimierungsmodell waren die zunächst konstanten Plandirektiven in Form der für die Zweige vorgeschriebenen Produktionsverpflichtungen und die Ressourcenquoten.

In Teil III und Teil IV gingen wir einen Schritt weiter. Dort wurde untersucht, wie die Zielfunktion der industriezweiglichen Modelle bestimmt werden soll, damit das langfristige Programm des Zweiges dem makroökonomischen Optimum genähert wird. Die Zielfunktion soll auf eine zweigliche Entscheidung orientieren, die sich harmonisch in die wünschenswerten, rationellen Proportionen, in das allgemeine Gleichgewicht der Volkswirtschaft einfügt. (Beispielsweise sollen ein kalkulatorischer Produktionsfondsabgabefaktor und ein kalkulatorischer Lohnfaktor angewendet werden, die auch im volkswirtschaftlichen Maßstab zur günstigen Kombination des Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl führen; ein Sicherheitsniveau ist einzuhalten, das die Wirksamkeit der geplanten Proportionen garantiert usw.) Wir bemühen uns, die Zielfunktion so zu bestimmen, daß sie die zweigliche Entscheidung den Interessen der Volkswirtschaft entsprechend »lenkt«.

Im jetzt folgenden Teil V wird weitergegangen. Hier wird die organische Beziehung zwischen der zweiglichen und der volkswirtschaftlichen Planung untersucht.

Die Beziehung wird zuerst auf einer einfachen Stufe dargestellt. Es wird gezeigt, welche Anhaltspunkte die zweigliche Optimierung für die von höheren Organen getroffenen strukturellen Entscheidungen geben kann, wie sie die im Volkswirtschaftsplan eventuell enthaltenen Gleichgewichtsstörungen und Widersprüche aufdeckt und wie sie zur Verbesserung einzelner Auflagen des Volkswirtschaftsplanes beitragen kann.

Danach wird eine höhere Stufe der Beziehung behandelt. Wir stellen das Modell der »Zweiebenenplanung« dar, das das mathematische Modell der zentralen und der zweiglichen Perspektivpläne zu einem zusammenhängenden System verbindet.

In den bisherigen Teilen des Buches wurden die aus dem Volkswirtschaftsplan übernommenen Angaben (z. B. die Produktionsauflagen, die Ressourcenquoten) als *konstante* Plandirektiven behandelt. Jetzt wird in bestimmten Berechnungen

ein Teil der aus dem Volkswirtschaftsplan übernommenen Angaben zu *Veränderlichen.* Die aus dem zentralen Plan übernommenen, als Veränderliche behandelten Angaben werden hier – zur Unterscheidung von den konstanten Plandirektiven – als **Richtwertzahlen** bezeichnet.

22. Die zentrale Richtwertzahl als Parameter

22.1. Praktische Beispiele aus den zweiglichen Untersuchungen

In den zweiglichen Modellen wurden von dem auf traditionelle Art erarbeiteten Volkswirtschaftsplan die einzelnen Produktionsverpflichtungen des Industriezweiges als Plandirektiven übernommen. Bei dem einen Modelltyp (Baumwollindustrie) schrieben diese die volle Produktion des Zweiges einschließlich des Exports vor [siehe die Formeln (5.1) bis (5.3)]; im anderen Modelltyp (Chemiefaserindustrie) wurde nur die für das Inland vorgesehene Produktion vorgegeben [siehe die Formeln (6.1) und (6.2)].

Niemand behauptete aber, auch nicht während der Berechnung, daß die Größe der Plandirektiven die einzige vorstellbare oder die optimale Größe sei. Vielmehr wurde während der Berechnung noch bei den übergeordneten Wirtschaftsorganen diskutiert, ob nicht u. a. die Auflagen dieser zwei Zweige für die perspektivische Planperiode (auf fünf bzw. fünfzehn Jahre) erhöht werden sollte. Erinnern wir uns in diesem Zusammenhang an Kapitel 1. Bei der Zusammenstellung des Perspektivplanes ist eigentlich *jede* Planzahl unbekannt und veränderlich. Die in dem Zweigmodell als Konstanten enthaltenen Plandirektiven gehören zu den Veränderlichen vom Typ x des Plangleichungssystems (1.7). Deshalb war es wichtig, zu untersuchen, wie sich das optimale Programm in Abhängigkeit von den Produktionsverpflichtungen ändert. Bei den zweiglichen Untersuchungen wurden zahlreiche derartige Berechnungen vorgenommen.

In der Baumwollindustrie war vor allem die Produktionsauflage des schmalen Stoffes umstritten. Sie wurde im Baumwollmodell mit v_1 bezeichnet. Mit Hilfe der parametrischen Optimierung haben wir die optimale Programmfunktion $\mathbf{x}^* = \mathbf{x}^*(v_1)$ bestimmt. Es handelte sich um eine Aufgabe der sogenannten dualen parametrischen Optimierung, d. h. um den Aufgabentyp, bei dem der Vektor der konstanten Schranken auf der rechten Seite der Einschränkungen von einem Parameter abhängt.[1]

Während der Berechnungen wurde vorausgesetzt, daß die Bruttoinvestitionsquote und die kapitalistische Devisenquote nicht vorgegeben seien und nur die Bautätigkeit beschränkt sei. Es war nicht erforderlich, das optimale Programm zu jedem möglichen Wert von v_1 zu bestimmen. Wir setzten voraus, daß die Produktionsverpflichtung keinesfalls niedriger sei, als was der im Optimierungssektor einbezogene gegenwärtige Maschinenpark ohne irgendeine Investition

[1] Siehe hierzu für den Fall der linearen Optimierung z. B. das Buch [43] von *S. Gass.*

leisten kann. Das sind rund 498 Milliarden Schüsse. Diese Leistung wurde als die untere Grenze des Parameters v_1 betrachtet.

Im Ergebnis der parametrischen Optimierung gelangten wir zu sechs qualitativen Identitätsbereichen, und damit zu sechs optimalen Programmstrukturen. Wir bezeichneten die die Programmstruktur kennzeichnenden Vektoren (die aus den im optimalen Programm mit positiven Veränderlichen gebildet werden) mit $\mathbf{j}^{(1)}, \ldots, \mathbf{j}^{(6)}$. Die Ergebnisse sind in Tabelle 22.1 dargestellt.

Die Tabelle faßt die qualitativen Ergebnisse der parametrischen Optimierung zusammen; wir erhielten jedoch darüber hinaus auch quantitative Resultate. Ein quantitatives Resultat kann auch schon aus der Tabelle abgelesen werden. Es gibt fünf charakteristische Werte (660, 848, 875, 888, 894 Milliarden Schüsse) der Produktionsverpflichtung. Außerdem kennen wir genau die quantitative Zusammensetzung des optimalen Programms innerhalb des qualitativen Identitätsbereiches. *Das optimale Programm ist aber jetzt keine Gesamtheit von konstanten Werten, sondern es kann nur als Funktion der Produktionsverpflichtung bestimmt werden.*

Innerhalb jedes Bereiches hat das optimale Programm einen konstanten, vom Parameter unabhängigen Teil und einen vom Parameter linear abhängigen Teil.

TABELLE 22.1

Parametrische Optimierung in der Baumwollindustrie in Abhängigkeit von den Produktionsaufgaben

Symbol der Programmstruktur	Grenzen der Produktionsverpflichtung (charakteristische Werte des Parameters) in Milliarden Schüssen	Behandlung der alten, schlechteren Webmaschinen	Behandlung der alten, besseren Webmaschinen
$\mathbf{j}^{(1)}$	498—660	Demontierung	Beschleunigung
$\mathbf{j}^{(2)}$	660—848	Demontierung	Beschleunigung
$\mathbf{j}^{(3)}$	848—875	Demontierung	Beschleunigung
$\mathbf{j}^{(4)}$	875—888	Demontierung	Beschleunigung
$\mathbf{j}^{(5)}$	888—894	Demontierung	Beschleunigung
$\mathbf{j}^{(6)}$	894	Demontierung	Demontierung

Demnach nimmt das optimale Programm folgende – hier in allgemeiner Form angegebene – Gestalt an.[1]

$$\mathbf{x}^* = \begin{cases} \mathbf{x}_1^{(1)} + (\lambda - \lambda_0)\,\mathbf{x}_2^{(1)}, & \text{wenn } \lambda_0 \leqq \lambda \leqq \lambda^{(1)} \\ \mathbf{x}_1^{(2)} + (\lambda - \lambda^{(1)})\,\mathbf{x}_2^{(2)}, & \text{wenn } \lambda^{(1)} \leqq \lambda \leqq \lambda^{(2)} \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \mathbf{x}_1^{(s+1)} + (\lambda - \lambda^{(s)})\,\mathbf{x}_2^{(s+1)}, & \text{wenn } \lambda^{(s)} \leqq \lambda\,. \end{cases} \tag{22.1}$$

Hierbei bedeutet

λ	den Parameter
λ_0	die festgelegte untere Grenze des Parameters
$\lambda^{(1)}, \lambda^{(2)}, \dots, \lambda^{(s)}$	die charakteristischen Werte des Parameters

[1] In der allgemeinen Formel wird hier für den Parameter des Einschränkungssystems keine obere Grenze vorgeschrieben.

Maschinentyp, der an Stelle der alten, schlechten Maschinen eingesetzt wird	Maschinentyp, der an Stelle der alten, besseren Maschinen eingesetzt wird	Ist eine Bautätigkeit erforderlich?	Maschinentyp, der im neuen Gebäude untergebracht wird
Schützenwechselautomat	–	Nein	–
Schützenwechselautomat	–	Ja	Schützenwechselautomat
Zum Teil Schützenwechselautomaten, zum Teil schützenlose Automaten	–	Ja	Schützenwechselautomat
Schützenloser Automat	–	Ja	Zum Teil Schützenwechselautomaten, zum Teil schützenlose Automaten
Schützenloser Automat	–	Ja	Schützenloser Automat
Schützenloser Automat	Schützenloser Automat	Ja	Schützenloser Automat

$\mathbf{x}_1^{(1)}, \mathbf{x}_1^{(2)}, \ldots, \mathbf{x}_1^{(s+1)}$ den vom Parameter nicht abhängigen Teil des optimalen Programms im ersten, zweiten, ..., $(s+1)$-ten Identitätsbereich

$\mathbf{x}_2^{(1)}, \mathbf{x}_2^{(2)}, \ldots, \mathbf{x}^{(s+1)}$ die Koeffizientenvektoren des vom Parameter abhängigen Teils des optimalen Programms im ersten, zweiten, ..., $(s+1)$-ten Identitätsbereich.

Auf Grund der Kenntnis der Funktion (22.1) des optimalen Programms kann *der optimale Zielfunktionswert als Funktion des Parameters* angegeben werden:

$$C^* = C^*(\lambda) = \begin{cases} C_1^{(1)} + (\lambda - \lambda_0)\, C_2^{(1)}, & \text{wenn} \quad \lambda_0 \leqq \lambda \leqq \lambda^{(1)} \\ C_1^{(2)} + (\lambda - \lambda^{(1)})\, C_2^{(2)}, & \text{wenn} \quad \lambda^{(1)} \leqq \lambda \leqq \lambda^{(2)} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ C_1^{(s+1)} + (\lambda - \lambda^{(s)})\, C_2^{(s+1)}, & \text{wenn} \quad \lambda^{(s)} \leqq \lambda, \end{cases} \tag{22.2}$$

wobei

$C_1^{(1)}, C_1^{(2)}, \ldots, C_1^{(s+1)}$ den vom Parameter unabhängigen Teil des Zielfunktionswertes des optimalen Programms im ersten, zweiten, ..., $(s+1)$-ten Bereich

$C_2^{(1)}, C_2^{(2)}, \ldots, C_2^{(s+1)}$ die Koeffizienten des vom Parameter abhängigen Teils des Zielfunktionswertes des optimalen Programms im ersten, zweiten, ..., $(s+1)$-ten Bereich bedeuten.

Ebenso können auch andere Kennzeichen des Programms (z. B. der Investitionsbedarf, der Devisenbedarf, die Beschäftigtenanzahl usw.) als Funktion des Parameters angegeben werden. So gilt beispielsweise für den Investitionsbedarf:

$$P^*(\lambda) = P_1^{(r)} + (\lambda - \lambda^{(r-1)})\, P_2^{(r)}, \quad \text{wenn} \quad \lambda^{(r-1)} \leqq \lambda \leqq \lambda^{(r)}, \tag{22.3}$$

wobei

$P_1^{(r)}$ der konstante Teil des Investitionsbedarfes des optimalen Programms im r-ten Bereich

$P_2^{(r)}$ der Koeffizient des vom Parameter abhängigen Teils des Investitionsbedarfes des optimalen Programms im r-ten Bereich ($r = 1, 2, \ldots, s+1$) ist.

Die Tabelle 22.2 stellt – auf Grund der vorherigen parametrischen Optimierung der Baumwollindustrie – die Zielfunktionswerte in Abhängigkeit von den Produktionsverpflichtungen dar. Das gleiche wird auch graphisch auf der Abbildung 22.1. veranschaulicht.

Die dargestellte Funktion ist – wie ersichtlich – eine stückweise lineare, *konvexe* Funktion. Nach der Ausschöpfung der billigeren Möglichkeiten ist man zur Inanspruchnahme der teureren Möglichkeiten gezwungen. Der Wert von $P_2^{(r)}$ in der Formel (22.3) ist der Anstieg der auf der Abbildung 22.1 dargestellten Funktion innerhalb des r-ten Identitätsbereiches. Der Koeffizient des vom Parameter abhängigen Teils der Zielfunktion ist also nichts anderes, als die Ableitung der Kosten inner-

halb des zugehörigen Identitätsbereiches. Sie gibt an, *wie hoch der Zuwachs der Kosten ist, wenn wir die Produktionsverpflichtung um eine Einheit steigern.* Hieraus geht hervor, daß *eine derartige parametrische Optimierung in der volkswirtschaftlichen Planung von großer Bedeutung sein kann.* Mit ihrer Hilfe erhalten wir langfristige Aufwandsfunktionen des Industriezweiges in Abhängigkeit vom Produktionsplan, von den Produktionsverpflichtungen (z. B. die langfristige Investitionskostenfunktion, die Funktion der Beschäftigtenanzahl, die Funktion des Devisenbedarfs usw.). Natürlich berechnen wir sämtliche Aufwandsfunktionen zu den für das Modell verwandten Preisen (zu aktuellen oder kalkulatorischen Preisen).

TABELLE 22.2

Der Zielfunktionswert in der Baumwollindustrie in Abhängigkeit von den Produktionsaufgaben

(Wert der Zielfunktion in Millionen Forint, charakteristische Werte des Parameters in Milliarden Schüssen)

Symbol der Programmstruktur	Der Wert der Zielfunktion*
$j^{(1)}$	$2872{,}6 + (\lambda - 498)\ 58{,}5$
$j^{(2)}$	$3822 + (\lambda - 660)\ 69{,}4$
$j^{(3)}$	$5128{,}2 + (\lambda - 848)\ 91{,}5$
$j^{(4)}$	$5372{,}2 + (\lambda - 875)\ 101{,}6$
$j^{(5)}$	$5505{,}7 + (\lambda - 888)\ 223{,}4$
$j^{(6)}$	5639

* Es ist zu beachten, daß die breiten und schußbunten Webstühle nicht in die Berechnung einbezogen wurden.

In der Chemiefaserindustrie haben wir wegen der Berechnungsschwierigkeiten, die durch die konkave Zielfunktion verursacht wurden, keine stetige parametrische Optimierung vorgenommen. Dafür haben wir die Aufgabe angenähert gelöst, indem wir dem Vektor $\mathbf{b}_i$ auf der rechten Seite der Einschränkungen drei numerische Werte gegeben haben. Diese Werte $\mathbf{b}_1$, $\mathbf{b}_2$ und $\mathbf{b}_3$ unterschieden sich durch die Größe der auf die inländischen Bedürfnisse bezogenen Auflagen (und durch die Größe der anderen Auflagen, die sinngemäß damit zusammenhängen) voneinander. Wir haben die Programmierung bei allen drei $\mathbf{b}_i$ Vektoren durchgeführt und aus dem Vergleich der Resultate die Schlußfolgerungen gezogen.

Auch bei der Optimierung der Baumwollindustrie wurden die Produktionsverpflichtungen als veränderliche Parameter auf diese Weise diskret behandelt. Hier wurde der aus dem traditionellen Plan übernommenen ursprünglichen Produktionsverpflichtung eine erhöhte Auflage gegenübergestellt, die den übergeordneten Organen in der Optimierungsperiode als neuer, modifizierter Vor-

schlag unterbreitet wurde. (Diese Berechnung unterschied sich in gewissen Ausgangsvoraussetzungen von der in der Tabelle 22.1 zusammengefaßten *stetigen* parametrischen Optimierung. So blieb z. B. jetzt die kapitalistische Devisenquote fest, früher aber nicht.)

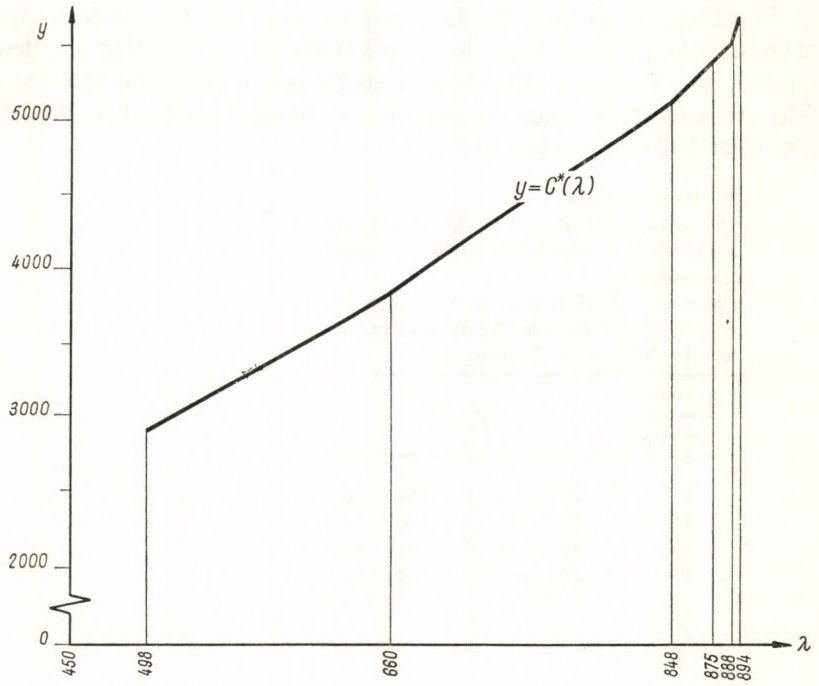


Abb. 22.1

Die Ergebnisse dieser Berechnung wurden in der Tabelle 22.3 zusammengefaßt.

Wie aus der Tabelle hervorgeht, ermöglicht es die Aufhebung der Schranken einzelner, bisher limitierter Ressourcen, daß die Gesamtkosten des Programms sich in geringerem Umfang erhöhen als die gesamte Produktion (ein 17,3%iger Kostenzuwachs steht einem 19,8%igen Produktionszuwachs gegenüber). Dabei werden auf Grund der Produktivitätssteigerung, obwohl das Produktionsvolumen steigt, Arbeitskräfte freigesetzt. Es besteht jedoch kein Zweifel, daß die Investitionskosten äußerst stark anwachsen.

Bisher wurde irgendeine Produktionsverpflichtung als Richtwertzahl betrachtet und als Parameter behandelt. Das optimale Programm kann natürlich auch von anderen Parametern abhängig sein. So kann eventuell auch die Untersuchung der Wirkung erforderlich sein, die sich aus der Modifizierung irgendeiner Aufwendung oder Ressource der beschränkenden Richtwertzahl ergibt.

TABELLE 22.3

Die Folgen der Planmodifizierung in der Baumwollindustrie

	Maßeinheit	Beim offiziellen Plan	Beim erhöhten Plan	Abweichung in Prozent
Produktion	Mill. Schuß	757 050	907 348	+ 19,8
Gesamtkosten (Wert der Zielfunktion)	Mill. Ft (diskontiert)	5 170	6 061	+ 17,3
Bruttoinvestitionen	Mill. Ft	555,3	1 676,9	+302
Baubedarf	m^2	1 000	8 223	+722
Freisetzung von Arbeitskräften	Personen	418	846	+103

Der Parameter kann auch hier entweder stetig oder diskret behandelt werden. Ein einfaches Beispiel für letzteres. Im Modell der Baumwollweberei wurde ursprünglich vorausgesetzt, daß kapitalistische Devisen nur in einer bestimmten Quote aufgewandt werden dürfen. Auf diese Art wurde das optimale Programm bestimmt. Danach wurde jener charakteristische Wert der kapitalistischen Devisenquote festgestellt, über den hinaus für das Programm keine kapitalistischen Devisen mehr beansprucht werden. Es stellte sich heraus, daß höchstens ein Devisenüberschuß von 48 Millionen Ft erforderlich sein würde. Wenn der Industriezweig diesen erhält, dann wird das optimale Programm modifiziert, dann kann der ganze Schußspulmaschinenpark ausgetauscht werden, während im ursprünglichen optimalen Programm nur ein teilweiser Austausch vorgesehen werden konnte. Dem zusätzlichen Devisenbedarf steht eine Einsparung gegenüber. Das neue, modifizierte optimale Programm vermindert die Gesamtkosten, den Wert der Zielfunktion der Optimierung, um 6,3 Prozent.

22.2. Ökonomische »Experimente«

Die Berechnung kann natürlich nicht allein entscheiden, ob es zweckmäßig ist, die Devisenquote zu erhöhen. Das hängt auch von sonstigen, hier nicht beachteten Faktoren (beispielsweise von der Zahlungsbilanz des Landes) ab. Ebenso kann auch nicht unmittelbar aus der in Abhängigkeit von den Produktionsverpflichtungen vorgenommenen parametrischen Optimierung auf die zweckmäßige Größe der Produktionsverpflichtung geschlossen werden.

Allgemein kann festgestellt werden, daß derartige Berechnungen nicht den Zweck verfolgen, die durch die Entscheidung der übergeordneten Organe festzusetzenden Richtwertzahlen zu optimieren. Das Ziel der Berechnungen ist begrenzter: *sie können für die Entscheidung des übergeordneten Organs dadurch Anhaltspunkte geben, daß sie — wie wir gesehen haben — die Konsequenzen der*

Modifizierung der Richtwertzahlen anzeigen. Auf diese Weise erschließen sie wesentliche Zusammenhänge. Die Baumwollindustrie kann nämlich den erhöhten Produktionsplan auf mehrere Weisen erreichen, so durch die Beschaffung von billigeren oder teureren Maschinen, mit weniger oder mehr Bautätigkeit usw. Unsere Berechnung gibt eine Antwort, welche Wege die Baumwollindustrie beschreiten sollte, um (unter den Voraussetzungen des gegebenen Modells) die Erhöhung des Planes in einer möglichst *rationellen* Weise zu erreichen und wie hoch die erforderlichen *minimalen* Mehrkosten zur Erfüllung der erhöhten Produktionsverpflichtung sind. Ebenso gibt die Berechnung eine Antwort darauf, wie hoch die erreichbare *maximale* Einsparung nach der Aufhebung der Devisenquote ist.

Im allgemeinen kann weiterhin festgestellt werden, daß wir mit unseren Empfindlichkeitsuntersuchungen in der Lage sind, nachzuweisen, *welche minimalen Mehrkosten bzw. maximalen Einsparungen infolge der Modifizierung der Richtwertzahl eintreten und was die Konsequenz der Modifizierung der Richtwertzahlen ist, wenn die Optimierungssphäre (unter den Voraussetzungen des gegebenen Modells) in optimaler Weise darauf reagiert.*

Wenn über die Erhöhung der Pläne, die Herabsetzung der Quoten und über ähnliche Probleme diskutiert wird, gibt es in der Regel auch ein Für und Wider an Argumenten. Diese sind jedoch oft nur von qualitativem Charakter oder erfassen, wenn sie auch quantitativer Art sind, nur die eine oder andere Konsequenz aus dem Gesamtkomplex der Wirkungen. Beispielsweise geben die Interessenten irgendeine vorteilhafte Wirkung an, um die höheren Organe von der Richtigkeit der Modifizierung zu überzeugen, wobei sie eventuell eine andere, weniger vorteilhafte Wirkung verschweigen.

Mit den Empfindlichkeitsuntersuchungen können die quantitativen Konsequenzen der Modifizierung der Richtwertzahlen nachgewiesen werden, und zwar nicht ausschließlich eine einzige Wirkung, sondern ein ganzes System von Konsequenzen.

Hier möchten wir nochmals auf das Kapitel 1, auf die Beschreibung der traditionellen Plankoordination verweisen. Die beschriebenen Empfindlichkeitsuntersuchungen können die Koordinierungsverhandlungen der Planer, d. h. die günstigste Abstimmung der Planzahlen innerhalb und außerhalb des Modells nicht ersetzen. Doch können sie eine äußerst wesentliche Hilfe bei der Koordinierung sein. Sie können dazu beitragen, daß die Koordinierung zielbewußter erfolgt und die Ungewißheit ausgeschlossen wird. Mit ihrer Hilfe erhalten die Planer einen klareren Überblick, um zu beurteilen, was es bedeutet, wenn irgendeine Planzahl »nachgelassen« und eine andere »angespannt« wird. Die exakte Gesamtanalyse der Zusammenhänge wird dadurch ermöglicht, daß unser Verfahren die dokumentierten und Hilfsplanzahlen und je eine zusammenhängende Gruppe von Plangleichungen in ein simultanes Gleichungssystem zusammenfaßt. Unter anderem kann bei aufmerksamer Beobachtung der Konsequenzen auch deshalb unser Verfahren zuverlässigere Informationen geben als die traditionelle Koordination, weil wir in unseren Optimierungsmodellen zahlreiche

Hilfsplanzahlen vom Typ y, bzw. Hilfs- oder nichtdokumentierte Plangleichungen zu Veränderlichen bzw. zu Einschränkungen des Optimierungsmodells machen, ihre Wirkung geht folglich nicht verloren wie bei der traditionellen Plankoordinierung.

Schließlich kann festgestellt werden, daß *die mit den Richtwertzahlen durchgeführten Empfindlichkeitsuntersuchungen der Wirtschaftsleitung Gelegenheit zum Experimentieren geben.* Es ist weit billiger, auf dem Papier derartige ökonomische Experimente vorzunehmen (wie sich die Erhöhung des Planes auswirkt usw.) als in der Wirklichkeit. Es ist besser, wenn bereits aus den Zahlen hervorgeht, ob eine Anweisung vorteilhaft oder nachteilig ist, als wenn die eventuellen Verluste tatsächlich bezahlt werden müssen.

Die Ökonomen betrachteten, ebenso wie die Vertreter der übrigen Gesellschaftswissenschaften, die Naturwissenschaftler, die *experimentieren* können, oft mit gewissem Neid. Der Naturwissenschaftler kann die Richtigkeit seiner Hypothesen in der Regel mit Hilfe von wiederholbaren Experimenten kontrollieren. Die Mathematik ist ein Mittel, mit dem wir – auch von diesem Gesichtspunkt aus – den Naturwissenschaften näher kommen können. Der Naturwissenschaftler ändert auf Grund durchdachter Prinzipien die Bedingungen der Experimente und beobachtet, wie der Gegenstand des Experimentes auf diese Änderungen reagiert. Etwas ähnliches ist es, wenn unser Programm in mehreren Varianten angefertigt wird. Das ist nichts anderes als eine ökonomische Experimentreihe. Auch wir ändern auf Grund durchdachter Prinzipien die Bedingungen des Experimentes (die Struktur des Modells, seine zahlenmäßigen Werte) und beobachten, wie der Gegenstand der Untersuchung, das optimale Programm darauf reagiert. Das Wesen des Experiments unterscheidet sich natürlich in vielem von den empirischen Experimenten der Naturwissenschaften. Wir experimentieren nur auf dem Papier, mit Hilfe von Zahlen. Man könnte auch sagen, es handelt sich hier um »Gedankenexperimente«. Jedoch besitzen beide Experimentreihen wichtige analoge Züge, so *die Beobachtung der Wirkung auf Grund der systematisch geänderten Bedingungen, die zahlenmäßige Messung der Wirkungen und nicht zuletzt die Möglichkeit der Wiederholung.*

22.3. Übersicht über die Empfindlichkeitsuntersuchungen bei den zweiglichen Optimierungen

Im nachfolgenden wird zusammenfassend ein Überblick gegeben, welche Experimentreihen, Empfindlichkeitsuntersuchungen im Rahmen der Optimierung der Baumwollindustrie und der Chemiefaserindustrie durchgeführt wurden. Das dient einerseits zur Illustration des ersten Abschnitts des Kapitels und zeigt, wie die zentrale Richtwertzahl sich in einzelnen Berechnungen als Parameter verhalten hatte. Zugleich werden die Empfindlichkeitsuntersuchungen veranschaulicht, die infolge der im III. und IV. Teil des Buches behandelten Unsicherheit (im Zusammenhang mit den technischen Angaben und Kostenangaben bzw. mit den kalkulatorischen Berechnungen) erforderlich wurden.

Bei der Optimierung der *Baumwollindustrie* gingen wir von einem »Grundmodell« aus, und wir nahmen mit diesem die erste Berechnung vor. Jede weitere Berechnung modifizierte dieses Modell nach folgenden Gesichtspunkten:

a) Im Grundmodell sind die Produktionsaufgaben des ursprünglichen offiziellen Planes dargestellt, die wir in den einzelnen Berechnungen erhöhten bzw. als Parameter behandelten.

TABELLE 22.4

Mit dem Modell der Baumwollindustrie durchgeführte Empfindlichkeitsuntersuchungen (Abweichungen vom Grundmodell)

Lfd. Nr. der Berechnung	Produktionsaufgabe	Ist die Bruttoinvestition und der kapitalistische Devisenaufwand beschränkt?	Produktionsfondsabgabefaktor	Wird mit dem Lohnniveau des Planjahres gerechnet?	Devisenkurs	Sonstige Charakteristiken
2					Offiziell	
3				Nein		
4			0,2			
5	Erhöht					
6	Erhöht	Nein			Offiziell	
7	Erhöht	Nein		Nein	Offiziell	
8	Erhöht	Nein		Nein		
9	Parameter	Nein				
10			Parameter			
11					Parameter	
12						Technische Charakteristiken einzelner Maschinen als Parameter
13						Kaufpreis einzelner Maschinen als Parameter
14						Bei Bildung der diskontierten Kostensumme beachtete Verrechnungszeit als Parameter

b) Im Grundmodell waren die Bruttoinvestitionsquote und die kapitalistische Devisenquote beschränkt. Die Beschränkung wurde in einzelnen Berechnungen aufgehoben.

c) Im Grundmodell wurde mit einem eigenen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktor gerechnet. In einzelnen Berechnungen wandten wir stattdessen den offiziellen Faktor von 0,2 an bzw. behandelten ihn als Parameter.

d) Im Grundmodell haben wir, entsprechend unserem Verrechnungsprinzip, mit dem zu erwartenden Lohnniveau des Planjahres gerechnet. In einzelnen Berechnungen hingegen gingen wir, gemäß den offiziellen Vorschriften von dem zur Zeit der Berechnung gültigen Lohnniveau aus.

e) Im Grundmodell wurde mit einem eigenen kalkulatorischen Devisenkurs gerechnet. In einzelnen Berechnungen legten wir stattdessen den offiziellen Devisenkurs zugrunde oder behandelten den Devisenkurs als Parameter.

f) Im Grundmodell wurde mit den festgelegten technischen Kennzahlen der Maschinen gerechnet. In einer Empfindlichkeitsuntersuchung behandelten wir einige technische Kennzahlen parametrisch.

g) Im Grundmodell haben wir mit den festgesetzten Preisen der neuen Maschinen gerechnet. In einer Empfindlichkeitsuntersuchung haben wir auch den Preis der neuen Maschinen parametrisch behandelt.

h) In einer Berechnung untersuchten wir, welche Wirkung auf das optimale Programm ausgeübt wird, wenn wir eine diskontierte Kostensumme minimieren und Verrechnungszeiten von unterschiedlicher Dauer zugrunde legen.

Eine Übersicht über die Berechnungen gibt die Tabelle 22.4.

Bei der Untersuchung in der Chemiefaserindustrie haben wir einen Teil der Berechnungen auf einen gegebenen Vektor $\mathbf{b}_1$ (den Vektor der rechten Seiten der Einschränkungen) bezogen. Einen großen Teil der Komponenten dieses Vektors entnahmen wir als Plandirektive aus dem mit traditionellen Methoden erarbeiteten ursprünglichen Plan.

Mit dem Vektor $\mathbf{b}_1$ nahmen wir insgesamt 9 verschiedene, voneinander sich im nachfolgenden unterscheidende Berechnungen vor:

a) In einzelnen Berechnungen haben wir statt der konkaven Zielfunktion (7.6) eine lineare Zielfunktion angewandt (siehe hierzu Abschnitt 7.5).

b) Bei einem Teil unserer Berechnungen haben wir kein Optimierungsmodell aufgestellt, sondern nur auf Grund angegebener Wirtschaftlichkeitskennziffern die Varianten der Rangordnung nach geordnet.

c) Bei einem Teil unserer Berechnungen haben wir den Dollarkurs als Parameter behandelt. Bei einzelnen Berechnungen hingegen wurde der auf Grund der im Kapitel 20 dargestellten Erwägungen festgelegte Kurs von 60 Ft/Dollar angewandt. Bei einer Berechnung wurde der bei den offiziellen Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen übliche Kurs von 45 Ft angewendet.

d) Die unsicheren, in der Form »von-bis« gegebenen Angaben wurden in drei Formen verwandt.

Bei einzelnen Berechnungen wurde mit dem Mittelwert des »von-bis«-Bereichs gerechnet.

Bei einzelnen Berechnungen rechneten wir mit der unteren bzw. oberen Grenze des »von-bis«-Bereiches.

Zum Schluß betrachteten wir bei einzelnen Berechnungen die unsicheren Angaben als zufällige Variable.

e) Durch das Einschränkungssystem wird der Export folgender Produkte nicht begrenzt:

Kaprolaktam
Phenol
Äthylenglykol
Dimethylteraphthalat
Akrylnitril

Bei einzelnen Berechnungen gestatteten wir den Export dieser Produkte, bei anderen Berechnungen wurde diese Möglichkeit ausgeschaltet.

f) Wir setzten im allgemeinen voraus, daß es nicht notwendig ist, bei der Organisierung der Herstellung von Polyester- und Polyakrylnitril-Stapelfasern vertikale Betriebe auszubauen, da das Dimethylteraphthalat bzw. das Akrylnitril unbe-

TABELLE 22.5

Mit dem Modell der Chemiefaserindustrie durchgeführte Empfindlichkeitsuntersuchungen

Lfd. Nr. der Berechnung	Welcher Vektor b?	Typ der Zielfunktion	Optimierung oder Rangordnung	Dollarkurs als Parameter oder festgelegt
1	b_1	Konkav	Optimierung	Festgelegt bei 60 Ft
2	b_1	Konkav	Optimierung	Parameter
3	b_1	Konkav	Optimierung	Festgelegt bei 60 Ft
4	b_1	Linear	Optimierung	Festgelegt bei 60 Ft
5	b_1	Linear	Optimierung	Festgelegt bei 60 Ft
6	b_1	Linear	Optimierung	Festgelegt bei 60 Ft
7	b_1	Konkav	Rangordnung	Festgelegt bei 60 Ft
8	b_1	Konkav	Optimierung	Festgelegt bei 60 Ft
9	b_1	Konkav	Rangordnung	Festgelegt bei 45 Ft
10	b_2	Konkav	Optimierung	Festgelegt bei 60 Ft
11	b_3	Konkav	Optimierung	Festgelegt bei 60 Ft

schränkt importiert werden kann. Bei einer speziellen Berechnung jedoch schalteten wir den Import dieser beiden Materialien aus, d. h. wir nahmen an, daß mit der Stapelfaserproduktion auch die Werkstoffproduktion gesichert sein muß.

g) Bei einer Berechnung haben wir den Import und die inländische Produktion der Akrylnitril-Kopolymer-Stapelfaser ausgeschaltet, da deren Gebrauchseigenschaften umstritten sind.

h) Im allgemeinen haben wir mit einem 8%igen Produktionsfondsabgabefaktor gerechnet. Bei einer Kontrollberechnung hingegen wurde von uns der für die offiziellen Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen vorgeschriebene 20%ige Faktor verwandt.

Neben den mit dem Vektor $\mathbf{b}_1$ durchgeführten Berechnungen haben wir weitere Berechnungen mit derartigen Modellen durchgeführt, in denen anstatt $\mathbf{b}_1$ der Vektor $\mathbf{b}_2$ bzw. $\mathbf{b}_3$ enthalten war. Diese unterschieden sich in erster Linie im Hinblick au die Auflagen für den Inlandsbedarf und in der Größe der Investitionsquote.

Die Kennzeichen der Berechnungen zeigt die Tabelle 22.5.

Anwendung der unsicheren Angaben	Unbeschränkter Materialexport	Import von Dimethyl-terephthalat und Akrylnitril	Produktion und Import des Akrylnitril-Kopolymers	Produktionsfonds abgabefaktor
Mittelwert	Unzulässig	Zulässig	Zulässig	8 Prozent
Mittelwert	Unzulässig	Zulässig	Zulässig	8 Prozent
Mittelwert	Zulässig	Zulässig	Zulässig	8 Prozent
Mittelwert	Unzulässig	Zulässig	Zulässig	8 Prozent
Mittelwert	Unzulässig	Unzulässig	Zulässig	8 Prozent
Mittelwert	Unzulässig	Zulässig	Unzulässig	8 Prozent
Obere und untere Grenze	Zulässig	Zulässig	Zulässig	8 Prozent
Zufällige Variable	Unzulässig	Zulässig	Zulässig	8 Prozent
Mittelwert	Zulässig	Zulässig	Zulässig	20 Prozent
Mittelwert	Unzulässig	Zulässig	Zulässig	8 Prozent
Mittelwert	Unzulässig	Zulässig	Zulässig	8 Prozent

23. Die Verbesserung des Volkswirtschaftsplanes

23.1. Konsistenzuntersuchungen

Die mit den Methoden von Kapitel 22 gewonnenen Informationen enthalten keine definitive Empfehlung für die übergeordneten Organe. Es wird nur festgestellt, mit welchen Konsequenzen die möglichen Entscheidungen verbunden sind. Jetzt gehen wir zur Darstellung solcher Berechnungen über, die weit darüber hinaus gehen und zu den einzelnen Auflagen des Volkswirtschaftsplanes *Stellung nehmen.*

Einen Typ dieser Berechnungen nennen wir Konsistenzuntersuchung. Ihre Aufgabe besteht darin, festzustellen, ob die verschiedenen Auflagen des Volkswirtschaftsplanes miteinander im Einklang stehen und ob eventuell Widersprüche vorhanden sind.

Mehrere Formen dieses Untersuchungstyps sind möglich; hier behandeln wir nur die mit mathematischen *Optimierungsmodellen* durchgeführten Konsistenzuntersuchungen.[1]

Mit einer elementaren Kontrollrechnung läßt sich feststellen, ob bei den gegebenen, aus dem mit traditionellen Methoden erarbeiteten Plan übernommenen Plandirektiven ein zulässiges Programm existiert, ob z. B. die vorgeschriebenen Produktionsforderungen mit Hilfe der zur Verfügung gestellten Ressourcen erfüllt werden können usw.

Bei unseren bisherigen Industriezweiguntersuchungen gelangten wir mit den übernommenen Plandirektiven zu einem zulässigen Programm, insofern bestand also zwischen ihnen kein Widerspruch.

Mit der angegebenen Kontrolle läßt sich feststellen, ob die zentral zur Verfügung gestellten Ressourcen für die zentral geforderte Produktion *ausreichen.* Mit einer anderen Kontrolle wird jedoch geprüft, ob diese Ressourcen tatsächlich in den ursprünglich vorgesehenen Mengen *erforderlich* sind. Die Zweigoptimierung gestattet es, den Überschuß der dem Industriezweig zentral zugewiesenen Ressourcen zu erschließen.

So ergab sich beispielsweise für die Baumwollindustrie, daß das optimale Programm eine geringere Bautätigkeit beanspruchte als der mit traditionellen Methoden erarbeitete Plan ursprünglich für den Industriezweig vorgesehen hatte (siehe Abschnitt 5.8).

[1] Im 3. Kapitel haben wir bereits die mit den *I-O-Tabellen* durchgeführten Konsistenzuntersuchungen behandelt.

23.2. Die Umverteilung der Ressourcen zwischen zwei Sektoren

Wenn wir bei der Optimierung in den verschiedenen Sektoren Zielfunktionen von gleichem ökonomischem Inhalt und von gleicher Struktur anwenden, können wir untersuchen, wann es sich lohnt, eine dem einen Sektor zugewiesene Ressource in einen anderen umzuverteilen.

Die Sektoren 1 und 2 (z. B. die zum gleichen Ministerium gehörende Chemiefaser- und die Aluminiumindustrie) seien gemeinsam untersucht. (Die Indizes der Symbole verweisen auf die Nummer des Sektors.) Wir nehmen an, daß in beiden Sektoren mit einer kostenminimierenden Zielfunktion von gleicher Struktur gearbeitet wird und daß die Optimierung bereits in beiden Sektoren durchgeführt wurde.

Das Problem der Umverteilung von Ressourcen ist trivial, wenn der eine Sektor eine bestimmte Ressource ausschöpft und der andere nicht. In diesem Fall lohnt es sich offensichtlich, den übriggebliebenen Teil dorthin umzusetzen, wo er noch beansprucht wird. (So wurde z. B. für das optimale Programm der Baumwollindustrie nicht die volle Bauquote benötigt; hier lohnt es sich, den übriggebliebenen Teil einem Sektor zuzuweisen, der ihn beansprucht.)

Was ist aber zu tun, wenn die optimalen Programme beider Sektoren die ursprünglich genehmigten Ressourcen voll in Anspruch nehmen? Angenommen, beide Sektoren hatten die Investitionsquote ausgeschöpft, und es sei zu untersuchen, *ob es sich lohnt, die Investitionsquote des einen Sektors zugunsten des anderen herabzusetzen, und wenn ja, in welchem Umfang die Umverteilung auszuführen ist.*

Es seien

C_1, C_2	der Wert der Zielfunktion des Sektors 1 bzw. 2
$\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2$	das Programm des Sektors 1 bzw. 2
$\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2$	die Koeffizientenmatrix der Einschränkungen des Sektors 1 bzw. 2 (ohne die Einschränkung der Investitionsquote)
$\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2$	die rechten Seiten der Einschränkungen des Sektors 1 bzw. 2 (auch hier ohne die Investitionsquote)
B	die Summe der Investitionsquoten, die den Sektoren 1 und 2 vor der Umgruppierung zugewiesen wurden
$\mathbf{a}'_{B1}, \mathbf{a}'_{B2}$	die spezifischen Investitionskosten, d. h. der Vektor der in der Investitionsquoteneinschränkung enthaltenen Koeffizienten im 1. bzw. 2. Sektor.

Dann kann die Aufgabe in einem linearen Optimierungsmodell folgendermaßen formuliert werden:

Das *gemeinsame* optimale Programm $(\mathbf{x}_1^*, \mathbf{x}_2^*)$ der Sektoren 1 und 2 ist zu bestimmen, das (außer den Nichtnegativitätsbedingungen) folgenden Bedingungen genügt:

$$\mathbf{A}_1 \mathbf{x}_1 = \mathbf{b}_1 \,, \tag{23.1}$$

$$\mathbf{A}_2 \mathbf{x}_2 = \mathbf{b}_2 \,, \tag{23.2}$$

$$\mathbf{a}'_{B1} \mathbf{x}_1 + \mathbf{a}'_{B2} \mathbf{x}_2 = B \,, \tag{23.3}$$

und für das die Summe der Kosten der beiden Sektoren minimal ist:

$$C_1(\mathbf{x}_1) + C_2(\mathbf{x}_2) \to \min! \tag{23.4}$$

Die beiden Optimierungsmodelle wurden vereinigt, indem das Einschränkungssystem getrennt beibehalten und nur eine gemeinsame Einschränkung für die gemeinsame Investitionsquote aufgestellt wurde.

Ist das vereinigte Modell nicht zu groß, so kann die Aufgabe (23.1) bis (23.4) auch direkt gelöst werden. Wenn aber die beiden Sektorenmodelle schon einzeln

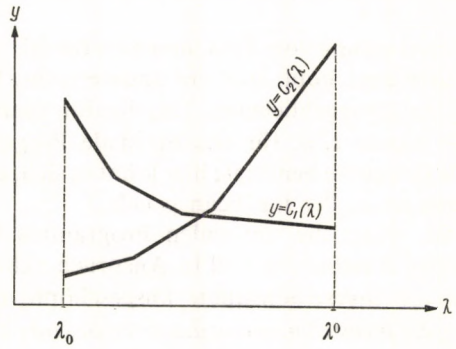


Abb. 23.1.

die rechentechnischen Möglichkeiten erschöpfen und die Lösung der vereinigten Aufgabe die vorhandene Rechenkapazität übersteigt, so können wir die Aufgabe folgendermaßen lösen:

Wir bezeichnen die nach der Umverteilung dem 1. Sektor zugeordnete Investitionsquote mit λ. Dann ist die dem 2. Sektor zugeordnete Investitionsquote $B - \lambda$.

In beiden Sektoren führen wir getrennt parametrische Optimierungen mit dem Parameter λ durch. Die untere bzw. obere Grenze dieses Parameters sei λ_0 bzw. λ^0. Die dem 1. Sektor zugewiesene Investitionsquote kann nicht kleiner als λ_0 sein, da dann der Sektor 1 nicht in der Lage ist, die eigenen Einschränkungen (z. B. die vorgeschriebene Produktion) zu erfüllen, sie kann aber auch nicht größer als λ^0 sein, da dann die dem Sektor 2 zugeordnete Quote $B - \lambda$ zu klein ist, um das eigene Einschränkungssystem zu befriedigen.

Die Zielfunktionswerte der zum Parameterwert λ gehörenden optimalen Programme $\mathbf{x}_1^*(\lambda)$ und $\mathbf{x}_2^*(\lambda)$, d. h. die Funktionen $C_1(\lambda)$ und $C_2(\lambda)$ sind, worauf bereits im Abschnitt 22.1 hingewiesen wurde, in einzelnen Intervallen linear und stetig. C_1 ist monoton abnehmend, C_2 monoton zunehmend. Alle beiden Funktionen sind konvex (siehe Abbildung 23.1).

Seien $\phi_1(\lambda)$ und $\phi_2(\lambda)$ die zugehörigen Differentialquotienten. Im Sinne des über die Funktionen $C_1(\lambda)$ und $C_2(\lambda)$ Gesagten sind diese intervallweise konstante,

monoton zunehmende Funktionen; ϕ_1 ist negativ, ϕ_2 positiv. Ihre Werte werden unmittelbar durch die duale parametrische Optimierung geliefert. ϕ_1 nennt man den Schattenpreis der dem Sektor 1 zugewiesenen Investitionsquote. Er drückt aus, wieviel Kosteneinsparung die Steigerung der Investitionsquote λ um eine Einheit im Sektor 1 ermöglicht. (Sinngemäß ergibt sich auch die ökonomische Interpretation von ϕ_2.)

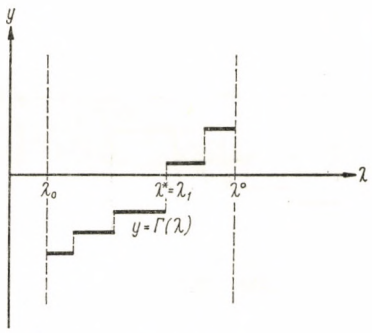


Abb. 23.2

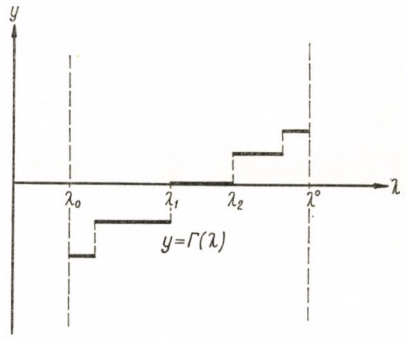


Abb. 23.3.

Unsere Aufgabe ist, einen derartigen Wert λ^* zu bestimmen, für den die Gesamtkosten $C_1(\lambda) + C_2(\lambda)$ minimal sind. $\phi_1(\lambda) + \phi_2(\lambda)$, der Differentialquotient von $C_1(\lambda) + C_2(\lambda)$ ist ebenfalls eine monoton zunehmende, intervallweise konstante Funktion. Bezeichnen wir diese mit $\Gamma(\lambda)$.

$$\Gamma(\lambda) = \phi_1(\lambda) + \phi_2(\lambda). \tag{23.5}$$

$\Gamma(\lambda)$ ist die Differenz der Schattenpreise der Investitionsquote, die im Verlaufe der parametrischen Optimierung in den zwei Sektoren erhalten werden (in Anbetracht dessen, daß im Sektor 1 der Schattenpreis der Investitionsquote λ ein negatives Vorzeichen, im Sektor 2 jedoch der Schattenpreis der Investitionsquote $B - \lambda$ ein positives Vorzeichen hat).

Es sei ferner $\Gamma^+(\lambda)$ bzw. $\Gamma^-(\lambda)$ der rechts- bzw. linksseitige Grenzwert der Funktion $\Gamma(\lambda)$ im Punkt λ. Zur Bestimmung der günstigsten Verteilung λ^* müssen verschiedene Fälle betrachtet werden.

1. $\Gamma^+(\lambda_0) < 0$, $\Gamma^-(\lambda^0) > 0$, d. h. die monoton zunehmende Stufenfunktion $\Gamma(\lambda)$ ist bei der unteren Grenze des in Frage kommenden Intervalls negativ, bei der oberen Grenze positiv. In diesem Fall gibt es zwei Möglichkeiten:

1a) In irgendeinem Punkt λ_1 $(\lambda_0 < \lambda_1 < \lambda^0)$ ist $\Gamma^-(\lambda_1) < 0$ und $\Gamma^+(\lambda_1) > 0$, d. h. die Funktion wechselt im Punkte λ_1 das Vorzeichen. Es ist sofort ersichtlich, daß in diesem Falle $\lambda^* = \lambda_1$, da die Gesamtkosten der beiden Sektoren, $C_1(\lambda) + C_2(\lambda)$ vom Punkte λ_1 nach links streng monoton abnehmen, nach rechts jedoch streng monoton zunehmen (siehe Abbildung 23.2).

1b) In irgendeinem Intervall $[\lambda_1, \lambda_2]$ mit $\lambda_0 < \lambda_1 < \lambda_2 < \lambda^0$ ist der Wert der Funktion $\Gamma(\lambda) = 0$. In diesem Fall ist jeder Punkt des Intervalls $[\lambda_1, \lambda_2]$ optimal, da in diesem Intervall $C_1(\lambda) + C_2(\lambda)$ konstant ist, links davon abnimmt, rechts davon jedoch zunimmt (siehe Abbildung 23.3).

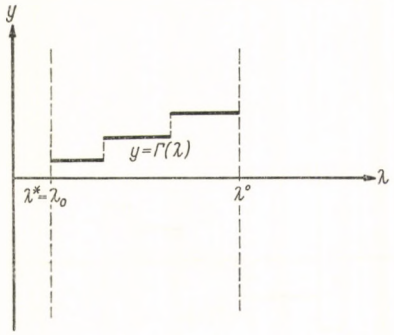


Abb. 23.4

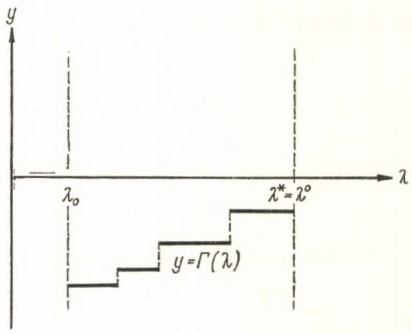


Abb. 23.5

2a) $\Gamma^+(\lambda_0) > 0$ oder 2b) $\Gamma^-(\lambda^0) < 0$. Im Falle 2a) ist $\lambda^* = \lambda_0$, im Falle 2b) ist jedoch $\lambda^* = \lambda^0$, da ja hierbei $C_1(\lambda) + C_2(\lambda)$ im ganzen Intervall streng monoton zunehmend oder abnehmend ist (siehe die Abbildungen 23.4 und 23.5).

3a) $\Gamma^+(\lambda_0) = 0$ oder 3b) $\Gamma^-(\lambda^0) = 0$. Hier ist jeder Wert in der Umgebung des entsprechenden Grenzpunktes [bis zum nächsten Knick von $C_1(\lambda) + C_2(\lambda)$] optimal (siehe die Abbildungen 23.6 und 23.7).

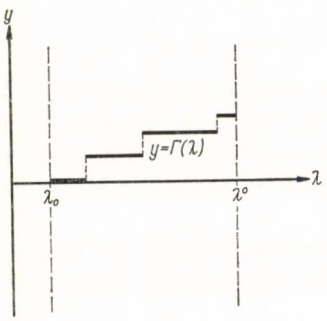


Abb. 23.6

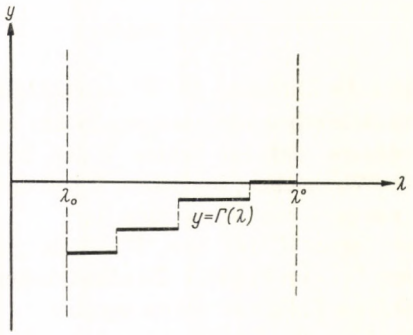


Abb. 23.7

Kehren wir zunächst zum Fall 1b) zurück. Die Investitionsquote wurde unter die beiden Sektoren derart verteilt, daß die Schattenpreise der den Sektoren zugewiesenen Quoten genau gleich sind. Die Ungleichheit der Schattenpreise vor dem Verfahren wurde durch *Umverteilung der Ressourcen aufgehoben, und am Ende wurden die Schattenpreise der Ressourcen in den beiden Sektoren einander gleich.*

Der Fall des Typs 1b) kommt nur ausnahmsweise vor. Auch im am meisten als typisch zu betrachtenden Fall 1a) können wir – in einem etwas erweiterten Sinne – von einer »Angleichung« der Schattenpreise sprechen. Bei der optimalen Verteilung λ^* besitzt entweder die dem Sektor 1 zugewiesene Investitionsquote λ, oder die dem Sektor 2 zugewiesene Investitionsquote $(B - \lambda)$ einen charakteristischen Wert. Nehmen wir letzteres an, d. h. die Stufenfunktion $\phi_2(\lambda)$ habe eine Sprungstelle bei λ^*. Im Falle 1a) ist (wenn man immer nur die absoluten Werte betrachtet[1]) der linksseitige Grenzwert $\phi_2^-(\lambda^*)$ vor der Sprungstelle kleiner als $\phi_1(\lambda^*)$, der rechtsseitige Grenzwert an der Sprungstelle $\phi_2^+(\lambda^*)$ jedoch größer als $\phi_1(\lambda^*)$. Dem zur Sprungstelle λ^* selbst gehörenden Schattenpreis kann jeder beliebige Wert zwischen $\phi_2^-(\lambda^*)$ und $\phi_2^+(\lambda^*)$ zugeteilt werden.

Da

$$\phi_2^- (\lambda^*) \leqq \phi_2 (\lambda^*) \leqq \phi_2^+ (\lambda^*) \tag{23.6}$$

und

$$|\phi_2^- (\lambda^*)| \leqq |\phi_1 (\lambda^*)| \leqq |\phi_2^+ (\lambda^*)|, \tag{23.7}$$

ist es möglich

$$|\phi_2 (\lambda^*)| = |\phi_1 (\lambda^*)| \tag{23.8}$$

zu setzen.

In diesem Sinne ist also auch hier das Ergebnis des Umgruppierungsverfahrens eine »Angleichung« der Schattenpreise.[2]

Zur Anwendung des beschriebenen Umverteilungsverfahrens ist es zumeist nicht erforderlich, die parametrische Optimierung vollständig durchzuführen. Von dem ursprünglich voneinander unabhängig festgelegten optimalen Programm der beiden Sektoren ausgehend, genügt es in der Regel, bis zum nächsten, zweiten oder dritten charakteristischen Wert vorzugehen, um die optimale Umverteilung der Ressourcen bestimmen zu können.

Der *Grundgedanke* unseres Verfahrens versteht sich von selbst: es lohnt sich nicht, im Sektor 1 eine volkswirtschaftliche Ressource aufzuwenden, die im Sektor 2 einen größeren Nutzen bringt oder mehr Kosten einspart. Das skizzierte Verfahren gibt Möglichkeiten zur Umverteilung der Ressourcen, und zwar mittels Anwendung der Ergebnisse der Sektorenoptimierung. Deshalb erreichen wir mehr, als wenn wir einfach irgendeine Ressource umverteilen würden.

Die Ressource wird nicht einfach zwischen zwei Sektoren, sondern zwischen den optimalen Programmen zweier Sektoren umverteilt. Von den beiden Teiloptima ausgehend streben wir das gemeinsame Optimum an.

Die Umverteilung wird derart vorgenommen, daß die sonstigen Einschränkungen des Modells eingehalten werden. So bleiben unter anderem die Ausstoß-

[1] Da die Vorzeichen von ϕ_1 und ϕ_2 voneinander abweichen (ϕ_1 ist der Schattenpreis von λ, ϕ_2 der von $B - \lambda$), müssen sinngemäß die Größen der absoluten Werte miteinander verglichen werden.

[2] Auf die als Ausnahme zu betrachtenden Fälle 2a, 2b, 3a und 3b gehen wir nicht weiter ein.

vorschriften in Kraft. Die Umverteilung verletzt also nicht die übrigen geplanten Proportionalitäten der Volkswirtschaft.

Aus der Änderung der Summe der Zielfunktionswerte der beiden Sektoren ergibt sich das zahlenmäßige Resultat der Umverteilung.

Aus all diesen Gründen kann das skizzierte Verfahren wichtige Anhaltspunkte für die Volkswirtschaftsplanung geben.

Gleichzeitig erkennen wir aber auch die Schranken des Verfahrens. Auch so ist das volkswirtschaftliche Optimum nicht bedingungslos gesichert. Die Umverteilung wird nämlich durch das Einschränkungssystem des Zweisektorenmodells determiniert. Das damit zusammenhängende Problem führt jedoch schon zum Thema des folgenden Kapitels.

Bisher wurde untersucht, *wie die Zweigoptimierung »zur Kritik« des Volkswirtschaftsplanes »von unten« angewandt werden kann.* Wie können auf Grund der Analyse *des Teils* (ein einzelner Sektor oder zwei miteinander verglichene Sektoren) Vorschläge zur Verbesserung *des Ganzen* (des Volkswirtschaftsplans) gemacht werden? Jetzt gehen wir weiter und ziehen auch die Planung auf volkswirtschaftlicher Ebene in den Kreis der Untersuchung.

24. Das volkswirtschaftliche Modell der »Zweiebenenplanung«[1]

Mitverfasser: TAMÁS LIPTÁK

24.1. Übersicht

Wie aus dem bisherigen Teil des Buches hervorgeht, wurden die mathematischen Methoden bei der Perspektivplanung in Ungarn in den vergangenen Jahren in zwei Richtungen angewandt. Die eine Richtung bestand in den langfristigen zweiglichen Optimierungen, für die in den Kapiteln 5 und 6 Beispiele gebracht wurden, die andere Richtung in der Anwendung der I-O-Tabellen bei der Perspektivplanung (siehe Kapitel 3). Die statischen Leontiefschen Modelle waren die ersten mathematischen Mittel, die in Ungarn bei der Erarbeitung von *makroökonomischen* Plänen angewandt wurden. Die I-O-Tabellen sind jedoch, wie allgemein bekannt, nicht für Optimierungen sondern nur zur Sicherung der Proportionalität zwischen den Zweigen geeignet.

Hieraus ergibt sich logischerweise der nächste Schritt. Es sind Verfahren auszuarbeiten, die die Optimierung der ganzen Volkswirtschaft ermöglichen. Das ist eine oft von den Planern der Praxis erhobene Forderung, und in der ungarischen Fachliteratur kann man auch entsprechende Vorschläge finden.[2] Bisher konnten aber die grundsätzlichen Schwierigkeiten bei der Lösung der Aufgabe nicht überwunden werden. Bei einem stark aggregierten Optimierungsmodell wird die Auswahlmöglichkeit stark eingeengt, und die hochgradige Aggregation, die übertriebene Vereinfachung gefährdet die Brauchbarkeit der Berechnungsresultate; bei einem Modell von großer Dimension jedoch – das frei von diesen Fehlern ist – ist auch bei Benutzung sehr leistungsfähiger elektronischer Rechenmaschinen die numerische Lösung der Aufgabe nicht gewährleistet.

In unserer Untersuchung bemühten wir uns, die grundsätzlichen Schwierigkeiten zu überbrücken. Auch wir strebten die Lösung durch die Zerlegung der umfangreichen Optimierungsaufgabe an. Diese Möglichkeit wurde schon öfter

[1] Das Modell der Zweiebenenplanung wurde im Rahmen eines umfangreichen Forschungsauftrages für das Landesplanungsamt erarbeitet. Ziel des Forschungsauftrages war die Untersuchung der praktisch anwendbaren mathematischen Methoden in der Volkswirtschaftsplanung unter den gegenwärtigen Bedingungen.

Der Ausgangspunkt der Untersuchung war die Studie von *J. Kornai* [74] über die Verbindung der zentralen und zweiglichen Optimierungen (1961). Das Wesen der Methode der Zweiebenenplanung wurde im Zusammenhang mit der makroökonomischen Planung zum ersten Mal in der Studie von *J. Kornai* und *T. Lipták* [80] dargestellt (1962). *T. Lipták* verallgemeinerte die Methode und stellte die Ergebnisse dieser Arbeit in [102] und [103] dar. Weitere Publikationen zu dieser Untersuchung sind: [81], [82].

[2] Siehe z. B. die Arbeit [156] von *Gy. Simon* und *Gy. Kondor*.

in der Literatur der makroökonomischen Planung erwogen.[1] Es sind auch mathematische Methoden zur Dekomposition linearer Optimierungen von spezieller Form bekannt.[2] Es schien uns aber lohnend zu sein, über die bekannten Verfahren hinaus nach anderen Wegen zu suchen.

Die Planungsaufgabe kann als eine vom Gesichtspunkt der gegebenen rechentechnischen Möglichkeiten sehr umfangreiche lineare Optimierungsaufgabe aufgefaßt werden. Diese nennen wir im folgenden volle zentrale Informationsaufgabe (abgekürzt: VZI-Aufgabe). Die VZI-Aufgabe ist in Teilaufgaben zerlegbar, die von den voneinander abgesonderten »Sektoren« gelöst werden können, und die von der »Zentrale« so koordiniert werden, daß sie die Schranken der VZI-Aufgabe (Ressourcen, Materialien, Arbeitskräfte usw.) auf die einzelnen Sektoren verteilt. Da nach unserer Methode die Planung abwechselnd auf zwei Ebenen – in der Zentrale und in den Sektoren – miteinander organisch verbunden, einander ständig ergänzend und korrigierend erfolgt, haben wir das Verfahren Zweiebenenplanung genannt.

In den im bisherigen Teil des Buches beschriebenen zweiglichen Optimierungsmodellen sind einzelne, aus dem mit traditionellen Methoden erarbeiteten Plan übernommene Plandirektiven wie Produktionsplanaufgaben, Ressourcenschranken usw. als Kostanten auf der rechten Seite der Einschränkungen enthalten. Diese Optimierungen legen den Gedanken nahe, die Resultate der zweiglichen Optimierungen miteinander zu vergleichen und sie zur Verbesserung der aus dem Volkswirtschaftsplan übernommenen Direktiven und Quoten auszunutzen. Das Ziel unseres Verfahrens besteht darin, dem Vergleich sowie den darauf beruhenden Plankorrekturen auf volkswirtschaftlicher Ebene eine organisierte Form zu geben und die auf zweiglicher Ebene durchgeführten Optimierungen organisch zu verbinden.

Unsere Untersuchungen hatten eine besondere Aktualität für die Praxis der ungarischen Volkswirtschaftsplanung. Wir gelangten aber zu Verfahren von allgemeinerer Gültigkeit, und es kam zur Ausarbeitung eines allgemeinen Modells. (Das Modell wird im Abschnitt H des Anhangs beschrieben.) Im Rahmen des allgemeinen Modells lassen sich einzelne Definitionen leichter angeben, und der Beweis der mathematischen Sätze ist einfacher. Auf Grund des allgemeinen Modells kann man Anhaltspunkte gewinnen, wie diese Methode – über die den Ausgangspunkt der Untersuchung bildende Volkswirtschaftsplanungsaufgabe hinaus – zur Lösung anderer allgemeiner linearer Optimierungsaufgaben angewendet werden kann.

[1] Wir verweisen auf die Arbeiten von *L. W. Kantorowitsch* [62], *R. Frisch* [40] und von *W. Trzeciakowski* [168].

[2] Siehe z. B. die Arbeiten von *G. B. Dantzig* und *P. Wolfe* [28], [29]. Professor *E. Malinvaud* entwickelte im Sommer 1963 auf der Konferenz der Internationalen Gesellschaft für Ökonomie zu Cambridge außerordentlich beachtenswerte Ideen über die partielle Dezentralisation der makroökonomischen Planungsaufgabe. Neben anderen Methoden wandte er das Dekompositionsverfahren nach Dantzig—Wolfe an (siehe [115]).

Im folgenden Kapitel wenden wir, auf die im Anhang H bewiesenen Sätze gestützt, konkret die Methode der Zweiebenenplanung auf die Aufgaben der volkswirtschaftlichen Perspektivplanung an.

Die Darstellung erfolgt folgendermaßen:

Im Kapitel 24 wird das Problem der Perspektivplanung mit Hilfe eines verhältnismäßig einfachen, schematischen Modells behandelt. Wir vereinfachen das Einschränkungssystem des Modells sowie die Handhabung der Investitionen aufs äußerste. Als Zielfunktion schreiben wir die Optimierung der Devisenbilanz des Landes vor, ohne das besonders ökonomisch zu begründen usw. Das geschieht, um die Grundgedanken der Zweiebenenplanung leichter verständlich zu machen. In den Kapiteln 25, 26 und 27 kehren wir dann zu den Problemen des im Kapitel 24 beschriebenen schematischen Modells zurück. Wir untersuchen dann näher die bisher nichtbeantworteten ökonomischen Fragen und lösen einige vereinfachende Voraussetzungen auf.

Die Darstellung beginnt im Abschnitt 24.2 mit einigen Grundgedanken der Methode. Abschnitt 24.3 enthält das zentrale Modell, die Abschnitte 24.4 und 24.5 das Sektorenmodell. In den Abschnitten 24.6 und 24.7 werden die Iterationsregeln angegeben und erläutert. Im Abschnitt 24.8 wird die spieltheoretische Interpretation der Aufgabe untersucht. Zum Schluß wird im Abschnitt 24.9 auf die Behandlung der Investitionen näher eingegangen.

24.2. Imitation des üblichen Ablaufs der Planung

Mit unserer Methode imitieren wir bis zu einem gewissen Grade den üblichen Ablauf der Planung. Das Landesplanungsamt erarbeitet auf Grund der wirtschaftspolitischen Anforderungen und der allgemeinen Kenntnisse der Zweige einen vorläufigen Planvorschlag, der umfassende Auflagen, Richtwertzahlen für die Zweige enthält. Die Zentrale verteilt vorläufig die zur Verfügung stehenden Ressourcen, Materialien, Arbeitskräfte usw. auf die Zweige und legt gleichzeitig ihre Produktionsaufgaben fest. Die Zweige »füllen« dann auf Grund ihrer konkreten Bedingungen mit ihren eigenen detaillierten Berechnungen den Rahmen »aus«, sie konkretisieren die zentralen Auflagen. Sie schlagen dem Planungsamt jedoch auch Änderungen vor. Im wirtschaftlichen Leben nennt man dies einen »Planrücklauf«. Auf Grund des Planrücklaufs ändert das Landesplanungsamt seine ursprünglichen Auflagen und sendet diese erneut an die Zweige (siehe die im Abschnitt 1.4 beschriebene Plankoordinierung). Unsere Methode soll den Prozeß der »Hin- und Zurückplanung« mit objektiven Kriterien unterstützen.

Unser Verfahren imitiert die übliche Planungspraxis auch von einem anderen Gesichtspunkt aus. Es geschieht regelmäßig, daß die Zentrale den Zweigen gewisse Aufgaben auferlegt und um die Mitteilung bittet, mit welcher wirtschaftlichen Effektivität diese Aufgabe gelöst werden kann. Die Zweige drücken die Effektivität ihrer Tätigkeit mit Hilfe von verschiedenen »Wirtschaftlichkeitskennziffern« aus, deren Struktur von der Zentrale vorgeschrieben ist (siehe Kapitel 2). Unsere

Methode bringt die »Rückmeldung« in ein einheitliches System: die Zweige melden der Zentrale in jedem Schritt des Verfahrens einheitliche Wirtschaftlichkeitskennziffern – die durch die Optimierung erzielten Schattenpreise – zur Bewertung der erhaltenen Aufgaben zurück.

24.3. Das zentrale Modell[1]

Die Planung wird von der Zentrale – praktisch vom Landesplanungsamt – geleitet. Es gibt insgesamt n Sektoren. Je ein Sektor ist für je eine Produktengruppe verantwortlich; im folgenden wird der Kürze halber von Produkt statt von Produktengruppe gesprochen. Zur Tätigkeit des Sektors gehört neben der inländischen Produktion des jeweiligen Produktes und der zur Produktion erforderlichen Investition auch der Export und der Import dieses Produktes. (Beispielsweise kann als ein derartiger Sektor die im Kapitel 6 dargestellte Optimierungssphäre des Modells der Chemiefaserindustrie aufgefaßt werden, welche die mit den Chemiefasern und die mit den zu ihrer Produktion erforderlichen Zwischenprodukten zusammenhängenden Produktions-, Investitions-, Import- und Exportaktivitäten umfaßte.) Wir erarbeiten einen Perspektivplan für eine Planperiode, die insgesamt aus T Zeitabschnitten besteht.

Wir wollen mit Hilfe unseres Modells nicht alle Auflagen des Volkswirtschaftsplanes bestimmen. Unser Ausgangspunkt ist ein schon erarbeiteter (mit »traditionellen«, nicht mathematischen Methoden bestimmter, mit der I-O-Tabelle kontrollierter) Volkswirtschaftsplan. Aus ihm werden bestimmte Auflagen als Konstanten in unser Optimierungsmodell übernommen. Diese werden Plandirektiven genannt.

Die Zentrale gibt den Sektoren drei Richtwertzahlen:[2]

1. Die Zentrale beauftragt den i-ten Sektor, im t-ten Zeitabschnitt eine gewisse Menge von Produkten für den inländischen Bedarf zu liefern. Diese bezeichnen wir

[1] Während wir bei dem im Anhang H dargestellten allgemeinen Modell von der VZI Aufgabe ausgehen, beschreiben wir bei der Darstellung des konkreten Modells sofort die aus der VZI-Aufgabe gewonnene Zweiebenenaufgabe. Bei der Gestaltung der Menge der zulässigen zentralen Programme wurden sowohl das Kriterium (H. 17), als auch die vereinfachenden Bemerkungen (H. 21) bis (H. 27) berücksichtigt. Die einzelnen Komponenten des zentralen Programms und der Sektorenprogramme werden unter Berücksichtigung ihrer ökonomischen Beschaffenheit mit verschiedenen Buchstaben bezeichnet, auch ihre Vorzeichen wurden im Hinblick auf eine möglichst einfache Schreibweise ausgewählt.

Der Leser kann an Hand des Anhangs H kontrollieren, daß das dargestellte konkrete makroökonomische Planungsmodell ein *Spezialfall* des im Anhang beschriebenen *allgemeinen* Modells ist, daß die ihm entsprechende VZI-Aufgabe lösbar ist und daß das zugehörige polyedrische Spiel regulär ist.

[2] Die verwendeten Begriffe stehen mit der im Buch bisher angewandten Terminologie im Einklang. Die Definition der Plandirektive siehe Kapitel 4, die Definition der Richtwertzahl siehe Einleitung zu Teil V. Die Plandirektive ist eine aus dem zentralen Plan als Konstante übernommene Zahl; eine Richtwertzahl ist jedoch eine als *Variable* behandelte Auflage des zentralen Planes.

mit v_{it} $(i = 1, 2, \ldots, n;\ t = 1, 2, \ldots, T)$ und nennen sie Versorgungsaufgabe. Die Zentrale schreibt nicht vor, ob der Sektor die erwünschte Menge aus der inländischen Produktion oder aus dem Import zu befriedigen hat; dies wird dann durch das Sektorprogramm bestimmt. Ebenfalls muß im Sektorprogramm entschieden werden, ob der Sektor über die Befriedigung des inländischen Bedarfes hinaus noch exportieren soll.

2. Die Zentrale stellt dem i-ten Sektor vom j-ten Produkt eine festgesetzte Menge für den t-ten Zeitabschnitt zur Verfügung. Diese wird mit z_{ijt} $(i = 1, 2, \ldots, n;\ j = 1, 2, \ldots, n;\ j \neq i;\ t = 1, 2, \ldots, T)$ bezeichnet und Materialquote genannt. Die Materialquote enthält das j-te Material sowohl aus inländischer Produktion als auch aus dem Import.

3. Die Zentrale stellt dem i-ten Sektor für den t-ten Zeitabschnitt eine festgesetzte Beschäftigtenanzahl zur Verfügung. Dies wird mit w_{it} bezeichnet und Arbeitskraftquote genannt.

Die Richtwertzahlen sind die Veränderlichen des zentralen Programms. Die im Einschränkungssystem des zentralen Programms enthaltenen Konstanten sind Plandirektiven. Es handelt sich um drei Arten von Größen:

1. d_{it} ist der im t-ten Zeitabschnitt vom i-ten Produkt erforderliche externe Verbrauch. Dieser umfaßt den individuellen und gesellschaftlichen Verbrauch einschließlich der unproduktiven Investitionen, beeinhaltet aber weder den Export noch (von gewissen Ausnahmen abgesehen) die produktiven Investitionen. (Auf die Ausnahmefälle kommen wir noch zurück.)

2. V_{it} ist die obere Schranke der Versorgungsaufgabe im t-ten Zeitabschnitt. Die obere Schranke besitzt keine selbständige ökonomische Bedeutung. Ihre Aufnahme ins Modell erfolgt nicht aus ökonomischen, sondern aus mathematisch-rechentechnischen Erwägungen. Ihre zahlenmäßige Größe ist nicht schwer zu bestimmen; es ist leicht, eine Menge anzugeben, die von der erforderlichen Produktenmasse zur Befriedigung des inländischen Bedarfs sicher nicht überschritten wird. (Es ist zweckmäßig, sie nicht übertrieben groß anzusetzen, da dies die Berechnung verlangsamen würde.)

3. W_t ist die in der Volkswirtschaft zur produktiven Arbeit zur Verfügung stehende Arbeitskraftquote im t-ten Zeitabschnitt.

Wir bezeichnen diejenigen zentralen Programme $(v_{it}, z_{jit}, w_{it})$ als zulässig, für die folgendes gilt:

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} z_{jit} + d_{it} = v_{it} \leqq V_{it}, \qquad i = 1, \ldots, n;\ t = 1, \ldots, T, \tag{24.1}$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_{it} = W_t, \qquad T = 1, \ldots, T, \tag{24.2}$$

$$v_{it} \geqq 0,\ z_{jit} \geqq 0,\ w_{it} \geqq 0,\ i = 1, \ldots, n;$$
$$j = 1, \ldots, n;\ j \neq i;\ t = 1, \ldots, T. \tag{24.3}$$

24.4. Das primale Sektorenmodell

Die im Optimierungsmodell des i-ten Sektors enthaltenen Veränderlichen lassen sich nach ihrer ökonomischen Beschaffenheit in mehrere Gruppen einteilen:

1. Produktionsaktivitäten. Darunter verstehen wir die unveränderte weitere Ausnutzung der Kapazitäten, die das i-te Produkt ausstoßen und die bereits zu Beginn der Planperiode bestehen. (Im Chemiefaserindustriemodell waren z. B. die Zellwollproduktion im alten Betrieb oder die Zellophanproduktion im alten Betrieb solche Aktivitäten. Auf Grund ihrer technischen Merkmale (z. B. rückständiger oder entwickelter Betrieb) lassen sich mehrere derartige Aktivitäten in das Modell einbauen. Das geplante Volumen der k-ten Produktionsaktivität des i-ten Sektors für den t-ten Zeitabschnitt[1] wird mit x_{ikt} bezeichnet ($x_{ikt} \geqq 0$, $k = \text{repr}^2$, $t = 1, \ldots, T$).

2. Investitionsaktivitäten. Zu dieser Begriffskategorie wird sowohl die Schaffung einer neuen Kapazität als auch die diese neue Kapazität ausnutzende Produktion gerechnet. Auf Grund technischer oder wirtschaftlicher Merkmale (z. B. angewandte Technologie, importierte oder inländische Maschinen usw.) können mehrere *Typen* von Investitionsaktivitäten ins Modell einbezogen werden. Außerdem kann man innerhalb eines gegebenen Typs von Investitionsaktivitäten (z. B. die Errichtung und Inbetriebnahme eines bestimmten Betriebes) mehrere Investitionsaktivitäten unterscheiden, je nachdem in *welchem Zeitabschnitt* die Investition *beginnt*. Jeder derartigen Variante entspricht dann eine besondere Investitionsaktivität. Das Volumen der k-ten Investitionsaktivität im i-ten Sektor[3] wird mit x_{ik} bezeichnet ($x_{ik} \geqq 0$, $k = \text{inv}$).

3. Exportaktivitäten. Auf Grund wirtschaftlicher Merkmale (z. B. Märkte, Länder usw.) können mehrere Exportaktivitäten im Modell dargestellt werden. Das Volumen der im t-ten Zeitabschnitt abgewickelten k-ten Exportaktivität in bezug auf das i-te Produkt wird mit x_{ikt} bezeichnet ($x_{ikt} \geqq 0, k = \text{exp}$, $t = 1, \ldots, T$).

[1] Hier und auch bei den anderen Variablen (mit Ausnahme der Investitionsaktivitäten) ist die Maßeinheit des Volumens eine zur Messung der Produktenmenge geeignete Naturaleinheit pro Zeitabschnitt oder aber Ft pro Zeitabschnitt. Es muß die gleiche Maßeinheit sein, mit der man das i-te Produkt in der entsprechenden zentralen Produktbilanz (24.1) mißt.

[2] Weder hier noch bei den anderen Gruppen der Sektorenvariablen wird die Zahl der Variablen angegeben, statt dessen verweisen wir mit der hinter den laufenden Index k gesetzten Abkürzung auf den Charakter der betreffenden Aktivität. Beispielsweise $k = \text{repr}$, $k = \text{inv}$ usw.

[3] Da eine Investitionsaktivität sich nach dem hier Gesagten nicht auf einen einzelnen Zeitabschnitt sondern auf die den ganzen Investitionsablauf in der vollen Planperiode bezieht, so unterscheidet sich das Volumen x_{ik} von den anderen Variablen dadurch, daß es keinen laufenden Index t enthält. Dementsprechend messen wir das Volumen einer Investitionsaktivität durch die in Naturaleinheit oder in Ft angegebene Menge des Produktes, das von der errichteten und schon mit voller Kapazität arbeitenden Anlage während einer Planperiode hergestellt wurde. Die Maßeinheit des Produktes ist mit der in der zentralen Produktbilanz (24.1) angewandten Maßeinheit identisch.

4. Eingeschränkte Importaktivitäten. Zu dieser Gruppe gehören nur die kompetitiven, d. h. die Importaktivitäten, welche die zur Gruppe 1 und 2 gehörenden inländischen Produktionsaktivitäten ersetzen können, und von ihnen nur jene, deren Volumen durch irgendeinen äußeren Marktfaktor eingeschränkt wird. Auf Grund wirtschaftlicher Merkmale (z. B. Märkte usw.) können mehrere solche Aktivitäten im Modell enthalten sein. Das Volumen der k-ten eingeschränkten Importaktivität, die das i-te Produkt im t-ten Zeitabschnitt importiert, wird mit x_{ikt} bezeichnet ($x_{ikt} \geqq 0$, $k = \text{imp}$, $t = 1, \ldots, T$).

5. Freie Importaktivitäten. Es handelt sich um solche Importaktivitäten, die ähnlich wie die Importaktivitäten von Gruppe 4 die inländische Produktion ersetzen können, d. h., auch sie besitzen einen kompetitiven Charakter, doch ihr Volumen wird weder durch äußere Marktfaktoren, noch durch sonstige Gegebenheiten eingeschränkt. In einzelnen Sektoren ist eine freie Importaktivität eine reale Möglichkeit. In anderen Sektoren gibt es in Wirklichkeit keine freie, unbeschränkte Importaktivität, trotzdem wird dieser Variablentyp als fiktive, künstliche Veränderliche eingeführt. Unsere Methode erfordert die Einführung einer unbeschränkten Importveränderlichen in jedem Sektorenmodell; das Optimierungsverfahren verdrängt jedoch diese Veränderlichen automatisch aus dem Programm. Der freie Import ist die 0-te Aktivität des Sektorenmodells. Das Volumen des freien Imports im i-ten Sektor und im t-ten Zeitabschnitt wird mit x_{iot} bezeichnet ($x_{iot} \geqq 0$, $t = 1, \ldots, T$).

Die für das i-te Sektorprogramm vorgeschriebenen Einschränkungen können — von den Nichtnegativitätsbedingungen abgesehen — in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden. Die eine Hauptgruppe dieser die Einhaltung der zentralen Richtwertzahlen garantierenden Einschränkungen treffen in dieser Form für alle Sektoren zu. Die erste Gruppe der Einschränkungen dieser Hauptgruppe lautet:

$$v_{it} \leqq \sum_{\substack{k=\text{repr,exp,} \\ \text{imp,0}}} f_{ikt}\, x_{ikt} + \sum_{k=\text{inv}} f_{ikt}\, x_{ik} \leqq V_{it}, \qquad t = 1, \ldots, T. \tag{24.4}$$

Für die in den Einschränkungen enthaltenen Outputkoeffizienten f_{ikt} der verschiedenen Sektoraktivitäten gilt folgendes:

1. Bei einer Produktionsaktivität ist $f_{ikt} = 1$.

2. Bei den Investitionsaktivitäten ist $f_{ikt} \geqq 0$ und für mindestens ein t ist $_{ikt} = 1$. Als Ergebnis einer Einheit der Investitionsaktivität entsteht irgendwann, spätestens jedoch im letzten Zeitabschnitt eine Kapazitätseinheit, die während eines Zeitabschnitts eine Einheit des i-ten Produktes herstellen kann. Die vorhergehende Produktion hängt davon ab, wann die Investition beginnt und nach welcher Anlaufzeit der normale Betrieb einsetzt. Wir nehmen an, daß für die k-te Investitionsaktivität der festgelegte zeitliche Ablauf des Produktionsausstoßes (und, wie wir sehen werden, der Aufwendungen) charakteristisch ist.[1] Wir nehmen

[1] Sei z. B. $i = 3$ die Nummer des Sektorenmodells der Chemieindustrie und bezeichne die 17. Variable den Bau eines bestimmten neuen Chemiebetriebs, für den die Investition

ferner an, daß die infolge der Investition entstandenen Kapazitäten nach dem Anlauf ständig voll ausgenutzt werden. Wenn daher f_{ikt} für irgendein t gleich 1 ist, dann bleibt es für den $(t + 1)$-ten, $(t + 2)$-ten usw. Zeitabschnitt ebenfalls 1. Die Gruppe der Investitionsaktivitäten unterscheidet sich also in dieser Hinsicht von den reproduzierenden Aktivitäten, da wir bei letzteren nicht angenommen haben, daß die vorhandenen alten Kapazitäten notwendigerweise ausgenutzt werden müssen.

3. Bei den Exportaktivitäten ist $f_{ikt} = -1$.

4. und 5. Bei den eingeschränkten Importaktivitäten sowie bei freiem Import ist $f_{ikt} = 1$.

Die Gruppe der Einschränkungen der ersten Hauptgruppe lautet:

$$\sum_{\substack{k=\text{repr,exp,}\\ \text{imp, 0}}} g_{ijkt}\, x_{ikt} + \sum_{k=\text{inv}} g_{ijkt}\, x_{ik} \leqq z_{ijt}\,, \tag{24.5}$$

$$j = 1, \ldots, n;\ j \neq i;\ t = 1, \ldots, T.$$

Für die Materialinputkoeffizienten g_{ijkt} der verschiedenen Sektoraktivitäten gilt folgendes:

1. Bei den Produktionsaktivitäten ist $g_{ijkt} \geqq 0$. Je nach dem technologischen Charakter der Produktion ist das j-te Material erforderlich oder nicht notwendig. Der Materialbedarf umfaßt das Material für Generalreparaturen und für Ersatz- und Erneuerungsvorhaben, die zur laufenden Inbetriebhaltung, d. h. sowohl zur Aufrechterhaltung der alten Kapazität als auch zu ihrer einfachen Reproduktion erforderlich sind.

2. Bei den Investitionsaktivitäten ist $g_{ijkt} \geqq 0$. Das umfaßt in den Jahren der Errichtung der neuen Kapazität die durch die Investition beanspruchten Produkte (z. B. Maschinen); in den Jahren der Produktion dagegen die erforderlichen Produkte sowohl zur laufenden Produktion als auch zur Erhaltung und zum Ersatz der schon errichteten Kapazität. Ähnlich wie beim Produktenausstoß nehmen wir auch hier an, daß für die k-te Investitionsaktivität ein festgelegter zeitlicher Ablauf der Materialbedürfnisse charakteristisch ist.

3., 4. und 5. Bei sämtlichen Außenhandelsaktivitäten ist $g_{ijkt} = 0$.

Die dritte Gruppe der Einschränkungen der ersten Hauptgruppe lautet:

$$\sum_{\substack{k=\text{repr, exp}\\ \text{imp, 0}}} h_{ikt}\, x_{ikt} + \sum_{k=\text{inv}} h_{ikt}\, x_{ik} \leqq w_{it}, \qquad t = 1, \ldots, T \tag{24.6}$$

---

im 2. Zeitabschnitt beginnt, der im 3. Zeitabschnitt 60 Prozent der endgültigen Kapazität erreicht und im 4. Zeitabschnitt schon mit voller Kapazität produziert. In diesem Fall ist $f_{3,17,1} = 0$, $f_{3,17,2} = 0$, $f_{3,17,3} = 0{,}6$, $f_{3,17,4} = 1$, $f_{3,17,5} = 1$. Dagegen sind für die technologisch gleiche, doch um einen Zeitabschnitt später beginnende 18. Variable die Koeffizienten: $f_{3,18,1} = f_{3,18,2} = f_{3,18,3} = 0$, $f_{3,18,4} = 0{,}6$ und $f_{3,18,5} = 1$. Diese Berücksichtigung der Investitionen ähnelt der Methode, mit der *R. Frisch* die verschiedenen »Kanäle« (channels) der Investitionsaktivitäten behandelt. Siehe [40].

Für die Beschäftigtenanzahlkoeffizienten h_{ikt} der verschiedenen Aktivitäten gilt folgendes:

1. Bei den Produktionsaktivitäten ist $h_{ikt} > 0$, da ohne Arbeitskräfte nicht produziert werden kann.

2. Bei den Investitionsaktivitäten ist $h_{ikt} \geqq 0$. Vor dem Beginn der Produktion ist der Koeffizient 0, danach positiv; seine zahlenmäßige Größe besitzt einen charakteristischen zeitlichen Ablauf.

3., 4. und 5. Bei den Außenhandelsaktivitäten ist $h_{ikt} = 0$.

Die zweite Hauptgruppe der die Einhaltung der zentralen Richtwertzahlen garantierenden Einschränkungen besteht aus speziellen Einschränkungen die für die besonderen Umstände des Sektors charakterisiert sind. Die reproduzierenden Aktivitäten werden z. B. durch die vorhandene Kapazität beschränkt. [Das besagen z. B. die Einschränkungen (6.8) und (6.9) des Chemiefasermodells.] Einige Investitionsaktivitäten können beschränkt sein, z. B. die Rekonstruktion der gegenwärtigen Betriebe. [Siehe z. B. die Einschränkung (6.7) des Chemiefasermodells.] In einzelnen Sektoren wird die inländische Produktion durch natürliche Bedingungen beschränkt. Einzelnen Export- und Importaktivitäten werden durch Marktfaktoren Grenzen gesetzt. [Das gilt z. B. für die Einschränkung (6.3) des Chemiefasermodells.] Die speziellen Einschränkungen können in der folgenden allgemeinen Form angegeben werden:[1]

$$\sum_{t=1}^{T} \sum_{\substack{k=\text{repr,exp,}\\ \text{imp,0}}} a^0_{ilkt}\, x_{ikt} + \sum_{k=\text{inv}} a^0_{ilk}\, x_{ik} \leqq b^0_{il}\,, \qquad l = \text{spez}\,. \tag{24.7}$$

Die Zielsetzung der Optimierung des i-ten Sektors besteht in der Maximierung der Sektorzielfunktion:

$$\sum_{t=1}^{T} \sum_{\substack{k=\text{repr exp,}\\ \text{imp,0}}} s_{ikt}\, x_{ikt} + \sum_{k=\text{inv}} s_{ik}\, x_{ik} \longrightarrow \max! \tag{24.8}$$

Hier ist s_{ikt} bzw. s_{ik} der Devisenertrag der entsprechenden Aktivität. Hierfür gilt bei den verschiedenen Aktivitäten folgendes:

1. und 2. Der Devisenertrag ist bei den Produktions- und Investitionsaktivitäten im allgemeinen 0. Eine Ausnahme bilden die durch inländische Produktion nicht ersetzbaren, nichtkompetitiven Import beanspruchenden produktiven und Investitionsaktivitäten. Die Kosten des nichtkompetitiven Imports werden als negativer Devisenertrag verrechnet. (Der Devisenertrag bei den Investitionsaktivitäten umfaßt natürlich sämtliche während der ganzen Planperiode entstandenen nichtkompetitiven Importkosten.)

3. Der Devisenertrag einer Exportaktivität ist positiv.

[1] Die Abkürzung l = spez. drückt aus, daß in 24.7 sämtliche speziellen Einschränkungen aufgeführt sind.
Bei den freien Importvariablen ist $a^0_{il0t} = 0$.

4. und 5. Der Devisenertrag der Importaktivitäten ist negativ. Der bloß als fiktive Veränderliche eingeführte freie Import wird mit einem äußerst hohen negativen Devisenertrag belastet. Vom Ertrag der Außenhandelsaktivitäten nehmen wir noch an, daß

$$\max_{k=\text{exp}} s_{ikt} \leqq \min_{k=\text{imp},0} (-s_{ikt}), \qquad t = 1, \ldots, T \tag{24.9}$$

gilt.

Im volkswirtschaftlichen Maßstab betrachten wir ein zentrales Programm als optimal, wenn in ihm die Summe der maximalen Sektorenzielfunktionswerte maximal ist.

24.5. Das duale Sektorenmodell

Im dualen Modell der i-ten primalen Sektorenaufgabe (24.4) bis (24.8) mit dem zentralen Programm (Richtwertzahlen v_{it}, z_{ijt}, w_{it}) sei v_{it} der Schattenpreis der Versorgungsaufgabe v_{it}, ζ_{it} der Schattenpreis der Materialquote z_{ijt}, ω_{it} der Schattenpreis der Arbeitskraftquote w_{it}. Es bedeutet κ_{it} den Schattenpreis der oberen Schranke der i-ten Versorgungsaufgabe V_{it}, σ_{il} den Schattenpreis der in der l-ten speziellen Einschränkung enthaltenen Schranke b^0_{il}. Dann nimmt mit dem Sektorenschattenpreissystem (v_{it}, ζ_{ijt}, ω_{it}, π_{it}, σ_{il}) als dualer Veränderlichen die i-te duale Sektorenaufgabe die folgende Form an:[1]

$$f_{ikt}(\varkappa_{it} - v_{it}) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} g_{ijkt}\zeta_{ijt} + h_{ikt}\omega_{it} + \sum_{l=\text{spez.}} a^0_{ilkt}\sigma_{il} \geqq s_{ikt}, \tag{24.10}$$

$$k = \text{repr, exp, imp, } 0; \quad t = 1,\ldots,T.$$

$$f_{ikt}(\varkappa_{it} - v_{it}) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} g_{ijkt}\zeta_{ijt} + h_{ikt}\omega_{it} + \sum_{l=\text{spez.}} a^0_{ilk}\sigma_{il} \geqq s_{ik},$$

$$k = \text{inv}; t = 1,\ldots,T. \tag{24.11}$$

$$v_{it} \geqq 0, \zeta_{ijt} \geqq 0, \omega_{it} \geqq 0, \varkappa_{it} \geqq 0, \sigma_{il} \geqq 0, \tag{24.12}$$

$$j = 1,\ldots,n, \; j \neq i; \; t = 1,\ldots,T; \; l = \text{spez}.$$

$$\sum_{t=1}^{T}\left(V_{it}\varkappa_{it} - v_{it}v_{it} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} z_{ijt}\zeta_{ijt} + w_{it}\omega_{it}\right) + \sum_{l=\text{spez.}} b^0_{il}\sigma_{il} \longrightarrow \min! \tag{24.13}$$

Was ist in unserem Fall der ökonomische Inhalt der Schattenpreise?

1. Der Schattenpreis der Versorgungsaufgabe drückt aus, um wieviel der Devisenertrag des i-ten Sektors ansteigen würde, wenn sich die Versorgungs-

[1] Zur dualen Aufgabe der linearen Optimierung siehe z. B. die Bücher [63] von *S. Karlin*, [43] von *S. Gass* oder [90] von *B. Krekó*.

aufgabe des Sektors um eine Einheit vermindert, während alle anderen Schranken des Sektorenmodells unverändert bleiben.[1] Er läßt sich als »Angebotspreis« des *i*-ten Produktes auffassen.

2. Der Schattenpreis der Materialquote drückt aus, um wieviel der Devisenertrag des *i*-ten Sektors ansteigen würde, wenn die für den Sektor zugewiesene Quote des *j*-ten Materials um eine Einheit zunimmt, während die anderen Schranken des Sektorenmodells unverändert bleiben. Er kann als »Nachfragepreis« des *j*-ten Produktes aufgefaßt werden.

3. Der Schattenpreis der Arbeitskräftequote drückt aus, um wieviel der Devisenertrag des *i*-ten Sektors ansteigen würde, wenn die Arbeitskräftequote des Sektors bei unveränderten anderen Schranken um eine Einheit zunimmt. Er kann als kalkulatorischer »Arbeitslohn« betrachtet werden.

Ein Teil der übrigen Schattenpreise besitzt auch eine plausible ökonomische Interpretation; z. B. können wir den Schattenpreis der oberen Schranken des Exports und Imports als »Zoll«, die oberen Schranken der vorhandenen produktiven Kapazitäten als »Gebrauchsgebühr«, die Schranken der natürlichen Ressourcen als »Renten« betrachten usw.

Jetzt können wir eine ökonomische Interpretation der dualen Aufgabe angeben.

Eine bekannte Eigenschaft der mit Hilfe der dualen Optimierung erhaltenen Schattenpreise ist, daß der zum optimalen Programm der primären Aufgabe gehörende optimale Zielfunktionswert den Schranken voll zugerechnet wird. In unserem Fall ist also das Minimum der auf Grund von Schattenpreisen der Schranken erfolgenden Bewertung genau gleich dem Maximum des Ertrages der Aktivitäten.

Nehmen wir für einen Augenblick folgendes an: Das übergeordnete Organ gibt dem Sektor die Ressourcen wirklich zu dem »Preis«, der gleich dem Schattenpreis ist, den der Sektor zurückmeldet und fordert gleichzeitig von ihm, keinen Verlust zu machen. Wenn der Sektor »schöngefärbt«, das heißt, einen allzu hohen Schattenpreis zurückgemeldet hatte (z. B. behauptet hatte, daß die Erhöhung der Arbeitskräftequote einen größeren Mehrertrag garantiert, als er nach dem optimalen Programm in Wirklichkeit erzielen kann), dann wird der Sektor einen Verlust erleiden. Die Minimierung der Bewertung der Schranken als Optimierungsforderung des Modells drückt also aus, daß eine *Überbewertung* der Modifizierung der Schranken in den Einschränkungen und der Auswirkung dieser Modifizierung auf die Zielfunktion zu vermeiden ist.

Diese Forderung der Zielfunktion wird durch eine im Einschränkungssystem der dualen Aufgabe ausgedrückte Forderung ergänzt, die eigentlich als die bekannte »non-profit condition« betrachtet werden kann. Nehmen wir beispielsweise eine solche produktive Aktivität, die mit keinen nichtkompetitiven Importkosten

[1] Streng genommen drückt hier und auch bei den anderen Schranken der Schattenpreis nicht die Gewinnänderung aus, die sich aus einer Änderung der Schranke um eine Einheit ergibt, sondern nur die Gewinnänderung bei einer äußerst geringen Änderung der Schranke. Nur der leichteren Verständlichkeit halber sprechen wir von der anschaulicheren Änderung um eine Einheit.

belastet ist, für die also $s_{ikt} = 0$ gilt. Die Bedingung (24.10) bedeutet hier: die Kosten der Produktion (zu Schattenpreisen bewertet) vermindert um die Einnahme aus dem Ausstoß zur Erfüllung der Versorgungsaufgabe (gleichfalls zu Schattenpreisen bewertet) darf nicht negativ sein; das heißt, diese Aktivität des Sektors kann keinen Ertrag bringen.

Die Minimierung der zu Schattenpreisen erfolgenden Bewertung der Schranken in der dualen Aufgabe, sowie die Non-Profit-Bedingungen drücken aus: der Sektor ist vorsichtig, verantwortungsvoll maßhaltend bei der Schätzung der zu erwartenden Konsequenzen der Aktivitäten.

24.6. Der Ablauf der Optimierung

Zuerst stellen wir kurz den Ablauf der Optimierung dar, danach werden die Regeln des Verfahrens auch in mathematischer Form angegeben.

Die Optimierung beginnt damit, daß die Zentrale Wirtschaftsleitung den Sektoren die Versorgungsaufgabe, die Quoten für Material und Arbeitskräfte vorschreibt.

Eine weitere Optimierung wäre nicht erforderlich, wenn die zentralen Richtwertzahlen mit Sicherheit am günstigsten bestimmt worden wären. Doch das ist nicht sicher. Die zentrale Wirtschaftsleitung wünscht auch, daß die richtige Verteilung der Versorgungsaufgaben und der Quoten für Material bzw. Arbeitskräfte kontrolliert wird. Deshalb verlangt sie von den Sektoren Mitteilungen darüber, mit welcher Wirksamkeit sie die von der zentralen Wirtschaftsleitung erhaltenen Materialien und Arbeitskräfte ausnutzen können.

Zum Zwecke dieser Mitteilung lösen die Sektoren eine duale Aufgabe. Sie bestimmen die Schattenpreise der zentralen Richtwertzahlen (sowie die Schattenpreise der Schranken in den eigenen speziellen Einschränkungen) und melden diese der Zentrale. Die Mitteilung ist sozusagen ein Spiegelbild, eine »Bewertung« des ursprünglichen zentralen Programms. Nehmen wir an, es stellt sich heraus, daß der Schattenpreis der Arbeitskräftequote im Sektor 1 gleich 100 ist, während er im Sektor 2 dagegen nur 50 ist. Dann muß offenbar die Arbeitskräftequote des Sektors 2 zugunsten des Sektors 1 vermindert werden. Weiterhin könnte sich herausstellen, daß der Schattenpreis der Quote des Elektroenergieverbrauchs im Sektor 3 gleich 60, im Sektor 9 dagegen nur 20 beträgt, dann würde es sich lohnen, einen Teil des Stromes aus dem Sektor 9 in den Sektor 3 umzuverteilen.

Auf Grund der Umverteilung wird ein neues zentrales Programm erarbeitet. Die Sektoren erhalten neue zentrale Richtwertzahlen. Die Sektoren stellen wieder die Schattenpreise der neuen zentralen Richtwertzahlen fest. Unter Berücksichtigung dieser Schattenpreise korrigiert die Zentrale erneut das zentrale Programm, gibt wiederum dem Sektor modifizierte zentrale Richtwertzahlen vor und so fort. Das Verfahren besteht aus zahlreichen Schritten. Jeder Schritt besteht aus einer zentralen Programmkorrektur und aus einer zweiglichen dualen Optimierung, das heißt aus einer Schattenpreisbestimmung.

Während des *Iterationsverfahrens*, das wir später eingehend behandeln, fließen Informationsströme in zwei Richtungen; einerseits neue und immer wieder neue zentrale Vorschriften von der Zentrale zu den Sektoren und andererseits neue und immer wieder neue Schattenpreise von den Sektoren zur Zentrale. Deshalb haben wir unser Verfahren als *Zweiebenenplanung* bezeichnet. Mit der in der Kybernetik üblichen Bezeichnung stellt unser Modell ein Regelungssystem mit »negativer Rückkopplung« dar. Das auf Grund der Optimierung der Sektoren erhaltene Schattenpreissystem ist die Rückkopplung, die die von der Zentrale zu den Sektoren gehenden Anweisungen ständig korrigiert.

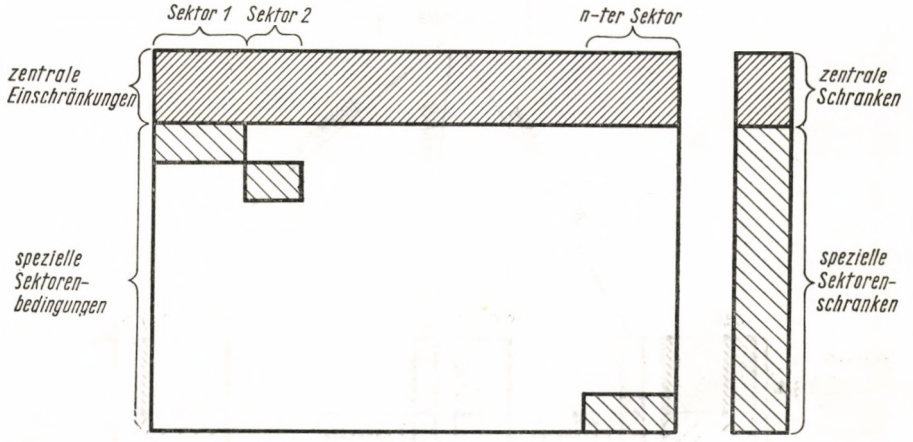


Abb. 24.1

Im Anhang H wird bewiesen, daß das Verfahren *konvergent* ist; das Optimum kann mit beliebiger Genauigkeit bestimmt werden.

Bei jedem Schritt kann angegeben werden, um wieviel der Zielfunktionswert des jeweiligen Programms höchstens vom optimalen Zielfunktionswert abweicht. Das heißt, welche maximale Einsparung die Fortsetzung des Optimierungsverfahrens noch erbringen kann. Wenn die maximal mögliche Einsparung nicht mehr allzu groß ist, dann kann der Prozeß beendet werden. Es kann auch von vornherein bestimmt werden, wie weit das Resultat an das Optimum angenähert werden soll. Wenn der Zielfunktionswert höchstens um δ vom Wert des Optimums abweicht, so ist es nicht notwendig die Berechnung fortzusetzen; das Programm kann als quasi-optimal, δ-optimal bezeichnet werden.

Unserer Ansicht nach ist das für praktische Zwecke ausreichend, und es ist nicht notwendig, die Extremalaufgabe in mathematischem Sinne genau zu lösen, d. h. das exakte Optimum zu erreichen.[1]

[1] Dabei ist zu berücksichtigen, daß ein bedeutender Teil der Ausgangsdaten mehr oder weniger ungenau ist (siehe Teil III des Buches). Schon deshalb ist es nicht zweckmäßig, »um jeden Preis« eine exakte Lösung erhalten zu wollen.

Bevor wir den Berechnungsverlauf detailliert beschreiben, versuchen wir auch, das Zweiebenenplanungsmodell graphisch zu veranschaulichen. Auf der Abbildung 24.1 wird eine VZI-Aufgabe vor der Zerlegung dargestellt. Das große Rechteck ist die Matrix der Einschränkungskoeffizienten. Die weiß gebliebene Fläche zeigt jene Blöcke an, in denen ausschließlich Nullen enthalten sind. Der oben quer übergreifende Streifen stellt die zentralen Einschränkungen dar, die diagonal darunter liegenden Blöcke enthalten die Koeffizienten der speziellen Sektorenbedingungen. Ebenso ist die den Schrankenvektor repräsentierende rechte Spalte gegliedert.

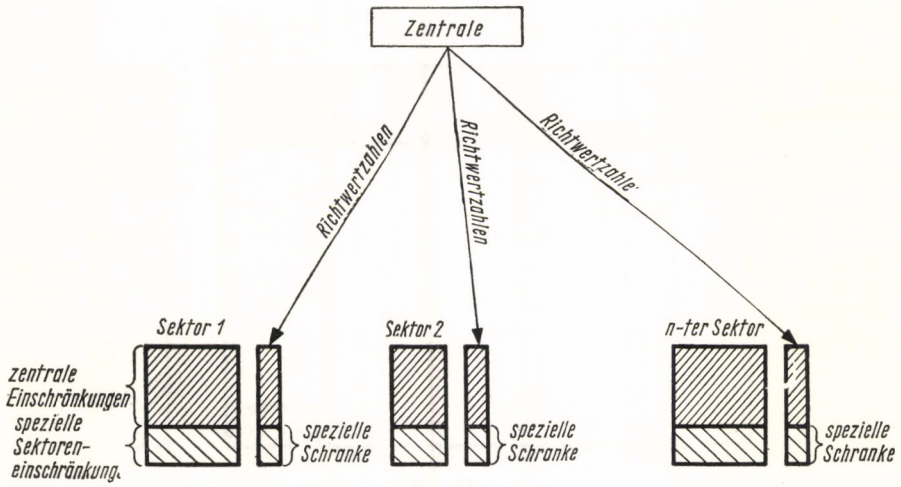


Abb. 24.2

Auf der Abbildung 24.2 wird veranschaulicht, wie wir die Aufgabe bei der Zweiebenenplanung zerlegen. Die großen **O**-Blöcke fallen weg. Der untere, schwach schraffierte Teil der Schranken der Sektorenmodelle kennzeichnet die speziellen Schranken, die während der Berechnung unverändert bleiben. Der obere, stark schraffierte Teil kennzeichnet die zentralen Richtwertzahlen, die während der Berechnung von Schritt zu Schritt geändert werden.

24.7. Eingehende Beschreibung des Algorithmus

Bei der eingehenden Beschreibung des Algorithmus sind wir bestrebt, jeden einzelnen Begriff und jeden einzelnen Schritt auch ökonomisch zu interpretieren.[1]

Unser Algorithmus ist ein Iterationsverfahren, das aus vielen P h a s e n besteht. Im weiteren weist der in runden Klammern ( ) stehende obere Index der einzelnen

[1] Diejenigen, die sich ausschließlich für mathematische bzw. rechentechnische Fragen interessieren, finden die kürzere Beschreibung im Anhang H bzw. in den Publikationen [102], [103].

Symbole oder die in eckigen Klammern $\langle\ \rangle$ gesetzte laufende Nummer darauf hin, in der wievielten Phase der Iteration der entsprechende Wert angenommen wird.

Zuerst werden einige, bei der Beschreibung des Algorithmus verwandte Begriffe erläutert.

Einer dieser Begriffe ist die Prüfung der Beendbarkeit der Iteration. Diese erfolgt folgendermaßen:

In jeder Phase sind zwei Angaben bekannt, das obere Optimum und das untere Optimum. Die mathematische Definition und ökonomische Interpretation dieser beiden Begriffe erfolgen später. Hier begnügen wir uns vorläufig mit der Feststellung, daß der optimale Zielfunktionswert der VZI- und Aufgabe, der volkswirtschaftlichen Optimierung sicher zwischen dem oberen und dem unteren Optimum liegt. Daher wird die Beendbarkeit geprüft, indem untersucht wird, ob die Differenz des oberen und des unteren Optimums größer ist als ein im voraus festgesetzter kritischer Wert δ. Wenn sie größer ist, muß die Berechnung fortgesetzt werden, wenn nicht, so kann die Berechnung beendet werden.

Ein weiterer Begriff, der später öfter verwandt wird, ist der Abschluß der Berechnung. Darunter wird folgendes verstanden:

Wie bereits aus der bisherigen Darstellung hervorging, lösen die Sektoren in jedem Abschnitt der Iteration die *duale* Optimierungsaufgabe des Sektorenmodells, darauf beruht ihre Meldung an die Zentrale. Im »Sektorenspeicher« wird jedoch auch das zuletzt ermittelte zum dualen Programm gehörende primale Programm aufbewahrt.[1]

Wenn die Zentrale – nach Prüfung der Beendbarkeit der Iteration – entscheidet, daß die Berechnung zu beenden ist, dann weist sie die Sektoren an, daß sie das zuletzt erzielte optimale *primale* Programm feststellen sollen.[2] Die Gesamtheit dieser primalen Programme bildet das δ-optimale Programm der volkswirtschaftlichen Optimierungsaufgabe, seine endgültige Festlegung bedeutet den Abschluß der Berechnung.

Nach der Erläuterung dieser Begriffe kehren wir nun zur Beschreibung des Ablaufs des Algorithmus zurück. Die Berechnung kann von einem beliebigen zentralen Programm $(v_{it}^{(1)}, z_{ijt}^{(1)}, w_{it}^{(1)})$ ausgehen. Bei der Beschreibung überspringen wir jetzt die ersten Phasen und beginnen sofort mit der Beschreibung der N-ten Phase.

Eine Phase besteht höchstens aus 4 Schritten. (Obwohl manchmal, wie wir sehen werden, die Berechnung schon vorher abgeschlossen werden kann; dann brauchen nicht alle 4 Schritte zu erfolgen.)

1. Schritt. Dieser erfolgt in der *Zentrale.* Zuerst wird die Beendbarkeit der Iteration geprüft. Hierzu müssen wir das obere Optimum der $(N-1)$-ten Phase $\Phi^*\langle N-1\rangle$ und das untere Optimum der $(N-1)$-ten Phase $\varphi^*\langle N-1\rangle$ kennen. Es sind zwei Fälle möglich:

[1] Wie bekannt, ergibt sich diese bei der Anwendung vom Simplex-Algorithmus automatisch in der »z« Zeile der Simplextafel. (Siehe beispielsweise *S. Karlin* [63], Seite 169–170.)

[2] Wir kommen später darauf zurück, daß es sich hier um ein primales Programm handelt, das zu dem sog. *vorläufigen* dualen optimalen Programm gehört.

Fall 1.1. $\Phi^*\langle N-1\rangle - \varphi^*\langle N-1\rangle \leqq \delta$.

Die Iteration kann beendet werden; die Berechnung wird abgeschlossen.

Fall. 1.2. $\Phi^*\langle N-1\rangle - \varphi^*\langle N-1\rangle > \delta$.

Die Berechnung muß fortgesetzt werden. In diesem Fall muß in der Zentrale folgende Optimierungsaufgabe gelöst werden. Wir maximieren die zentrale Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{T}\left\{ v_{it}^*\langle N-1\rangle\, v_{it} + \sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} \zeta_{ijt}^*\langle N-1\rangle\, z_{ijt} + \omega_{it}^*\langle N-1\rangle\, w_{it}\right\} \tag{24.14}$$

unter den Bedingungen

$$\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} z_{jit} + d_{it} = v_{it} \leqq V_{it}\,, \quad i = 1,\ldots,n;\ t = 1,\ldots,T, \tag{24.15}$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_{it} = W_t\,, \quad t = 1,\ldots,T, \tag{24.16}$$

$$v_{it} \geqq 0,\ z_{jit} \geqq 0,\ w_{it} \geqq 0,\ i = 1,\ldots,n;\ j = 1,\ldots,n;\ j \neq i;\ t = 1,\ldots,T. \tag{24.17}$$

Wie wir sehen, stimmt das Einschränkungssystem dieser Optimierungsaufgabe mit den ursprünglichen Einschränkungen überein. Die Zielfunktion jedoch strebt einen maximalen *kalkulatorischen Ertrag* der den Sektoren gegebenen Richtwertzahlen an. Diesen kalkulatorischen Ertrag berechnen wir zu den von den Sektoren angegebenen Schattenpreisen. Der Inhalt der Zielfunktion läßt sich auch folgendermaßen charakterisieren: »Wir glauben den Sektoren, daß die ihnen gegebenen Richtwertzahlen tatsächlich der Volkswirtschaft so viel einbringen, wie sie melden – unter dieser Voraussetzung soll der Ertrag maximal sein!«

Diese zentrale Optimierungsaufgabe ist ziemlich großdimensioniert. Glücklicherweise zerfällt sie jedoch in einfach zu lösende »Mikrooptimierungen« von zwei Typen: der eine Typ (24.15) hängt mit den Produktbilanzen zusammen und der andere, Typ (24.16) mit den Arbeitskräftebilanzen. Untersuchen wir diese beiden Typen getrennt.

Die eine Mikrooptimierung betrifft die vorläufige Erzeugung und Verteilung des i-ten Produktes für den t-ten Zeitabschnitt:

$$\left.\begin{aligned} &\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} z_{jit} + d_{it} = v_{it} \leqq V_{it} \\ &z_{jit} \geqq 0,\quad j = 1,\ldots,n;\ j \neq i;\ v_{it} \geqq 0 \\ &\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} \zeta_{jit}^*\langle N-1\rangle\, z_{jit} - v_{it}^*\langle N-1\rangle\, v_{it} \longrightarrow \max! \end{aligned}\right\} \begin{aligned} &i = 1,\ldots,n \\ &t = 1,\ldots,T. \end{aligned} \tag{24.18}$$

Die Lösung der Aufgabe ist folgende:

a) wenn $\max_{\neq} \zeta^*_{jit} \langle N-1\rangle < v^*_{it} \langle N-1\rangle$, dann ist

$$v^{(N)}_{it} = d_{it}, \quad z^{(N)}_{jit} = 0, \qquad j = 1,\ldots, n, \; j \neq i; \tag{24.19}$$

b) wenn $\max_{j\neq i} \zeta^*_{jit} \langle N-1\rangle = \zeta^*_{j_0 it} \langle N-1\rangle \geqq v^*_{it} \langle N-1\rangle$, dann[1] ist

$$v^{(N)}_{it} = V_{it}, \; z^{(N)}_{j_0 it} = V_{tt} - d_{it}, \; z^{(N)}_{jit} = 0, \; j = 1,\ldots, n, j \neq i, j \neq j_0. \tag{24.20}$$

Die Logik der Lösung ist äußerst einfach. Den Schattenpreis v^*_{it} der Versorgungsaufgabe betrachten wir als den »Angebotspreis« des Produktes; den Schattenpreis ζ^*_{it} der Materialquote jedoch als den »Nachfragepreis« des Produktes. Nun aber gibt es zwei Hauptfälle: a) der Angebotspreis ist größer als jeder Nachfragepreis. In diesem Fall darf keiner der materialbeanspruchenden Sektoren etwas erhalten, nur der Bedarf der externen Konsumtion d_{it} ist zu sichern. b) Der größte Nachfragepreis ist größer als der Angebotspreis. In diesem Fall muß die maximale $(V_{it} - d_{it})$ Menge produktiv verbraucht werden, und das Ganze muß dem Sektor, der den höchsten Nachfragepreis anbietet, gegeben werden.

Es erscheint wahrscheinlich als absurd, einem Sektor entweder gar nichts oder alles zu geben. Die tatsächliche Verteilung wird aber, wie es sich dann später beim 3. Schritt herausstellt, nicht so extrem sein.

Es folgt nun die andere Mikrooptimierungsaufgabe, die vorläufige Verteilung der volkswirtschaftlichen Arbeitskräftequote. Die Aufgabe ist folgende:

$$\left.\begin{aligned} &\sum_{i=1}^{n} w_{it} = W_t \\ &w_{it} \geqq 0, \qquad i = 1,\ldots, n \\ &\sum_{i=1}^{n} \omega^*_{it} \langle N-1\rangle \, w_{it} \to \max! \end{aligned}\right\} \; t = 1,\ldots, T. \tag{24.21}$$

Die Lösung ist noch einfacher:

wenn $\max_{i} \omega^*_{it} \langle N-1\rangle = \omega^*_{i_0 t} \langle N-1\rangle$, dann ist[2]

$$w^{(N)}_{i_0 t} = W_t, \; w^{(N)}_{it} = 0, \qquad i = 1,\ldots, n; \; i \neq i_0. \tag{24.22}$$

Bei der vorläufigen Verteilung erhält also immer jener Sektor die ganze Arbeitskräftequote der Volkswirtschaft, der den höchsten kalkulatorischen Lohn, ω^*_{it} angeboten hatte.

[1] Wenn in mehreren Sektoren der Schattenpreis $\zeta^*_{jit} \langle N-1\rangle$ maximal und nicht kleiner als $v^*_{it} \langle N-1\rangle$ ist, dann kann $V_{it} - d_{it}$ unter diesen Sektoren in beliebiger Proportion verteilt werden.

[2] Wenn der Schattenpreis $\omega^*_{it} \langle N-1\rangle$ für mehrere Sektoren maximal ist, dann kann W_t unter diesen Sektoren nach Belieben verteilt werden.

Nach der Durchführung sämtlicher Mikrooptimierungen ist der 1. Schritt beendet.

2. Schritt. Dieser Schritt erfolgt auch in der Zentrale. Nach der Beendigung der vorläufigen Verteilungen ist die Summe der während der Mikrooptimierungen erzielten Maxima zu errechnen.[1] Bezeichnen wir diese mit $\Phi^{\#}\langle N\rangle$:

$$\Phi^{\#}\langle N\rangle = \sum_{t=1}^{T} \left\{ \sum_{i=1}^{n} \left[\left(\left(\max_{j \neq i} \zeta_{jit}^{*}\langle N-1\rangle - v_{it}^{*}\langle N-1\rangle \right)^{+} V_{it} - \right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left. - v_{it}^{*}\langle N-1\rangle \; d_{it} + \max_{i} \omega_{it}^{*} \; \langle N-1\rangle . \; W_t \right] \right\}. \tag{24.23}$$

Hierzu ist noch eine Summe zu addieren, nämlich $\sum_{i=1}^{n} \Phi_i^0\langle N-1\rangle$, die wir spezielle Optimumkomponente nennen und deren nähere Definition und ökonomische Erläuterung vorläufig noch nicht erfolgt.

Damit ergibt sich das zur N-ten Phase gehörende obere Optimum

$$\Phi^{*}\langle N\rangle = \Phi^{\#}\langle N\rangle + \sum_{i=1}^{n} \Phi_i^0 \; \langle N-1\rangle. \tag{24.24}$$

Wir erinneren uns daran, daß wir zu Beginn des 1. Schrittes schon die Beendbarkeit der Iteration untersucht hatten, jedoch damals nur mit Hilfe des in der $(N-1)$-ten Phase gewonnenen oberen Optimums $\Phi^{*}\langle N-1\rangle$. Jetzt steht jedoch schon das neue obere Optimum $\Phi^{*}\langle N\rangle$ zur Verfügung, mit dessen Hilfe wir wieder die Beendbarkeit der Iteration kontrollieren können.

Fall. 2.1. $\Phi^{*}\langle N\rangle - \varphi^{*}\langle N-1\rangle \leqq \delta.$

Die Iteration ist beendbar und die Berechnung wird abgeschlossen.

Fall. 2.2. $\Phi^{*}\langle N\rangle - \varphi^{*}\langle N-1\rangle > \delta.$

Die Berechnung ist fortzusetzen. Zweck der Fortsetzung ist, statt der extremen, einseitigen vorläufigen Verteilungen reale, nüchterne Verteilungen zu gewinnen. Das geschieht, indem wir die jetzt erhaltenen vorläufigen Verteilungen mit den früheren Verteilungen in einer entsprechenden Proportion »mischen«.

Die tatsächlich an die Sektoren zu gebenden neuen zentralen Programme erhalten wir auf Grund folgender Formeln:

$$\left.\begin{aligned} v_{it}^{*}\langle N\rangle &= \frac{N-1}{N} \; v_{it}^{*}\langle N-1\rangle + \frac{1}{N} \, v_{it}^{(N)} \\ z_{ijt}^{*}\langle N\rangle &= \frac{N-1}{N} \; z_{ijt}^{*}\langle N-1\rangle + \frac{1}{N} \, z_{ijt}^{(N)}, \; j=1,\ldots, \; n, \; j \neq i \\ w_{it}^{*}\langle N\rangle &= \frac{N-1}{N} \; w_{it}^{*}\langle N-1\rangle + \frac{1}{N} \, w_{it}^{(N)} \end{aligned}\right\} \begin{matrix} i=1,\ldots,n \\ t=1,\ldots,T. \end{matrix} \tag{24.25}$$

[1] Mit α_{+} bezeichnen wir den positiven Teil von α: $\alpha^{+} = \max(0, \alpha)$. Folglich ist $\alpha^{+} = \alpha$, wenn $\alpha \geqq 0$ und $\alpha^{+} = 0$, wenn $\alpha < 0$.

Die vorläufigen, »extremen« Richtwertzahlen tragen keinen Stern; jetzt wird ein Stern gesetzt, um anzuzeigen, daß es sich hier um zentrale Richtwertzahlen handelt, die tatsächlich an die Sektoren zu geben sind. Wie wir sehen, bedeutet »Mischung« die Bildung des gewogenen arithmetischen Mittels des jetzt erhaltenen vorläufigen Mikroprogramms und der zentralen Richtwertzahlen der vorhergehenden Phase.[1]

Mit dem 2. Schritt werden die Aufgaben der Zentrale im N-ten Abschnitt beendet. Wir konnten erkennen, daß die in der Zentrale durchzuführenden Operationen ganz einfach sind. Sie würden eigentlich nicht einmal eine elektronische Rechenmaschine beanspruchen. Sie bestehen im Vergleich von verschiedenen Größen, in der Bildung von arithmetischen Mitteln usw. Jede derartige Operation kann einzeln für sich erfolgen. Sie belasten den operativen Speicher der elektronischen Rechenmaschine nicht mit einer großen Masse von Angaben auf einmal.

3. Schritt. Dieser erfolgt schon in den Sektoren. Der Sektor optimiert auf Grund der von der Zentrale erhaltenen Richtwertzahlen $v_{it}^{*}\langle N\rangle$, $z_{ijt}^{*}\langle N\rangle$ und $w_{it}^{*}\langle N\rangle$. Er nimmt die in den Formeln (24.10) bis (24.13) beschriebene duale Optimierung vor, in der die von der Zentrale erhaltenen Richtwertzahlen als Zielfunktionskoeffizienten dienen.[2] Aus der Berechnung erhält der Sektor folgende Informationen:

a) die *vorläufigen* Sektorenschattenpreise $v_{it}^{(N)}$, $\zeta_{ijt}^{(N)}$ und $\omega_{it}^{(N)}$ als Lösung der dualen Optimierungsaufgabe.

b) den zum optimalen Programm gehörenden Zielfunktionswert $\varphi^{(N)}$. Wenn sämtliche Sektorenoptima $\varphi_i^{(N)}$ addiert werden, so erhält man das untere Optimum der VZI-Aufgabe in der N-ten Phase:

$$\varphi^{*}\langle N\rangle = \sum_{i=1}^{n} \varphi_i^{(N)}. \tag{24.27}$$

c) *Die vorläufige spezielle Sektorenoptimumkomponente:*

$$\Phi_i^{0(N)} = \sum_{t=1}^{T} V_{it}\, \varkappa_{it}^{(N)} + \sum_{l=\text{spez.}} b_{il}^{0}\, \sigma_{il}^{(N)}. \tag{24.28}$$

[1] Das ist übrigens einfach das arithmetische Mittel der bisher ermittelten Mikroprogramme. Formt man nämlich (24.25), so erhält man z. B. für $v_{it}^{*}\langle N\rangle$ folgendes:

$$\begin{aligned} v_{it}\langle N\rangle &= \frac{N-1}{N}\, v_{it}\langle N-1\rangle + \frac{1}{N}\, v_{it}^{(N)} = \\ &= \frac{N-1}{N}\left(\frac{N-2}{N-1}\, v_{it}\langle N-2\rangle + \frac{1}{N-1}\, v_{it}^{(N-1)}\right) + \frac{1}{N}\, v_{it}^{(N)} = \\ &= \frac{N-2}{N}\, v_{it}\langle N-2\rangle + \frac{1}{N} v_{it}^{(N-1)} + \frac{1}{N}\, v_{it}^{(N)} = \ldots = \\ &= \frac{1}{N}\left(v_{it}^{(1)} + v_{it}^{(2)} + \ldots + v_{it}^{(N-1)} + v_{it}^{(N)}\right). \end{aligned} \tag{24.26}$$

[2] Bei dieser Berechnung lohnt es sich rechentechnisch, die optimale Simplextabelle der vorhergehenden in der $(N-1)$-ten Phase durchgeführten Optimierung anzuwenden.

Die Bezeichnung für diese Größe ist ein wenig lang, ihr Inhalt ist aber einfach. Sie ist der kalkulatorische Ertrag von V_{it}, der oberen Schranke der Versorgungsaufgabe und der speziellen Sektorenbedingungsschranken zu Schattenpreisen bewertet. Diese Komponente ist die Summe der kalkulatorischen Erträge, nicht der zentral verteilten Richtwertzahlen, sondern der nicht zentral verteilten Schranken, die während des ganzen Iterationsverfahrens konstant sind.

4. Schritt. Die im 3. Schritt gewonnenen vorläufigen Sektorenschattenpreise geben kein reales Bild davon, was der Sektor aus den ihm von der Zentrale zugewiesenen Richtwertzahlen »erwirtschaften« kann. Die reale Bewertung erfordert wieder, daß man das vorhergehende Sektorenschattenpreissystem mit den in den vorhergehenden Phasen gewonnenen Schattenpreissystemen »mischt«. Das geschieht folgendermaßen:

$$\left.\begin{aligned} v_{it}^{*}\langle N\rangle &= \frac{N-1}{N}\, v_{it}^{*}\langle N-1\rangle + \frac{1}{N}\, v_{it}^{(N)} \\ \zeta_{ijt}^{*}\langle N\rangle &= \frac{N-1}{N}\, \zeta_{ijt}^{*}\langle N-1\rangle + \frac{1}{N}\, \zeta_{ijt}^{(N)},\ j=1,\ldots,n;\, j\neq i \\ \omega_{it}^{*}\langle N\rangle &= \frac{N-1}{N}\, \omega_{it}^{*}\langle N-1\rangle + \frac{1}{N}\, \omega_{it}^{(N)}. \end{aligned}\right\} t=1,\ldots,T. \qquad (24.29)$$

Bei den so gewonnenen »gemischten« Sektorenschattenpreisen weist der Stern darauf hin, daß die Sektorenschattenpreise schon keine »vorläufigen«, sondern der Zentrale effektiv zu meldende Schattenpreise sind. Wir sahen bei der Beschreibung des 1. Schrittes, daß man in der Zentrale mit ihnen die Berechnung durchführt, indem man sie als Zielfunktionskoeffizienten verwendet.

Ähnlich ist die jetzt erhaltene vorläufige spezielle Sektorenoptimumkomponente mit den aus den vorhergehenden Phasen gewonnenen entsprechenden Komponenten »zu mischen«:

$$\Phi_i^0\langle N\rangle = \frac{N-1}{N}\,\Phi_i^0\langle N-1\rangle + \frac{1}{N}\,\Phi_i^{0(N)} \qquad (\Phi_i^0\langle 1\rangle = \Phi_i^{0(1)}). \qquad (24.30)$$

So erhält man die »spezielle Optimumkomponente«, die zur Bildung des oberen Optimums nach (24.24) erforderlich ist, wofür wir aber dort noch keine nähere Erklärung geben konnten.

Nach der Beschreibung des 4. Schrittes sind auch alle Begriffe klar geworden, die wir bisher nicht erklärt haben.

Das obere Optimum ist die Summe der kalkulatorischen Erträge, der zentralen Richtwertzahlen, zu gemischten Sektorenschattenpreisen bewertet (24.25), zuzüglich der nicht zentral verteilten konstanten Sektorenschranken, ebenfalls zu Sektorenschattenpreisen bewertet (24.28) und (24.30).

Das untere Optimum ist die Summe der optimalen Zielfunktionswerte der dualen Optimierungen auf Sektorenebene (24.27).

Wenn man jetzt auf die auf Sektorenebenen gelösten Aufgaben zurückblickt, so ist festzustellen, daß im Schritt 3 eine »normale« lineare Optimierung, beispielsweise mit der Simplexmethode, erfolgt, im Schritt 4 jedoch nur äußerst einfache Operationen (Durchschnittsbestimmung usw.) ausgeführt werden.

Am Ende des Schrittes 4 meldet der Sektor die Schattenpreise $v_{it}^{*}\langle N\rangle$, $\zeta_{ijt}^{*}\langle N\rangle$ und $\omega_{it}^{*}\langle N\rangle$, das Sektorenoptimum $\phi_i^{(N)}$ und die gemischte spezielle Optimumkomponente $\Phi_i^0\langle N\rangle$ an die Zentrale, und damit ist die N-te Phase der Iteration beendet.

24.8. Spieltheoretische Interpretation der Aufgabe

Zur mathematischen Gundlage des Verfahrens gehörte, daß wir die Aufgabe als spieltheoretisches Problem aufgefaßt haben. Die Umwandlung der Optimierungsaufgabe der Zweiebenenplanung in ein Zweipersonenspiel wird im Anhang H dargestellt. Eigentlich könnten wir uns damit begnügen, das ausschließlich als rein mathematische Transformation zu betrachten und anzunehmen, daß unser Verfahren nur zufällig mit spieltheoretischen Sätzen und Rechenmethoden zusammenhängt. Dann könnten wir von der selbständigen ökonomischen Erläuterung der spieltheoretischen Beziehungen Abstand nehmen.

Es ist aber bemerkenswert, daß die spieltheoretische Formulierung des makroökonomischen Planungsmodells reale ökonomische Zusammenhänge widerspiegelt. Entsprechend der Situation sind ursprünglich gewisse Analogien mit einem strategischen Spiel vorhanden. Beide Partner verfügen über gewisse Informationen, doch keiner kann allein vollkommen befriedigende Entscheidungen treffen, da er hierzu auch die Informationen des anderen Partners kennen müßte. Die Zentrale besitzt einen großen Überblick, sie hat jedoch keine Detailkenntnisse der speziellen Probleme (der für die einzelnen Sektoren charakteristischen technischen und Kostenangaben, über die speziellen Schranken, die die Auswahl innerhalb der Sektoren beschränken usw.), die der Gesamtheit der Sektoren bekannt sind, und umgekehrt sehen die Sektoren viele Einzelheiten, doch besitzen sie keinen Überblick über die ausschließlich der Zentrale bekannten großen Zusammenhänge. Ebenso wie beim strategischen Spiel hängt die entstehende Situation von beiden Partnern ab. Sowohl die Zentrale als auch die Sektoren wissen, daß auch die Maßnahmen des anderen »Partners« auf die Situation einwirken. Unter diesen Umständen sucht jeder Partner die für ihn verhältnismäßig sicherste Strategie. Diese Strategie ist die Minimaxlösung des Spiels.

In unserem Modell bedeutet die Annahme der Minimaxstrategie folgendes:

Nehmen wir an, daß die Zentrale »allwissend« ist und auch über all die speziellen Teilinformationen verfügt, die in der Regel nur den Sektoren genau bekannt sind. In diesem Fall könnte sie (bei idealen rechentechnischen Möglichkeiten) allein das optimale volkswirtschaftliche Programm (das optimale VZI-Programm) auch zentral ausarbeiten. Zu dem so bestimmten Programm gehört ein bestimmter Zielfunktionswert, ein optimaler volkswirtschaftlicher Ertrag (VZI-Optimum).

Wenn aber die Zentrale (in unserem Modell wie in der Wirklichkeit) wegen mangelhafter Informationen unfähig ist, allein, ohne die Mitwirkung der Sektoren das optimale volkswirtschaftliche Programm zu bestimmen, dann ist der volkswirtschaftliche Ertrag geringer als das Optimum. Infolge der von den Sektoren »unabhängig« getroffenen Entscheidung tritt also ein relativer Verlust auf. Die Zentrale ist bestrebt, den Verlust zu vermindern.

Andererseits sind die Sektoren allein, ohne die lenkende, koordinierende Tätigkeit der Zentrale, nicht fähig, das optimale volkswirtschaftliche Programm zu erreichen. Bei der »unabhängig« von der Zentrale getroffenen Entscheidung melden sie notwendigerweise für die ihnen zugewiesenen Ressourcen und Quoten falsche Bewertungen. Nehmen wir an (wie wir es schon früher bei der Erläuterung der dualen Zielfunktion angenommen hatten), daß die Sektoren »als Strafe« den auf Grund der Überwertung der ihnen zugewiesenen Ressourcen bzw. Quoten sich ergebenden Überschuß bezahlen müssen. Die falsche Bewertung, das heißt das falsche Schattenpreissystem führt unter solchen Umständen zu schweren Verlusten für die Sektoren. In diesem Fall würden die Sektoren offensichtlich eine möglichst starke Verringerung der Verluste anstreben.

Wie wir sehen, bemüht sich jede Seite, eine besondere Art des relativen Verlusts zu vermindern. Die Zentrale ist bestrebt, möglichst wenig unter dem optimalen volkswirtschaftlichen Ertrag zu bleiben; die Sektoren jedoch, die optimalen Bewertungen so wenig wie möglich zu überschreiten. Zur Minimaxlösung gelangen die beiden Partner dann, wenn es ihnen gelungen ist, den relativen Verlust zu beseitigen.

Zur Bestimmung der Minimaxstrategie können wir mittels mehrerer Verfahren gelangen. Eine bekannte Methode ist das sog. *fiktive Abspielen.* Dieses Verfahren wendet auch die Zweiebenenplanung an. Die beiden spielenden Partner »spielen« sozusagen – natürlich nur auf dem Papier – ein »Spiel ab«. Die Zentrale macht einen »Zug«, indem sie eine zentrale Richtwertzahlmenge an die Sektoren gibt. Danach macht der Sektorenkomplex einen »Zug«. Er meldet eine Schattenpreismenge zurück. Danach folgt wieder ein »Zug« der Zentrale und so weiter. Auf diese Weise nähern sich beide der Lösung des Spiels, dem optimalen Programm.

Nehmen wir an, es habe sich in der 10. Phase herausgestellt, daß der Schattenpreis der Elektroenergiequote im 6. Sektor am höchsten ist. Dürften wir auf Grund dieser Kenntnisse die Elektroenergiequote sämtlichen Sektoren wegnehmen, um alle Elektroenergie an den 6. Sektor zu geben? Das ist offensichtlich absurd.

Einer derartig übertriebenen Korrektur müssen wir uns in allen Fällen enthalten. Bei der Ausführung der 10. Korrektur im zentralen Programm dürfen wir nicht die Informationen der Phasen 9, 8, 7 usw. vergessen, daß z. B. in der 9. Phase nicht Sektor 6, sondern Sektor 4 den vorteilhaftesten Elektroenergieschattenpreis gemeldet hatte, daß es in der 8. Phase Sektor 1 war und so fort. Die vorgeschlagene Methode, die Methode des »fiktiven Abspielens«, beruht eben darauf, daß man sich bei jedem neuen Schritt an die vorherigen Schritte »erinnert«. Deshalb werden entsprechend den im vorigen Abschnitt ausführlich beschriebenen Regeln die in den einzelnen Phasen gewonnenen Strategien »gemischt«. In unserem

Beispiel korrigieren wir statt der übertriebenen Umsetzung der vollen Energiequote nur die in den vorherigen Zügen schon ermittelten Verteilungen zugunsten des Sektors 6. Wir »mischen« also nur im Verhältnis 1 : 9 die Strategie, die alle Energie dem Sektor 6 gibt, mit den früheren Energieverteilungsstrategien, das heißt, wir steigern die Energiequote des 6. Sektors um 10 Prozent der vollen Energiequote zu Lasten der anderen Sektoren.

Ähnlich »mischen« auch die Sektoren die in den einzelnen Phasen gewonnenen Schattenpreise mit den Schattenpreisen der vorherigen Phasen und nähern sich so stufenweise dem optimalen Schattenpreissystem.

Dieser stufenweise Korrekturprozeß (die »Mischung der Strategien«) sichert, daß man bei den einzelnen Phasen nicht unter extremen, praktisch absurden Programmen herumirrt, sondern die Programme vorsichtig verbessernd dem Optimum annähert.

24.9. Die Behandlung der Investitionen im Modell

Das im Kapitel 24 beschriebene Modell der Zweiebenenplanung geht in einer Hinsicht über den Themenkreis des Buches hinaus. Es ermöglicht eine gewisse *Auswahl in der Zeit.* (Im Gegensatz zu allen bisher im Buch behandelten Modellen, bei denen immer nur die Struktur des Planjahres optimiert wurde.)

Die Bestimmung des Programms bedeutet unter anderem eine Entscheidung in folgenden Fragen:

– Wann soll mit einem bestimmten Investitionsvorhaben begonnen werden? In den Modellen können nämlich die jeweiligen Variablen Varianten darstellen, die im Produktionsausstoß und in der Struktur der Aufwendungen übereinstimmen und sich voneinander lediglich im Zeitpunkt des Investitionsbeginns (und damit natürlich auch im Zeitpunkt der Inbetriebnahme) unterscheiden.

– Wie wird der wirkliche Ablauf der Investitionstätigkeit sein? Im Modell können nämlich die die Varianten bezeichnenden Variablen außerdem noch hinsichtlich des Zeitpunktes des Investitionsbeginns übereinstimmen, während sie sich nur dadurch unterscheiden, daß bei der einen der Bau zwei, bei der anderen dagegen drei Jahre dauert, oder darin, daß die eine im zweiten Jahr nach dem Produktionsanlauf, die zweite aber erst im dritten Jahr mit voller Kapazität zu produzieren beginnt usw.

– Wann soll eine bestimmte Produktionsaktivität beendet werden?

– Wann wird die inländische Produktion durch Import (oder umgekehrt der Import durch inländische Produktion) ersetzt, wann soll exportiert werden?

Gleichzeitig müssen wir erkennen, daß unser Modell, selbst in dieser Form, zahlreiche zeitliche Auswahlprobleme noch nicht berührt.

Wir können beispielsweise nicht die Bestimmung des Terminplans der individuellen und der gesellschaftlichen Konsumtion als Entscheidungsprobleme unseres Modells betrachten. Die diesbezüglichen Auflagen und deren wesentlichster Teil, die dynamische Steigerung des Lebensstandards, werden als konstante Plandirektiven aus dem traditionell erarbeiteten offiziellen Plan übernommen.

Es kann nicht als Entscheidungsproblem unseres Modells betrachtet werden, was im Interesse der weiteren wirtschaftlichen Entwicklung in der Epoche *nach* der Planperiode geschehen soll.

Hier trennen wir wiederum den gordischen Knoten dieses äußerst schwierigen Problems mit einem einfachen Schwertstreich entzwei. Wir sichern die Bedingungen der Entwicklung der ferneren Zukunft durch Einschränkungen entsprechend den Vorschriften des offiziellen Plans. Dies erfolgt praktisch durch die Kombination folgender Methoden:

1. Es wird durch Einschränkungen verpflichtend vorgeschrieben, daß bestimmte Investitionsvorhaben während der Planperiode beginnen sollen, auch solche, die bis zum T-ten Zeitabschnitt noch nicht zur Steigerung der Zielfunktion beitragen, wenn dies die Entwicklung nach dem T-ten Zeitabschnitt erfordert.

2. Man »reserviert« bestimmte Ressourcen für die gegen Ende der Planperiode beginnenden Vorhaben; das heißt, man nimmt in die Auflagen d_{it} der externen Konsumtion die Inputbedürfnisse einiger »Übergangs-«Vorhaben, die erst nach dem T-ten Zeitabschnitt beendet werden, auf. Dabei sind die Inputbedürfnisse zusammengefaßt zu bestimmen und es ist noch nicht dazu Stellung zu nehmen, mit welchen Investitionsaktivitäten konkret gegen Ende der Planperiode begonnen werden soll.

Beide Methoden fordern jedoch die Festlegung bestimmter Auflagen, die den Übergang zwischen der Planperiode und der darauf folgenden Periode sichern, und einen Überblick über die Zusammensetzung der Übergangsinvestitionen geben, die nach der Planperiode beendet werden, zumal die erwünschte Struktur der Investitionen aus der Optimierung hervorgehen sollte.[1] Schon deshalb wird es begründet sein, einen möglichst langen Zeitabschnitt T als Planperiode festzusetzen. Je länger die Zeit ist, für die ein Perspektivplan erarbeitet wird, desto weniger berühren die Auflagen der letzten Zeitabschnitte das Programm der ersten Zeitabschnitte, die vom Gesichtspunkt der durchzuführenden Vorhaben gerade am wichtigsten sind.

Vom Gesichtspunkt der im Abschnitt 24 beschriebenen Zielfunktion, Maximierung des Devisenertrags, ergibt sich noch eine Frage:

[1] Diese Schwierigkeit kann eventuell durch eine gewisse Iteration, eine Berechnung in mehreren Schritten behoben werden. Wir gehen von den im Hinblick auf die Investitionen des optimalen Programms a priori gegebenen Voraussetzungen bei der zweiglichen Zusammensetzung aus und bemessen auf Grund dieser die mit den durchlaufenden Investitionen in Beziehung stehenden Schranken. Hiernach optimieren wir: dann wird untersucht, ob die Richtung, die strukturelle Zusammensetzung der vom optimalen Programm »freiwillig« (hauptsächlich für die ersten Zeitabschnitte) einbezogenen Investitionsaktivitäten von dem abweicht, was bei der Bestimmung der mit den Übergangsinvestitionen in Beziehung stehenden Schranken vorausgesetzt worden war. Trifft dieses zu, dann bemessen wir auf Grund der aus dem optimalen Programm gewonnenen Anhaltspunkte für die Übergangsinvestitionen neue Schranken. Es ist zu hoffen, daß mit entsprechender fachmännischer Routine gesichert werden kann, daß kein Widerspruch zwischen der Richtung und Zusammensetzung der durch die Optimierung »freiwillig« einbezogenen Investitionen und den Investitionen bestehen wird, die durch die mit den Übergangsinvestitionen in Beziehung stehenden Einschränkungen »hineingezwungen« werden.

Es ist für die Volkswirtschaft nicht gleichgültig, wann die als Ergebnis der Optimierung gewonnene Mehreinnahme an Devisen erreicht werden kann, am Anfang oder erst am Ende der Planperiode. Deswegen lohnt es sich, die *diskontierte* Summe des Devisenertrags zu maximieren. Der bei der Diskontierung angewandte Zinsfuß ergibt sich von selbst. Es ist der Zinsfuß der durch Ungarn zu gewährenden Kredite (wenn die Kreditgewährung real erweitert werden kann), oder aber der Zinsfuß der durch Ungarn genommenen ausländischen Kredite, und zwar der als erste zu bezahlende, am meisten belastende Kredit (wenn die Kreditrückzahlung im Vordergrund steht). Bei unserem Modell können wir nämlich ruhig davon ausgehen, daß der auf Grund der Optimierung erzielte Devisenertragüberschuß zur Kreditgewährung oder zur Kreditrückzahlung verwandt wird, und somit der Überschuß der Volkswirtschaft tatsächlich mit Zinseszinsen Nutzen bringt.

25. Die Zukunft der Planung auf mehreren Ebenen

25.1. Aspekte des Modells der Zweiebenenplanung

Das im Kapitel 24 dargestellte Modell der Zweiebenenplanung kann von mehreren Gesichtspunkten aus analysiert und weiterentwickelt werden.

1. Für den *Mathematiker* ist es von Interesse, welche Bedeutung die im Zusammenhang mit dem Modell und im Anhang H dargelegten mathematischen Sätze für die Spieltheorie, für die mathematische Theorie der Optimierung besitzen, inwiefern sie den Ausgangspunkt zu theoretischen Untersuchungen bilden können usw. Diese Fragen gehören jedoch nicht mehr zum Themenkreis unseres Buches.[1]

2. Vom Standpunkt des *Rechentechnikers* kann es interessant sein, inwiefern der im Kapitel 24 beschriebene Algorithmus praktisch anwendbar ist. Im Abschnitt 25.2 werden wir kurz darauf eingehen.

3. Vom Gesichtspunkt des *Planers* wird in den Abschnitten 25.3 und 25.4 das Problem untersucht, ob die Zweiebenenplanung zur Planung der Wirtschaftstätigkeit und der Preise angewandt werden kann und welche Stellung sie im System der Planung einnimmt.

4. Vom Gesichtspunkt der *Politökonomen* wird im Abschnitt 25.5 die Frage untersucht, inwieweit die Zweiebenenplanung als abstraktes Modell der zentral geplanten und gelenkten Wirtschaft betrachtet werden kann.

Was in den folgenden Abschnitten über die Fragen 2, 3 und 4 ausgesagt wird, sind natürlich alles nur die ersten, flüchtigen Gedanken; hierzu sind weitere umfassende Forschungen erforderlich.

25.2. Die rechentechnischen Eigenschaften des Algorithmus

Mit dem in Kapitel 24 bzw. im Anhang H beschriebenen Algorithmus haben wir einige numerische Versuche durchgeführt.[2] Diese sind noch nicht endgültig abgeschlossen, doch aus den bisherigen Resultaten ergeben sich schon einige wichtige Lehren.

Vom rechentechnischen Gesichtspunkt bietet sich ein interessanter Vergleich zwischen dem bestbekannten Verfahren zur Zerlegung der großen Optimierungsmodelle, der Dekompositionsmethode nach Dantzig – Wolfe[3] und dem im Kapitel

[1] Siehe hierzu [103].

[2] Diese Versuche wurden von *Gy. Tarnay* und *S. Frivaldszky* bei einer mit der volkswirtschaftlichen Optimierung im Zusammenhang stehenden Untersuchung durchgeführt.

[3] Siehe [28] und [29].

24 beschriebenen Verfahren des fiktiven Abspielens an. Im weiteren wird die erste als DW-Methode und die letztere als FA-Methode bezeichnet.

Ein bedeutender Vorteil der FA-Methode gegenüber der DW-Methode besteht darin, daß die auf zentraler Ebene angenommenen Operationen rechentechnisch wesentlich einfacher sind. Es sind ausschließlich Mikrooptimierungen vorzunehmen, das heißt bei jeder einzelnen zentralen Einschränkung jeweils äußerst einfache Berechnungen auszuführen. Folglich setzt die Speicherkapazität der elektronischen Rechenmaschine praktisch keine Grenzen für die Zahl der zentralen Bedingungen. Da jedoch das große VZI-Modell in eine beliebige Anzahl von Sektorenmodellen zerlegbar ist, kann behauptet werden, *daß bei der Anwendung der FA-Methode die Speicherkapazität dem Umfang der VZI-Aufgabe keine Schranke setzt.*

Demgegenüber muß bei der Anwendung der DW-Methode auf zentraler Ebene eine »gewöhnliche« lineare Optimierung durchgeführt werden, die nicht in Mikrooptimierungen zerlegbar ist. Für die Zahl N der Einschränkungen dieser zentralen linearen Optimierungsaufgabe gilt:

$$N = m + n, \tag{25.1}$$

wobei

- m die Zahl der zentralen Produktbilanzen und Ressourcenbilanzen (mit der Terminologie des Kapitels 24 die Zahl der zentralen Einschränkungen), also die Zeilenzahl des oberen, die ganze Breite der Matrix von Abbildung 24.1 einnehmenden Streifens und
- n die Zahl der Sektoren ist.

Der Umfang des zentralen Modells wird folglich dadurch beschränkt, in welcher Größe die elektronische Rechenmaschine eine lineare Optimierungsaufgabe höchstens (ohne Zerlegung) zu lösen vermag.

Ist die VZI-Aufgabe groß, so ist sie in viele Sektoren zergliedert, n wird also groß, wodurch die mögliche Größe von m herabgesetzt wird. Oder umgekehrt, wenn ein größeres m erforderlich ist, dann wird die mögliche Zahl der Sektoren vermindert, wodurch schließlich wieder der mögliche Umfang des VZI-Modells reduziert wird.

Bei der DW-Methode treten folglich die Schranken der *Speicherkapazität* des Rechenmaschinenparks in den Vordergrund.

Die DW-Methode besitzt gegenüber der FA-Methode drei Vorteile:

1. Die DW-Methode ist endlich, die FA-Methode dagegen nicht.
2. Bei der DW-Methode ist die Konvergenz – nach den bisherigen Versuchen – schneller.[1]

[1] Wir haben Versuche durchgeführt, um die im Kapitel 24 bzw. im Anhang H beschriebenen »Regeln des Mischens« zu verändern. Am wirksamsten erwies es sich, wenn bei der vorläufigen Verteilung [siehe Formeln (24.19), (24.20) und (24.22)] nicht der die besten Schattenpreise anbietende Sektor alles erhält, sondern bei der Verteilung auch den anderen

3. Die DW-Methode ist ein *monotones* Verfahren, der Zielfunktionswert verbessert sich bei jedem Iterationsschritt, während bei der FA-Methode die Zielfunktion sich dem Optimum mit Schwankungen nähert.

Meiner Meinung nach ist der 3. Vorteil, zumindest bei unseren volkswirtschaftlichen Optimierungsversuchen, der wesentlichste. Bei unserer Aufgabe (doch auch bei zahlreichen anderen Anwendungen) ist schon von vornherein ein bekanntes mit nicht-mathematischen Methoden erarbeitetes offizielles Programm vorhanden. Dieses offizielle Programm wollen wir *verbessern*. Dabei ist es nicht wesentlich, wann wir zum exakten Optimum oder in dessen unmittelbare Nähe gelangen. Wir haben in diesem Buch schon des öfteren betont, wie relativ diese Optimalität ohnehin ist. Dagegen ist es wichtig, daß so bald wie möglich eine Verbesserung im Verhältnis zum schon bekannten offiziellen Programm erzielt wird. Bei einem monoton konvergierenden Verfahren wie der DW-Methode ist das verhältnismäßig schnell zu erreichen. Demgegenüber schwankt der Zielfunktionswert bei der FA-Methode in der Regel gerade zu Beginn der Iteration äußerst stark.

Von Gesichtspunkt der *Schnelligkeit* der Konvergenz — besonders vom Gesichtspunkt des Tempos der erreichbaren Verbesserung im Verhältnis zu einem vorher vorhandenen Programm — ist also die DW-Methode vorteilhafter.

Unsere Versuche zum Vergleich der Methoden sind noch nicht beendet. Die erste Versuchsberechnung, über die nachfolgend berichtet wird, wird wahrscheinlich zuerst mit der DW-Methode durchgeführt werden, und erst später wird es möglich sein, die FA-Methode praktisch anzuwenden.

25.3. Die erste Versuchsberechnung

Im Auftrag des Landesplanungsamtes bereitet eine große Forschergruppe die erste experimentelle volkswirtschaftliche Optimierung vor.[1] Mit unserem Modell soll die Ausarbeitung des Perspektivplanes für 1966 bis 1970 unterstützt werden. Das Hauptziel der Arbeit ist die Erprobung der Methode selbst und die Erwerbung praktischer Erfahrungen. Es ist jedoch wünschenswert, daß von den zahlenmäßigen Ergebnissen der Optimierung einiges für die praktische Planung verwertbar sei.

Die praktische Vorbereitung der volkswirtschaftlichen Optimierung wurde 1964 begonnen. Hier teilen wir nur einige Hauptmerkmale des Modells mit, und

---

Sektoren Mittel, und zwar in der Proportion der von ihnen gemeldeten Schattenpreise zugewiesen werden.

Wie uns bekannt ist, werden auch in der Sowjetunion ähnliche Versuche zur Beschleunigung der Konvergenz des fiktiven Abspielens durchgeführt. Eine endgültige Auswertung der Versuche erfolgte noch nicht.

[1] Die Forschung wird vom Verfasser geleitet. Bei der Arbeit wirken insgesamt 14 wissenschaftliche Institute und Rechenzentren mit. Die Arbeiten werden von der Wissenschaftlichen Sektion des Landesplanungsamtes und vom Rechenzentrum der Ungarischen Akademie der Wissenschaften geleitet. Die Sektorenmodelle werden von den zuständigen zweiglichen Forschungsinstituten bzw. Rechenzentren erarbeitet.

zwar nur deshalb, um dem Leser zu veranschaulichen, wie sich ein *theoretisches* Modell (im vorliegenden Fall die im Kapitel 24 beschriebene Konzeption) bei seiner ersten *praktischen* Erprobung verändert.

1. Bei unseren ersten experimentellen Berechnungen konnten wir, abweichend von dem im Kapitel 24 Beschriebenen noch keine Optimierung für mehrere Perioden vornehmen. Auf Grund der Schwierigkeiten der Datenbeschaffung und der Berechnung optimieren wir gegenwärtig – ähnlich wie bei der früher im Buch dargestellten zweiglichen Optimierung – auch nur für das letzte Planjahr der Perspektivplanperiode. Das ist eine bedauernswerte Konzession, und es ist zu hoffen, daß wir bei den späteren Berechnungen unsere Vorstellungen über ein mehrere Perioden umfassendes Modell verwirklichen können.

2. Die erste Berechnung umfaßt nicht die gesamte Volkswirtschaft. Voraussichtlich werden fast 40 Sektorenmodelle angefertigt, unter denen sich Modelle befinden, die einen großen Teil der Energetik, des Bergbaus, der Leichtindustrie, der Nahrungsmittelindustrie, der Bauindustrie, des Eisenbahnverkehrs und der Landwirtschaft umfassen. Andere wichtige Sektoren der Volkswirtschaft aber – wie beispielsweise die Maschinenbauindustrie und die Chemieindustrie – sind nur mit einem Teil ihrer Aktivitäten dargestellt.

Bezeichnenderweise war das Hauptkriterium für die Aufnahme in die Optimierungssphäre, ob sich Experten fanden, die das mathematische Modell des Gebietes konstruieren konnten.

3. Wir waren bestrebt, die Struktur unseres Modells so vollständig wie möglich an das Plankennziffernsystem der traditionellen Planung anzunähern. Hier sei an die Hauptgruppen des im Kapitel 1 beschriebenen traditionellen Plankennziffernsystems erinnert. Ein bedeutender Teil von ihnen (zumindest in der von unserer Optimierung umfaßten Sphäre) erscheint im Modell:

– Produktbilanzen (unter den Einschränkungen),
– Investitionsbilanzen[1] (unter den Einschränkungen),
– Arbeitskräftebilanzen (unter den Einschränkungen),
– Zahlungs- und Außenhandelsbilanzen (zum Teil unter den Einschränkungen, zum Teil in den Zielfunktionen),
– die bevorzugten Investitionen (unter den Aktivitätsvariablen).

Unser Modell enthält – ebenso wie die zweiglichen Optimierungsmodelle – unter den Einschränkungen zahlreiche, in dem traditionellen Plankennziffernsystem nur als nichtdokumentierte (und oft außer acht gelassene) Plangleichungen angeführte Zusammenhänge. (Dazu gehören z. B. verschiedene Exportverwertungsschranken, Importbeschaffungsschranken, Kapazitätsschranken usw.)

Im Modell wird der in der zweiglichen Optimierung eingeschlagene Weg weiter verfolgt, indem *die zahlreichen (dokumentierten, Hilfs- und nichtdokumentierten)*

[1] Da unser Modell nicht mehrperiodisch ist, sind wir gezwungen, mit aggregierten Investitionsquoten zu rechnen, im Gegensatz zu dem im Kapitel 24 beschriebenen Modell, wo konkret die in den Bilanzen für den festgelegten Zeitabschnitt anzuwendenden neuen Maschinen, Gebäude und anderen Investitionsgüter dargestellt sind.

Planvariablen und Plangleichungen der traditionellen Planung in ein simultanes Gleichungssystem zusammengefaßt werden.

So ermöglicht die Struktur des Modells, daß zahlreiche Aufgaben (unmittelbar oder nach kleinerer bzw. größerer Umformung) dem traditionellen Plan entnommen werden können. Andererseits können auch die Resultate unserer Berechnung mit dem auf traditionelle Weise erarbeiteten Plan verglichen werden.

25.4. Das »pyramidenartige« Netz der Optimierungsmodelle

Bisher waren wir bemüht, aus den Erfahrungen der schon abgeschlossenen oder zur Zeit stattfindenden Untersuchungen Folgerungen zu ziehen. Jetzt weichen wir – für die Äußerung einiger Gedanken – vom obigen Prinzip ab, und obwohl das ein wenig utopisch scheinen mag, schildern wir die Zukunft der mathematischen Planung, wie wir sie uns denken.

Stellen wir uns ein pyramidenartig konstruiertes Netz der Rechenzentren vor.[1] An der Spitze der Pyramide befindet sich das Rechenzentrum des Landesplanungsamtes; darunter, auf der mittleren Ebene, die Rechenzentren der leitenden Institutionen der Zweige; unter ihnen die Rechenzentren der je einer leitenden Institution untergeordneten Einheiten (Trusts, Betriebe).

Wir beabsichtigen weder auf die Einzelheiten, wieviele Ebenen erforderlich sind[2] (das hängt von der Größe des Landes, vom wirtschaftlichen Entwicklungsgrad usw. ab), noch auf die Prinzipien der Aufgliederung (sollen entsprechend dem zweiglichen oder regionalen Prinzip aufeinanderfolgende oder nebeneinanderliegende Produktionsstufen verknüpft werden usw.) einzugehen. Wir betonen nur, daß dieses Netz *mehrere Ebenen* besitzt und pyramidenartig aufgebaut ist: Auf der untersten Ebene gibt es mehr Einheiten als auf der obersten Ebene.

Alle Einheiten sämtlicher Ebenen fassen ihre Aktivitäten und deren Schranken in ein mathematisches Optimierungsmodell zusammen. Die Einheiten der Pyramide sind durch entsprechende Fernmeldeanlagen, wie beispielsweise Fernschreibernetz, miteinander verbunden. Zwischen den Modellen fließen Informationsströme. Das Resultat der mit dem einen Modell durchgeführten Berechnung, der Informations-Output, ist für ein oder mehrere andere Modelle die Ausgangsangabe, der Informations-Input. (Hier gehen wir nicht noch einmal darauf ein, welche Informationen es genau sind: Produktausstoßaufgaben, Materialquoten, Ressourcenquoten, Schattenpreise, Planvorschläge usw.) Auf Grund der erhaltenen Informationen korrigieren die Einheiten ständig die einzelnen Parameter ihrer Modelle und verbessern so ihre Pläne.

Unseres Erachtens *wird der Ausbau dieser Modellpyramide einer der Hauptwege zur Weiterentwicklung der Planung sein.*

[1] *R. Frisch* gebraucht in seinem Buch [40] in analogem Sinne den Ausdruck »pyramidation«.

[2] Es ist nicht bewiesen, – doch wir vermuten, daß es beweisbar ist –, daß ähnlich wie bei der *Zwei*ebenenplanung auch zum Modell auf *mehreren* Ebenen ein konvergenter Algorithmus angegeben werden kann.

Dieses alles mag als Utopie erscheinen, da wir uns noch mit der ersten experimentellen Anwendung eines Modells auf *zwei* Ebenen beschäftigen. Die Verwirklichung ist jedoch vollkommen real, und sie hängt im Grunde nur davon ab, wie wir beim Ausbau der rechentechnischen Basis und in der Ausbildung der in der mathematischen Planung kundigen Fachleute weiterkommen.

An dieser Stelle sei eine kurze Abschweifung gestattet. Während der Drucklegung der ungarischen Ausgabe dieses Buches im Jahre 1965 fanden in Ungarn zwischen den Vertretern der zentralen Wirtschaftsleitung, den Planökonomen und den Politökonomen ausgedehnte Diskussionen über die Probleme des »Mechanismus« der Ökonomie statt. Unter Mechanismus wird hier ein weitgefaßter Sammelbegriff verstanden, der das gesamte Planungssystem, die Wirtschaftsleitung und die institutionellen Einrichtungen der Wirtschaft umfaßt. Um nur einige der diskutierten Fragen zu nennen: Welche ökonomischen Kennziffern sollen in die Planung einbezogen werden? Welche Rolle sollen die Direktiven bei der Wirtschaftsleitung spielen? (Oder, in der Terminologie der französischen Planer ausgedrückt: inwieweit soll die Planung einen indikativen und inwieweit einen imperativen Charakter haben?) Wie soll das Preissystem aussehen?

Im Laufe dieser Diskussion entstand auch die Frage nach der Rolle einer auf mathematischen Methoden beruhenden Planung in der Volkswirtschaft. Aus der großen Menge der hierzu geäußerten verschiedenen Ansichten erwähnen wir nur zwei, die besonders charakteristisch sind:

»Die Aufteilung der Ressourcen und im Zusammenhang damit die Preisbildung soll dem Marktmechanismus überlassen werden. Die zentralisierte Planung hat sich in der Vergangenheit als nicht genügend rational erwiesen – sie sollte deshalb in engen Grenzen gehalten oder ganz eingestellt werden. Auch die Einführung mathematischer Methoden kann die negativen Züge der Planung nicht tilgen. Die Modelle der mathematischen Ökonomie sind unrealistisch und können höchstens als interessanter intellektueller Zeitvertreib angesehen werden, ohne die geringste Berührung mit dem wirklichen Wirtschaftsprozeß.«

Es ist erwähnenswert, daß eine solche Ansicht nicht unbedingt mit einer bestimmten politischen Haltung verbunden sein muß. Wir haben sie in Budapest von Sozialisten gehört und in London von Personen, die das sicherlich keineswegs waren.

Unseres Erachtens sind solche Ansichten rückständig und anachronistisch. Sie überschätzen die Vollkommenheit des Marktmechanismus und schätzen die Errungenschaften der modernen Wissenschaft zu gering ein. Als in den dreißiger Jahren westliche Ökonomen das sozialistische Wirtschaftssystem diskutierten, konnte Professor *Hayek* noch gegen das Baronesche mathematische Modell der sozialistischen Wirtschaft mit dem Argument auftreten, daß es in der Praxis unmöglich sein würde, die entsprechende enorme Zahl von Gleichungen mit mathematischen Methoden zu lösen.[1] In den drei verflossenen Jahrzehnten sind jedoch entscheidende Veränderungen eingetreten. Es genügt, vier eng miteinander ver-

[1] Siehe *F. Hayek* [53].

bundene Errungenschaften zu erwähnen: 1. die ausgedehnte Verbreitung von Lochkartenmaschinen und von modernen Methoden der Datenverarbeitung und -speicherung; 2. das Aufkommen von Elektronenrechnern mit hoher Speicherkapazität und das unglaublich schnelle Wachstum ihrer Wirksamkeit; 3. die Ausarbeitung und stetige Verbesserung von numerischen Methoden und Algorithmen zur Lösung großer Gleichungssysteme und schließlich 4. die Anwendung von Zerlegungsmethoden, die die Kombination und simultane Lösung von mathematischen Modellen gestatten, die aus großen Gleichungssystemen bestehen. Diese Errungenschaften ermöglichten eine umfangreiche Erweiterung des Entscheidungsbereiches, in dem mathematische Modelle anwendbar sind, d. h. den Bereich der streng rationalen und exakten Planung.

Die andere Ansicht kann folgendermaßen zusammengefaßt werden:

»Das hoch zentralisierte System der wirtschaftlichen Administration, wie es bis jetzt im Sozialismus entwickelt wurde, soll zusammen mit der zentralen Planung von ökonomischen Teilprozessen aufrecht erhalten bleiben bis herab zum kleinsten Detail und mit einer zentralen Festsetzung aller Preise – aber all das soll von jetzt ab mit den Mitteln der mathematischen Optimierung durchgeführt werden. Ein das ganze Land überziehendes Netz von miteinander verbundenen Rechenzentren soll aufgebaut werden, und die ganze Volkswirtschaft soll der detaillierten, auf mathematischen Modellen beruhenden Planung unterworfen sein.«

Wenn die erste Ansicht als naive Auffassung des 19. Jahrhunderts charakterisiert werden kann, als naiv optimistisches Vertrauen in den Marktmechanismus – so ist die zweite Ansicht eine naive Auffassung des 20. Jahrhunderts, ein naiv optimistisches Vertrauen in die Rechenautomaten. Zu den Vertretern dieser Ansicht gehören Mathematiker ohne direkte Erfahrungen mit dem unendlich verwickelten Charakter der ökonomischen Wirklichkeit oder Wirtschaftspraktiker, deren Kenntnisse über mathematische Methoden, operations research und Rechentechnik aus populärer Literatur stammen und die sich der Tatsache nicht bewußt sind, daß diese Gebiete noch mehr oder weniger in den Kinderschuhen stecken. Nur wer selbst mit der praktischen Anwendung mathematischer Planungsmethoden beschäftigt ist, weiß, wie weit solche Modelle von Vollkommenheit entfernt sind. Gewaltige Anstrengungen sind schon erforderlich bei der Konstruktion und Lösung eines Gleichungssystems, das nur einige hundert Produktenaggregate betrifft, wobei für jedes nur ein bis zwei technologische Varianten vorgesehen sind und wo nur einige tausend ökonomische Beziehungen beachtet werden. Selbst in einem kleinen Lande wie Ungarn muß das Preisamt im Laufe einer allgemeinen Preisreform die Preise einiger hunderttausend Produkte festlegen. Wie in Kapitel 1 erwähnt wurde, wird geschätzt, daß die Zahl der Plankennziffern und -indexe, die vom Landesplanungsamt und von den Ministerien im Laufe der Erarbeitung eines Fünfjahrplanes festgesetzt werden, siebenstellig ist. Diese Beispiele beziehen sich dazu nur auf die Menge der Zahlen, die zu bestimmten Zeiten im Zusammenhang mit einer allgemeinen Preisreform oder bei der Aufstellung eines Fünfjahrplanes festzusetzen sind. Zur Zeit ist die Volkswirtschaft

in stetiger Bewegung begriffen; alle äußeren Bedingungen verändern sich ständig, und deshalb müssen ständig Entscheidungen getroffen werden. Wir können nicht wissen, was das 21. Jahrhundert bringen wird, aber für *die gegenwärtige Zeitperiode* würde es illusorisch sein, zu glauben, daß jede Entscheidung »mathematisiert« werden kann.

Nach unserer Auffassung kann eine moderne Volkswirtschaft – und speziell eine sozialistische Volkswirtschaft – weder auf die Planung noch auf den Marktmechanismus verzichten. Was nottut ist jedoch weder ihr »glückliches Mittel« noch ihre »konvexe Kombination« mit 50 Prozent Marktmechanismus und 50 Prozent Planung, beide in halb entwickelter, halb desintegrierter Form. Im menschlichen Organismus werden bestimmte Funktionen durch das vegetative (autonome) Nervensystem und andere durch das zentrale Nervensystem gesteuert. Es würde zu ernsten Schwierigkeiten führen, wenn zum Beispiel die Steuerung der Atmung oder der Körpertemperatur dem zentralen Nervensystem übertragen wäre; das würde unsere geistige Kapazität absorbieren, und es ist keineswegs sicher, ob die Steuerung zuverlässig wäre. Andererseits kann eine Tätigkeit höherer Ordnung – z. B. die Abfassung einer ökonomischen Abhandlung – nicht dem vegetativen Nervensystem überlassen werden.

Im ökonomischen Organismus spielt in erster Linie der Markt die Rolle des vegetativen Nervensystems, während die Planung die Rolle des zentralen Nervensystems übernimmt. Keins kann das andere ersetzen, und man muß dafür sorgen, daß beide intakt und arbeitsfähig bleiben. Ohne eine allgemeingültige Systematisierung und Vollständigkeit anstreben zu wollen, werden wir einige Kriterien der Arbeitsteilung zwischen den beiden »Nervensystemen« verzeichnen.

Ein Gesichtspunkt ist die Souveränität in der Wirtschaft. Die Theorie hat die Tendenz, sich mit reinen Typen zu beschäftigen; nach ihr würde der Fall der unbegrenzten Souveränität des Verbrauchers vorliegen, wenn die Verteilung der Ressourcen auf Grund des Marktmechanismus in voller Übereinstimmung mit den Präferenzen der Verbraucher erfolgen würde. Diesen Fall würde sie dem Fall der unbegrenzten Souveränität einer zentralen Autorität gegenüberstellen, wo die Verteilung der Ressourcen auf Grund des Planes mit den Präferenzen derjenigen übereinstimmt, die die politischen Entscheidungen zu fällen haben. Keiner dieser reinen Fälle herrscht jedoch augenblicklich in der sozialistischen Wirtschaft vor. Die Verbraucherpräferenzen behaupten sich in einem weiten Entscheidungsbereich (und wie eine große Zahl von ungarischen Ökonomen, sind wir der Ansicht, daß sie sich in einem noch weiteren Bereich mit weniger Reibungen und mit kürzeren Zeitverzögerungen durchsetzen sollten). Aber die Vorherrschaft der Verbraucherpräferenzen ist nicht unbegrenzt, und es ist auch nicht wünschenswert, daß dem so ist. Es ist nur vernünftig, daß gewisse ökonomische Entscheidungen von grundlegender Wichtigkeit zentral und in Übereinstimmung mit den Interessen der Gesellschaft als Ganzes getroffen werden müssen. Im ersten Bereich sollte der Markt vorherrschen, im zweiten die Planung – wenn möglich eine Planung auf Grund von exakten mathematischen Methoden. Der Zweck von Empfindlichkeitsuntersuchungen besteht gerade darin, den Verantwortlichen für die zentralen

Entscheidungen, das Auswahlproblem mit voller Klarheit und mit dem vollständigen System der Konsequenzen der möglichen Varianten der ökonomischen Politik zu unterbreiten. Dieses Problem wird noch in Kapitel 27 diskutiert werden.

Die Teilnehmer an der »Mechanismusdiskussion« in Ungarn stimmen mehr oder weniger in der Ansicht überein, daß vor allem bei wichtigen langfristigen Entscheidungen für die Investitionspläne vom gesellschaftlichen Gesichtspunkt gefaßte Entschlüsse vorherrschen sollten. Es gibt einige Argumente zugunsten dieser Ansicht. Es wäre schlecht, die Entscheidungen, die die späteren Generationen und die Zukunft der gesamten Gesellschaft betreffen, den atomistischen, individuellen Entscheidungen zu überlassen: zum Beispiel, welcher Teil des Nationaleinkommens ist zu investieren, wie sind die Investitionen auf die verschiedenen Zweige der Volkswirtschaft zu verteilen usw. Zu den politischen und moralischen Erwägungen, die diese Ansicht stützen, gehört auch die wirksame Ausnutzung der Information. Die Gesamtheit von individuellen und isolierten Entscheidungen, die auf Grund der augenblicklichen Marktsituation und der augenblicklich gültigen Preise erfolgen, kann nicht zu zuverlässigen Entschlüssen führen. Die Entscheidungen auf Grund der Übersicht über die Volkswirtschaft als Ganzes und über die gleichzeitige Betrachtung der Entwicklung aller Sektoren wird viel zuverlässiger sein. Die in diesem Buche beschriebenen Modelle beweisen deutlich die Abhängigkeit der Wirksamkeit einer einzelnen Investitionsvariablen, eines einzelnen Sektors von allen anderen Variablen des Modells, die durch das gesamte große Gleichungssystem ausgedrückt werden.

Wie allgemein bekannt ist, bildet in einem Markt ohne Planung der Kapitalmarkt den Teil, der am schlechtesten funktioniert, der mit den meisten Reibungen verbunden und der mit den meisten falschen Informationen belastet ist.Während unseres Erachtens der Marktmechanismus sich im täglichen Fluß der Waren behaupten sollte, müßte die Verteilung der Investitionsressourcen (oder wenigstens ihr größter Teil) auf Grund von Planung mit mathematischen Methoden erfolgen. Der Kapitalmarkt müßte auf elektronischen Rechenautomaten simuliert werden, und zwar in einer solchen unverzerrten und vollkommenen Form, wie sie der wirkliche Kapitalmarkt nie erreichen kann.

Die Rolle der mathematischen Methoden bei der Planung besteht in der *Vorbereitung* von rationalen ökonomischen Entscheidungen; die Rolle des Marktes ist die *nachträgliche Prüfung* der Rationalität sowohl der Entscheidungen wie ihrer Ausführung. Der Markt signalisiert, ob der Plan für die operativen Einheiten in der Volkswirtschaft annehmbar war, ob die Schätzungen realistisch waren, ob sich Gleichgewichtsstörungen in Abweichung von dem ursprünglich bilanzierten Plan zeigen usw.

25.5. Die Planung auf mehreren Ebenen als Simulation der wirtschaftlichen Planung

In den Abschnitten 25.3 und 25.4 wurde dargestellt, wie die Zweiebenenplanung (oder die Planung auf mehreren Ebenen) der praktischen quantitativen Planungsarbeit dient. Unser Modell kann jedoch, unabhängig von der numerischen Anwendung auch als ein abstraktes Modell der sozialistischen Planung und der wirtschaftlichen Lenkung aufgefaßt werden. Mit diesem Modell können wir, worauf bereits im Abschnitt 24.2 hingewiesen wurde, die einzelnen Phasen der Planung simulieren, so die Ausarbeitung der für die Sektoren vorgesehenen Richtwertzahlen in der Zentrale, die »Gegenplanung« der Sektoren, die Mitteilung der abgeänderten zentralen Anweisungen und die Rückmeldung der in den Sektoren erarbeiteten Wirtschaftlichkeitskennziffern usw.

Eine entsprechende institutionelle Erläuterung kann auch für den Algorithmus nach Dantzig–Wolfe gegeben werden.[1] Hier unterbreiten die Sektoren Planvorschläge. Die Zentrale übt eine doppelte Funktion aus. Einerseits wirkt sie als »Preisamt«, indem sie die Bewertung der zentral verteilten Produkte, Ressourcen vornimmt und andererseits übt sie nach der Beendigung der Berechnung die Funktion des »Planungsamtes« aus, da sie bestimmt, welche von den unterbreiteten Sektoren-Planvorschlägen endgültig abgelehnt bzw. in welchem Verhältnis die nicht abgelehnten Vorschläge kombiniert werden sollen.

Die *institutionelle* Erläuterung der Planungsverfahren auf mehreren Ebenen[2] als Modell des wirtschaftlichen Planungs- und Leitungssystems erweckt zahlreiche Gedanken. Hier deuten wir nur auf einige hin, ihre eingehendere Erarbeitung wird die Aufgabe einer späteren Forschung sein.[3]

1. Die mathematische Ökonomie konzentrierte bisher die Aufmerksamkeit auf zwei Modelltypen. Der eine ist die absolut zentralisierte Wirtschaft. Ihr mathematisches Modell wurde von *Barone* in seiner klassischen Studie dargestellt.[4]

Der zweite Modelltyp ist die absolut dezentralisierte Wirtschaft ohne Zentrale. Die Urform dieser mathematischen Modelle ist das Gleichungssystem nach *Walras*. Die neuesten, mathematisch am besten erarbeiteten Formen finden sich in den Werken von *Arrow*, *Debreu* und anderen.[5]

Wenn wir uns aber im wirklichen Wirtschaftsleben umschauen, finden wir weder absolut zentralisierte noch absolut dezentralisierte Wirtschaftsordnungen. Selbst die gegenwärtige kapitalistische Wirtschaft kann durch dieses Modell nicht charakterisiert werden, da auch dort der Einfluß der verschiedenen zentra-

[1] Siehe hierzu den Vortrag von *E. Malinvaud* [115].

[2] Die Bezeichnung Modelle, Planungsverfahren »auf mehreren Ebenen« wird hier von uns in weiterem Sinne gebraucht. Wir verstehen folglich nicht nur das im Kapitel 24 beschriebene konkrete Modell und den Algorithmus mit fiktivem Abspielen darunter, sondern beispielsweise auch die DW-Methode, insofern wir sie als volkswirtschaftliches Planungsmodell anwenden.

[3] Außer in dem erwähnten Vortrag [115] von *E. Malinvaud* wird das Problem z. B. noch im Artikel [175] von *J. Waelbroeck* unter diesem Gesichtspunkt betrachtet.

[4] Siehe [53].

[5] Siehe *G. Debreu* [35], *K. J. Arrow* und *G. Debreu* [4], *K. J. Arrow* und *L. Hurwicz* [7].

len Institutionen sehr groß ist. Eine bedeutende Wirkung übt die Regierung auf die Funktion der Wirtschaft durch die Finanzpolitik, das Steuersystem, das Zollsystem, durch die Abschlüsse von zwischenstaatlichen Verträgen des Außenhandels, durch staatliche Bestellungen aus. In zahlreichen kapitalistischen Ländern werden Perspektivpläne aufgestellt, einzelne Preise staatlich reguliert usw.

Ebensowenig ist die sozialistische Wirtschaft vollkommen zentralisiert, obwohl die Regulierungstätigkeit der zentralen Organe zu ihrem Wesen gehört.

Die wirtschaftlichen Entscheidungen erfolgen in der Wirklichkeit »auf mehreren Ebenen«. Die Wirklichkeit kann folglich viel besser mit mathematischen Modellen auf zwei Ebenen (und später auf mehreren Ebenen) dargestellt werden, als mit den beschriebenen Modellen »auf einer Ebene« (ausschließlich »obere Ebene«, absolut zentralisiert, oder ausschließlich »untere Ebene«, absolut dezentralisiert). Die auf Grund der Studie der Modelle auf mehreren Ebenen ermittelten Ergebnisse werden vermutlich der wirtschaftlichen Realität näher kommen, als die aus den Modellen auf einer Ebene abgeleiteten Sätze.

2. Eine interessante Frage ist, inwieweit es im Zweiebenenplanungsmodell einen »Wettbewerb« gibt. Hierbei beziehen wir uns auf das im Kapitel 24 beschriebene Modell und Verfahren.

In unserem Modell (und auch in der Praxis der sozialistischen Wirtschaft) gibt es Wettbewerbe. Die inländische Produktion und der Import stehen miteinander im Wettbewerb. Die unmittelbare Befriedigung des Inlandsbedarfs durch die Produktion und seine mittelbare Befriedigung durch Export und als Tausch dafür eingebrachten Import stehen im Wettbewerb. Es wetteifern ferner die verschiedenen Sektoren (Behörden, Zweige, Betriebe) miteinander um die zentral verteilten Ressourcen und Produkte. Der Wettbewerb ist jedoch nicht atomistisch, sondern äußerst konzentriert. Er ist ein unter sozialistischen Bedingungen verlaufender, eigenartig »monopolistischer« bzw. »oligopolistischer« Wettbewerb. Oberbehörden, Trusts, Betriebe sind oft »monopolistische« oder zumindest »oligopolistische« Erzeuger je eines Produktes.

Ihr Wettbewerb führt von sich aus, ohne zentralen Eingriff nicht zur stabilen Lage, zur optimalen Verteilung der Ressourcen. Die zentrale Verteilung der grundlegenden Ressourcen ist unentbehrlich, da von jedem Sektor die woanders besser verwendbaren Ressourcen weggenommen werden müssen. Die Umverteilung der Ressourcen kann nur eine Institution ausführen, die einerseits über die hierzu erforderliche Macht und andererseits über den Einblick in jede Sphäre der Volkswirtschaft verfügt, und die schließlich unvoreingenommen und nicht daran interessiert ist, daß der eine Sektor gegenüber dem anderen bevorzugt wird. Die Zentrale bei der Zweiebenenplanung entspricht diesen Kriterien. Sie ist berechtigt, die Ressourcen umzuverteilen, und das wird von ihr nach Maßgabe der Schattenpreise durch das zentrale Programm nach den »Regeln des Mischens« unvoreingenommen ausgeführt.

In den bisher bekannten Modellen der Zweiebenenplanung wird der Wettbewerb stark vereinfacht und übertrieben knapp dargestellt. Sowohl beim DW- als auch beim FA-Modell wird jede mindestens zwei Sektoren berührende Ein-

schränkung als zentrale Bedingung betrachtet. Das bedeutet, daß die Sektoren ihre gemeinsamen Probleme *zu jeder Zeit* durch die »Vermittlung« der Zentrale lösen. Es ist zu untersuchen, unter welchen Umständen und zu welchem Zeitpunkt die Sektoren ihre gemeinsamen Probleme ohne die Mitwirkung der Zentrale unmittelbar zu lösen vermögen. Von diesem Gesichtspunkt müssen wir folglich das Modell der Zweiebenenplanung weiterentwickeln.

3. Unserem Modell können wir gewisse *allgemeine kybernetische Prinzipien* entnehmen, da wir auch die sozialistische Wirtschaft als ein System mit Steuerung, Informationsflüssen, Rückkopplung usw. auffassen können.

Das Modell der Zweiebenenplanung liefert gewisse organisatorische Prinzipien, um den Wirkungsbereich zwischen der Zentrale und den Sektoren aufzuteilen, und damit gemeinsam die Informationsflüsse zwischen den zwei Ebenen festzulegen. So lohnt es sich nicht, sich in der Zentrale mit Zusammenhängen zu befassen, die nur einen Sektor betreffen. Im zentralen Modell sind z. B. die speziellen Einschränkungen des Sektorenmodells gar nicht enthalten. Weiterhin sind die konkreten Vorhaben – die Investitions-, Produktions- und Außenhandelsaktivitäten – Veränderliche der Sektorenmodelle. Die Zentrale holt auch keine Informationen über Daten, ihre technologischen Charakteristiken usw. ein. Die Zentrale muß nur dann Informationen darüber erhalten, wenn sich eine Konsequenz aus den lokal, auf Sektorenebene entschiedenen Vorhaben ergibt, die sich auf andere Sektoren oder auf die Gesamtheit der Volkswirtschaft erstrecken. Daraus folgt, daß es überflüssig ist, den Sektoren über die Einzelheiten der konkreten Vorhaben Anweisungen zu erteilen, sondern es ist nur die auf Sektorenebene vereinigte Wirkung der konkreten lokalen Vorhaben zu beachten.

4. Zum Schluß soll noch ein Problem aufgeworfen werden. Die Zweiebenenplanung bedeutet die Simulation eines eigenartigen Marktprozesses auf der elektronischen Rechenmaschine. Die Zentrale »versteigert« die Ressourcen unter den Sektoren; sie gibt sie demjenigen, der dafür das meiste verspricht. Wenn die unteren Einheiten nicht an der präzisen Weiterleitung der Informationen interessiert sind, dann erhält eventuell nicht derjenige Sektor mehr Ressourcen, der sie besser nutzbar machen kann, sondern derjenige, der die Rückmeldung geschickter verzerrt. (Im Kapitel 9 wurde dargestellt, wie real diese Gefahr ist.)

Die optimale Zuordnung der Ressourcen kann nur dann gesichert sein, wenn die von unten kommenden Informationen ehrlich, objektiv sind. Das kommt in unserem Modell, wie bereits erwähnt, im ökonomischen Inhalt der dualen Sektoren-Zielfunktion zum Ausdruck. Die Sektoren müssen danach streben, daß sie die Wirkung der Vorhaben nicht überbewerten. In der Wirtschaftspraxis ist dementsprechend erforderlich, daß ein wirksamer Hebel die Rolle der dualen Zielfunktion auf Sektorenebene und die des Einschränkungssystems übernimmt. Meiner Meinung nach würde es zweckmäßig sein, wenn jeder Sektor die Konsequenzen der Überbewertung tragen müßte, das heißt im engsten Sinne des Wortes »draufzahlen« würde, wenn er für die ihm zugewiesenen Ressourcen zu viel angeboten hatte.

Über die hier berührten vier Probleme hinaus erfordert der Themenkreis der Planung auf mehreren Ebenen eine tiefgehende Behandlung noch weiterer Fragen.

26. Die Schattenpreise

26.1. Die Angleichung der Schattenpreise

Ein bemerkenswerter Zug der Zweiebenenplanung besteht darin, daß die Schattenpreise während des Iterationsprozesses gleich werden.[1] Die Angleichung geschieht in zweifacher Hinsicht:

1. Die in irgendeiner Periode gültigen Nachfrageschattenpreise eines gegebenen Produktes oder einer Ressource in den verschiedenen Sektoren gleichen sich an. Folglich ist im optimalen Programm der Schattenpreis der Arbeitskräftequote in allen Sektoren gleich: $\omega_{1t} = \omega_{2t} = \ldots = \omega_{nt}$ $(t = 1, \ldots, T)$. Ebenso sind auch die zur Verteilung der einzelnen Produkte dienenden Schattenpreise der Materialquoten in allen Sektoren gleich:

$$\zeta_{1jt} = \ldots = \zeta_{j-1,j,t} = \zeta_{j+1,j,t} = \ldots = \zeta_{njt}.$$

2. Die in irgendeinem Zeitabschnitt gültigen Nachfrage- und Angebotsschattenpreise eines gegebenen Produktes, d. h. die Schattenpreise der Versorgungsaufgabe und der Materialquote des Produktes gleichen sich an. Also ist im optimalen Programm

$$v_{it} = \zeta_{ijt} \quad (i = 1, \ldots, n, j = 1, \ldots, n; i \neq j; t = 1, \ldots, T).$$

Zur volkswirtschaftlichen Optimierungsaufgabe gehört in der Regel ein einziges, eindeutig bestimmtes Schattenpreissystem. In jedem Zeitabschnitt besitzt jedes Produkt und jede Ressource einen einzigen optimalen Schattenpreis.

Unsere Schlußfolgerungen über die Angleichung der Schattenpreise stimmen vollkommen mit dem wohlbekannten Satz der Literatur überein, wonach die differentiellen Erträge der Ressourcen im Falle der optimalen Verteilung für alle Aufwendungsgebiete gleich sind.[2]

Bei der Behandlung der Angleichung der Schattenpreise ist es angebracht, auf eine früher schon berührte Frage zurückzukommen. Es werden viele Diskussionen unter den Ökonomen der sozialistischen Länder darüber geführt, ob es bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen zweckmäßig ist, in verschiedenen Zweigen mit einheitlichen oder mit abweichenden Produktionsfondsabgabefaktoren und

[1] Siehe Anhang H, Satz 3.

[2] Eine der Optimalbedingungen der »Welfare Economics«. (Siehe die zusammenfassende Übersicht bei *K. E. Boulding* [13].) Im wesentlichen zu ähnlichen Feststellungen gelangen mit unterschiedlichen Annäherungen und mathematischen Methoden *A. P. Lerner* [101], *P. A. Samuelson* [152] und *T. C. Koopmans* [68].

Devisenkursen zu rechnen.[1] Wenn unter den Einschränkungen des Zweiebenenplanungsmodells auch Investitionsfondsschranken und Devisenbilanzen vorkommen, so erhalten auch die Investitionsfonds und die Devisenbilanzen Schattenpreise; im Schattenpreissystem erscheinen also kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktoren und Devisenkurse. Dann kommt auch hier die Tendenz der Angleichung der Schattenpreise zur Geltung: die mit der Sicherung der Investitionsfonds bzw. der wirtschaftspolitisch vorgeschriebenen Devisenbilanz zusammenhängende Aufgabenverteilung ist dann optimal, wenn in jedem Sektor auch die Schattenpreise gleich sind. Dies entscheidet, u. a., die Diskussion zugunsten eines für alle Zweige einheitlichen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und eines einheitlichen Devisenkurses — für den Fall, daß wir es mit einem konsistenten, für alle Zweige einheitlichen kalkulatorischen Preissystem zu tun haben.

26.2. Die Relativität der Optimalität der Schattenpreise

Die Bedeutung der aus dem Optimierungsmodell gewonnenen Schattenpreise darf nicht überschätzt werden. Deshalb halten wir die in der sowjetischen Literatur für die Schattenpreise angewandte Bezeichnung »objektiv bedingte Bewertungen« für nicht allzu glücklich.

Wenn das Modell die realen, objektiven Schranken der Entscheidung richtig widerspiegelt (z. B. die Schranken der Naturressourcen, der gegebenen Kapazitäten, der technologischen Gegebenheiten und der demographischen Faktoren), dann üben sie alle einen wesentlichen Einfluß auf das Schattenpreissystem aus. Darüber hinaus werden aber die Schattenpreise auch von anderen Faktoren beeinflußt.

In den unter den Einschränkungen enthaltenen wirtschaftspolitischen Aufgaben sowie in den Zielfunktionen kommen die Ziele der Wirtschaftspolitik zum Ausdruck. Es ist nicht sicher (wenn auch wünschenswert), daß in ihnen das Interesse der Gesellschaft zur Geltung kommt.

Die Wirtschaftspolitik hat, in festgesetzten Schranken, eine gewisse Auswahlmöglichkeit, eine gewisse Autonomie; wir können folglich den Schattenpreis, der sich aus dem die Wirtschaftspolitik widerspiegelnden Modell ergibt, nicht einfach als »objektive Größe« betrachten.

Darüber hinaus ist die Quantifizierung der allgemeinen Ziele der Wirtschaftspolitik mit zahlreichen Schwierigkeiten verbunden.[2] In diesem Zusammenhang ist eine gewisse Willkür und eine Vereinfachung komplizierter Zusammenhänge unvermeidlich. Ähnliche Schwierigkeiten ergeben sich daraus, daß das Modell von zahlreichen Erscheinungen abstrahiert, andere stark vereinfacht usw. Alles das beeinflußt die Schattenpreise ebenfalls, die so auch von den Vorstellungen und Methoden der Modellkonstrukteure abhängig sind. Mit der Verfeinerung

[1] Siehe die Abschnitte 20.1 und G. 5.

[2] Der Zusammenhang der Wirtschaftspolitik mit dem Optimalkriterium wird im Kapitel 27 eingehend behandelt.

der Optimierungstechnik wird sich diese Wirkung vermindern; vorläufig ist sie jedoch zweifelsohne noch bedeutend.

In den Schattenpreisen wird komplex folgendes widerspiegelt: 1. die auf die ökonomischen Prozesse wirkenden objektiven Gesetzmäßigkeiten und Tendenzen, 2. die auf die Entscheidung wirkenden zeitweiligen objektiven Gegebenheiten, 3. die konkreten Ziele der Wirtschaftspolitik, 4. die Abstraktionen und Vereinfachungen des Modellkonstrukteurs. Deshalb muß man die Schattenpreise mit entsprechendem Vorbehalt behandeln, sowohl theoretisch bei der Beurteilung ihrer Rolle und ihres Charakters, als auch bei ihrer praktischen Anwendung.

26.3. Die Anwendung der Schattenpreise außerhalb des Modells

Die Rolle der Schattenpreise ist innerhalb des Modells der Zweiebenenplanung klar; sie ergibt sich eindeutig aus Kapitel 24 und aus Anhang H. Ihre Anwendung innerhalb dieses Modells bedarf keiner besonderen ökonomischen Begründung.

Viel problematischer ist aber die Frage, ob es berechtigt ist, die als Nebenprodukte der Optimierung erhaltenen Schattenpreise sozusagen zu »exportieren«, sie in anderen, mit der Optimierung nicht organisch zusammenhängenden Berechnungen anzuwenden.

Dagegen können gewichtige Argumente vorgebracht werden. Ein gegebenes Schattenpreissystem ist nicht allgemeingültig, man kann nur von den zu der Zielfunktion und dem Einschränkungssystem eines gegebenen Modells gehörenden Schattenpreisen sprechen. Es besteht keine Möglichkeit, den in *einem* Modell gewonnenen Schattenpreis ohne jeden weiteren Vorbehalt in ein *anderes* Modell, in eine andere Art von Berechnung »zu versetzen«, denn dort bleibt er nur ein Fremdkörper. Das andere Modell kann mit dem fremden Schattenpreis seine Aufgabe nicht erfüllen. Beispielsweise erhalten wir in einem mehrere Perioden umfassenden volkswirtschaftlichen Modell, in dem wir das Gesamtvolumen der externen Konsumtion maximieren, innerhalb des Schattenpreissystems Devisenkurse. Es wäre vollkommen unberechtigt, mit den gleichen Devisenkursen in einem Modell zu rechnen, in dem das kurzfristige Optimum des Außenhandels gesucht wird und dessen Zielfunktion die Optimierung der Devisenbilanz ist. Zu noch größeren Fehlern würde ihre Anwendung bei der Bildung von aktuellen Preisen führen.

Die exakte Bestimmung derjenigen Kriterien, auf Grund derer man entscheiden kann, wann die Anwendung irgendeines Schattenpreises gestattet ist und wann nicht, bedarf noch weiterer Untersuchungen. Solange wir dies nicht genau geklärt haben, scheint folgendes Prinzip vernünftig zu sein:

Das die Schattenpreise liefernde und das die Schattenpreise übernehmende Modell sollen in enger Verwandtschaft miteinander stehen, sowohl im ökonomischen Inhalt der Zielfunktion und im Einschränkungssystem als auch in der Behandlung der Zeit und allgemein in ihrer grundlegenden Struktur.

Für die aus der Zweiebenenplanung gewonnenen Schattenpreise bedeutet das Prinzip praktisch folgendes:

Mittels des volkswirtschaftlichen Zweiebenenplanungsmodells kommen wir, wenn auch nicht zu einem sehr detaillierten, Tausende Produkte umfassenden konkreten Preissystem, so doch zu einigen besonders wichtigen, »synthetischen« Schattenpreisen. Dazu gehören Devisenkurse, Naturressourcenrenten, Gebühren für Grundmittel, kalkulatorische Tariflöhne, aggregierte Preise der wichtigsten Produktengruppen (oder zumindest Preisproportionen), auf einzelne Außenhandelsmärkte bezogene Zölle, Dotationen, Exportprämien usw. Bei einer bestimmten Modellstruktur (siehe den nächsten Abschnitt) erhalten wir auch Produktionsfondsabgabefaktoren oder Zinsfüße.

Die wichtigsten Schattenpreise können als kalkulatorische Preise in langfristigen Berechnungen angewandt werden, wenn sie mit einer ähnlichen Zielfunktion und mit ähnlicher Behandlung der Zeit ausgeführt werden wie das volkswirtschaftliche Optimierungsmodell, aus dem die Schattenpreise stammen. So etwa bei der mathematischen Optimierung der Perspektivplanung in einer engeren Optimierungssphäre als ein »Sektor« der Zweiebenenplanung. (Ein Sektor des volkswirtschaftlichen Modells ist z. B. die Textilindustrie, und die aus dem volkswirtschaftlichen Modell gewonnenen Schattenpreise werden »weiter unten«, in der Baumwollindustrie angewandt.)

Darüber hinaus können die aus der volkswirtschaftlichen Optimierung der Perspektivplanung gewonnenen wichtigsten Schattenpreise bei der Bildung der kalkulatorischen Preise für die langfristigen Wirtschaftsberechnungen verwendet werden. Auf diese Möglichkeit haben wir schon im Teil III des Buches bei der Behandlung der kalkulatorischen Bewertungen des öfteren hingewiesen.[1]

Natürlich müssen wir erkennen, daß die aus dem volkswirtschaftlichen Modell gewonnenen Schattenpreise auch für ein ähnliches Modell und für eine ähnliche Berechnung nur annähernd gültig sind. Eigentlich *müßte man* jede Teilberechnung ins volkswirtschaftliche Modell organisch *rückkoppeln.* Dann würden die Koeffizienten der Aktivitäten und Einschränkungen der Teilberechnung auf das zentrale Programm zurückwirken und es abändern, ebenso wie bei der Zweiebenenplanung die Aktivitäten und speziellen Einschränkungen der Sektoren auf die zentrale Verteilung zurückwirken. Das theoretische wirklich befriedigende Verfahren wäre die schon erwähnte *Planung auf mehreren Ebenen,* das früher erwähnte pyramidenartige Netz und die organische Verbindung der nebeneinander, »über-« und »unter-«einander verlaufenden Optimierungen.

[1] Hierbei muß man auf die innere Logik und die Konsistenz des kalkulatorischen Preissystems achten. Die Struktur des kalkulatorischen Preissystems muß man mit dem Modell in Einklang bringen, aus dem man die grundlegenden Schattenpreise übernimmt. So z. B. mußte das im Teil IV beschriebene provisorische kalkulatorische Preissystem die Naturressourcen außer acht lassen. Offensichtlich ergeben sich wesentliche Modifizierungen, wenn wir mit dem volkswirtschaftlichen Optimierungsmodell die Größen der nach den Naturressourcen zu berechnenden Renten bestimmen können — und diese Modifizierungen müssen konsequent im ganzen kalkulatorischen Preissystem durchgeführt werden.

26.4. Der Produktionsfondsabgabefaktor und der Zinsfuß

Wir müssen besonders auf die Berechnung des kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und des kalkulatorischen Zinsfußes mit Hilfe des Schattenpreissystems eingehen. Wie bereits früher festgestellt wurde, ist das der einzig reale Weg zu ihrer zahlenmäßigen Bestimmung.

Bei der ersten, im Abschnitt 25.3 erwähnten, praktischen Erprobung der Zweiebenenplanung optimieren wir die wirtschaftliche Struktur des letzten Planjahres. Eine der Einschränkungen betrifft auch den Investitionsfonds. Der Schattenpreis des Fonds kann als Schätzung des Produktionsfondsabgabefaktors γ betrachtet werden.

Der ökonomische Inhalt des aus dem volkswirtschaftlichen Optimierungsmodell gewonnenen γ ist aus mehreren Gründen mit dem im Kapitel 18 beschriebenen γ nicht vollkommen identisch. 1. Dort haben wir zahlreiche stark vereinfachende Voraussetzungen bezüglich gewisser Charakteristiken des wirtschaftlichen Zuwachses unterstellt. Jetzt geht unser Modell auf Grund konkreter zahlenmäßiger Schätzungen im Beschränkungssystem sowie bei der Bestimmung der Koeffizienten der Aktivitäten auf Einzelheiten ein. 2. Dort haben wir die Maximierung des Nationaleinkommens als Zielfunktion betrachtet, während hier eventuell eine andere Zielfunktion gewählt wird. 3. Dort haben wir den Zielfunktionswert, das Nationaleinkommen insgesamt zwei primären inländischen Ressourcen, nämlich der Beschäftigtenanzahl und dem Produktionsfonds zugerechnet, hier hingegen können wir sicher mit wesentlich mehr und weiter differenzierten Ressourcen rechnen.

Die Unterschiede wirken sich *zugunsten* der mit der Optimierung gewonnenen Schattenpreise aus. Wenn wir im Teil IV des Buches gezwungen waren, ein viel einfacheres, auf mehreren vereinfachenden Voraussetzungen beruhendes kalkulatorisches Preissystem vorzuschlagen, so deshalb, weil noch kein zahlenmäßig berechnetes volkswirtschaftliches Programm zur Verfügung steht. Wenn wir die Schattenpreise, die aus dem volkswirtschaftlichen Programm gewonnen wurden, besitzen, wird es, worauf wir schon hingewiesen hatten, zweckmäßiger sein, ein verfeinertes kalkulatorisches Preissystem für langfristige Berechnungen auszuarbeiten.

Später wollen wir dann zur Anwendung des im Kapitel 24 ursprünglich beschriebenen Mehrperiodenmodells übergehen. Das Mehrperiodenmodell wendet nicht die stark aggregierte Kategorie des Investitionsfonds an, deshalb erscheint in seinem Schattenpreissystem keine zum Produktionsfondsabgabefaktor γ analoge Größe. Das Modell behandelt die für die Investitionen erforderlichen Aufwendungen in einer viel tieferen Aufgliederung in der Zeit und nach Produkten. Eine Investitionsaktivität beansprucht keinen allgemeinen »Investitionsfonds«, sondern Maschinen, Gebäude, Ausrüstungen (entsprechend der Sektorenzerlegung des Modells), und auch diese für jede Periode besonders. Die einzelnen Produkte besitzen nicht einen einzigen Schattenpreis, sondern von Zeitabschnitt zu Zeitabschnitt veränderliche, zeitabhängige »bewegliche« Schattenpreise. Aus

den zu den einzelnen Zeitabschnitten gehörenden Schattenpreisen kann eine Art Zinsfußsystem nach folgender Formel errechnet werden:

$$i_{jt} = 1 - \frac{v_{j,t+1}}{v_{jt}}, \tag{26.1}$$

wobei

i_{jt} der auf das j-te Produkt bezogene Zinsfuß im Intervall $[t, t + 1]$

v_{jt} der Schattenpreis, der auf das j-te Produkt bezogenen Versorgungsaufgabe im t-ten Zeitabschnitt ist. Im Sinne des Angleichungssatzes fällt dieser Angebotsschattenpreis im optimalen Programm mit dem Nachfrageschattenpreis, d. h. mit dem Schattenpreis der Materialquote zusammen.

Zur Erläuterung des so gewonnenen Zinsfußes wollen wir der Anschaulichkeit halber annehmen, daß in der Zielfunktion die Maximierung des Nettodevisenertrages vorgeschrieben sei. Wenn wir die Auflage der externen Konsumtion derart abändern, daß wir die vom j-ten Produkt im t-ten Zeitabschnitt auszustoßende externe Konsumtion d_{jt} um Δ vermindern, dann nimmt auch S^*, der zum optimalen Programm gehörende Zielfunktionswert, d. h. die Summe des in der ganzen Planperiode erreichten Nettodevisenertrages zu, und zwar um s'. Wenn wir hingegen die Auflage der externen Konsumtion nicht im t-ten, sondern im $(t + 1)$-ten Zeitabschnitt um die gleiche Menge Δ vermindern, dann nimmt der optimale Zielfunktionswert ebenfalls zu, diesmal jedoch um s''. Nun ist aber *die Wirkung des Verzichts auf eine spätere Konsumtion geringer, als wenn wir auf eine frühere Konsumtion verzichten; denn bei einem früheren Verzicht können die frei werdenden Ressourcen eher produktiv investiert werden.* Das wird durch die Kennziffer

$$i_{jt} = 1 - \frac{s''}{s'} \tag{26.2}$$

ausgedrückt. Sie zeigt also die Wirkung *der zeitlichen Verschiebung* der Konsumtion von einer Einheit des i-ten Produktes an. Die Wirkung des Verzichts auf die Konsumtion des j-ten Produktes wächst auf das $(1 + i_{jt})$-fache, wenn er nicht im $(t + 1)$-ten, sondern schon im t-ten Zeitabschnitt erfolgt.

Es ist eine interessante Frage, ob sich auch in diesem Zinsfußsystem irgendeine Angleichungstendenz zeigt. Möglicherweise wirken sich – wenn T genügend groß ist (oder besser, wenn es sich gegen unendlich entwickelt) und wenn weitere notwendige Bedingungen erfüllt sind – die Umgruppierungen nicht nur zwischensektorial, sondern auch zeitlich in Richtung auf eine Angleichung aus.

Das Problem erfordert weitere Untersuchungen. Wir können hierzu noch keine genügend begründeten Aussagen machen.

27. Das Optimalkriterium

7.1. Die Ausrichtung des Optimalkriteriums auf die wirtschaftspolitischen Ziele

Die Optimierung der Devisenbilanz der Volkswirtschaft wurde im Kapitel 24 nur zur Veranschaulichung, ohne nähere Erläuterung und Stellungnahme als Zielfunktion gewählt. Im vorliegenden Kapitel soll das Problem des Optimalkriteriums näher untersucht werden.

Solange es sich ausschließlich um das zweigliche Modell handelte, wurde als Zielfunktion die Minimierung der Aufwendungen gewählt. Dem lag unausgesprochen folgende Voraussetzung zugrunde:

Die in der untersuchten Optimierungssphäre, über die mit traditionellen Methoden erarbeiteten offiziellen Auflagen hinaus eingesparten Ressourcen können in anderen Sphären der Volkswirtschaft gesellschaftlich nützlich verwendet werden.

Da in der ungarischen Planungspraxis die den Zweigen zugeteilten Ressourcen in der Regel im Vergleich zu den durch die Wirtschaftspolitik vorgegebenen Produktionsaufgaben knapp sind, kann diese Voraussetzung auf zweiglicher Ebene als berechtigt betrachtet werden.

Die für einen begrenzten Teil der Volkswirtschaft gültige Voraussetzung kann jedoch nicht auf *das Ganze* übertragen werden. Die eingesparten Ressourcen können auf volkswirtschaftlicher Ebene als unausgenutzte Maschinenkapazitäten, brachliegende Felder und in Form von Arbeitslosigkeit erscheinen, wenn man nicht planmäßig für ihre produktive Nutzung sorgt. Es wäre also falsch, das in den zweiglichen Optimierungen angewandte Optimalkriterium ohne jede weitere Überlegung in die volkswirtschaftlichen Modelle zu übertragen.

Das Problem des volkswirtschaftlichen Optimalkriteriums ist sowohl theoretisch als auch praktisch außerordentlich kompliziert. Über die streng genommenen ökonomischen Beziehungen hinaus besitzt es zahlreiche weitere politische, soziologische, psychologische, ethische usw. Aspekte. Seiner Kompliziertheit wegen beurteilen z. B. manche Ökonomen in Ungarn, die sich mit der Anwendung der mathematischen Methoden befassen, die Möglichkeit seiner Klärung vollkommen pessimistisch. Sie machen lieber einen Rückzug und schlagen die Anwendung solcher Modelle vor, in denen keine Zielfunktion, kein explizite formuliertes Optimalkriterium enthalten ist.[1]

Unserer Meinung nach besteht jedoch kein Grund für diesen Agnostizismus; es ist nicht erforderlich (und wie sich später herausstellen wird, besteht auch keine

[1] In Ungarn gibt es kaum in Büchern oder Artikeln veröffentlichte Meinungen über das Optimalkriterium. Um so öfter taucht das Thema in den mündlichen Diskussionen der Ökonomen auf, die mathematische Methoden anwenden.

Möglichkeit), die Aufstellung des Optimalkriteriums vollkommen zu umgehen. Zweifellos befindet sich die Untersuchung dieser Frage in den allerersten Anfängen. Hier beabsichtigen wir auch nichts weiter, als einige praktische Möglichkeiten zu skizzieren, die der weiteren Klärung der Frage dienen können. Eine befriedigende theoretische Begründung können wir nicht geben. Wir versuchen nur – ähnlich wie bei der Analyse im Kapitel 18 – zu klären, *welche Hypothesen und theoretischen Voraussetzungen den angewandten praktischen Verfahren zugrunde liegen* und eine Aussage darüber zu erhalten, welche Fragen bei der Anwendung dieser Verfahren unter bestimmten Umständen *nicht berührt* werden.

Wir beschränken uns bei der Untersuchung der Frage ausschließlich auf die Situation der sozialistischen Planwirtschaft, und zwar unter den gegenwärtigen in Ungarn herrschenden Bedingungen (Methoden der Wirtschaftsleitung, der Planung usw.).

Wir gehen von folgendem Postulat aus:

Die auf der Grundlage des Modells vorgenommene Berechnung soll zu solchen praktischen Vorschlägen führen, die die Ziele der Wirtschaftspolitik möglichst gut erfüllen.

Zuerst soll auf den Begriff des wirtschaftspolitischen Zieles eingegangen werden. Das wirtschaftspolitische Ziel bezeichnet die erwünschte *allgemeine* Richtung der Vorhaben der Wirtschaftsleitung. Natürlich ist es ziemlich schwer zu definieren, was unter dem Attribut »allgemein« zu verstehen ist. Es ist schwer, endgültig den Begriffskreis des »Zieles« zu charakterisieren, und was nur als zur Erreichung des Zieles angewandtes »Mittel« zu betrachten ist. Statt einer genauen Kennzeichnung illustrieren wir lieber an Beispielen, wie wir den Begriff in unseren weiteren Darlegungen auffassen wollen. Ein wirtschaftspolitisches Ziel ist z. B. die Hebung des Lebensstandards der Werktätigen, die Steigerung der militärischen Kraft des Landes, die wirtschaftliche Hilfeleistung für andere Länder, die rasche Überwindung der wirtschaftlichen Rückständigkeit des Landes usw. Nicht als wirtschaftspolitisches Ziel betrachten wir z. B. die Entwicklung der Meßgerätetechnik oder die Mechanisierung der Landwirtschaft. Das sind konkrete Einzelaufgaben, die als Mittel zur Erreichung der wirtschaftspolitischen Ziele dienen. (Unsere mathematischen Optimierungen haben gerade die Aufgabe, zu klären, ob diese oder andere Vorhaben den wirtschaftspolitischen Zielen am besten dienen.)

Wir sprechen von wirtschaftspolitischen *Zielen*, wenn der Begriff in der obigen Weise aufgefaßt wird und in der Regel *mehrere* wirtschaftspolitische Ziele nebeneinander bestehen. Die Gesamtheit der Ziele könnten wir auf ein noch allgemeineres »End«-Ziel zurückführen (z. B. auf »den Aufstieg der Menschheit«). Das würde aber, obwohl es bei der Betrachtung gewisser Zusammenhänge berechtigt ist, keine genügend präzise Grundlage für unsere quantitativen Untersuchungen abgeben.

Die Abgrenzung der wirtschaftspolitischen *Ziele* von den diesen Zielen dienenden *Mitteln* oder Einzelaufgaben wird in diesem Kapitel noch weiter besprochen werden. Jetzt behandeln wir zuerst die Frage, welche Probleme durch die obige Formulierung des Postulats offengelassen werden.

1. Zuerst lassen wir das Problem offen, ob die Ziele der Wirtschaftspolitik mit den Interessen der Gesellschaft übereinstimmen. Die Beurteilung dieser Frage geht weit über die engeren Grenzen der Ökonomie hinaus und führt in andere Bereiche, vor allem in den Bereich der Politik.

Niemand kann behaupten, daß die Ziele der Wirtschaftspolitik notwendigerweise die Interessen der Gesellschaft immer richtig widerspiegeln. Die in den allgemeinsten Zielen der Wirtschaftspolitik möglicherweise enthaltenen Verzerrungen können jedoch mit Hilfe mathematischer Modelle nicht korrigiert werden. Natürlich heißt das nicht, die Wissenschaft sei *im allgemeinen* unfähig, Anhaltspunkte zur Beurteilung der Richtigkeit der wirtschaftspolitischen Ziele zu geben. Mit Hilfe bestimmter Zweige der Wissenschaft kann diese Frage auf Grund historisch beobachteter Tendenzen von Wirtschaft und Gesellschaft mit politisch-soziologischen Methoden usw. analysiert werden. Wir behaupten lediglich, daß die Modelle der *mathematischen Optimierung* nicht zur Beurteilung der Richtigkeit der allgemeinen wirtschaftspolitischen Ziele geeignet sind.

Die behandelten Zusammenhänge lassen sich folgendermaßen darstellen.

Gesellschaftliches Interesse → wirtschaftspolitische Ziele → Optimalkriterium des volkswirtschaftlichen Planungsmodells.

Der unmittelbare »Auftraggeber« des volkswirtschaftlichen Planungsmodells ist jedenfalls die Wirtschaftsleitung und nicht die »Gesellschaft« in ihrer abstrakten Totalität. Der Zusammenhang zwischen dem ersten und zweiten Glied der obigen Beziehung gehört, wie wichtig er auch ist, nicht zum Gegenstand unserer Untersuchung, und wir befassen uns nur mit der Beziehung zwischen dem zweiten und dritten Glied.

2. Mit der obigen Formulierung des Postulats wird das Problem der Berücksichtigung der *Präferenzen der Konsumenten* offengelassen. Natürlich drücken sich auch in unserer Wirtschaft in unzähligen individuellen Entscheidungen die mit der Befriedigung der eigenen Bedürfnisse in Beziehung stehenden individuellen Präferenzen aus. Das geschieht auf Gebieten wie:

- Nachfrage nach Konsumtionsartikeln und Dienstleistungen,
- individuelle Ersparnisse,
- Wahl des Berufs, der Fachbildung und des Arbeitsplatzes,
- Auswahl zwischen Freizeit und Annahme von Arbeiten über die für Werktätige gesetzlich festgelegte Arbeitszeit hinaus.

Bei einzelnen grundlegenden Entscheidungen kommt aber die »Souveränität der Konsumenten« nicht zur Geltung.[1] Eine solche grundlegende Entscheidung ist vor allem die Bestimmung der Akkumulation des Produktionsfonds, das heißt der Verteilung von »gegenwärtiger« und »zukünftiger« Konsumtion. Die

[1] Die sogenannte »Souveränität des Verbrauchers« ist unserer Meinung nach bei zahlreichen grundlegenden Entscheidungen nicht erwünscht. Doch wünschenswert oder nicht, gibt es keine reale Wirtschaft, in der die Souveränität des Verbrauchers vollkommen zur Geltung käme. Auch das Modell der »Souveränität des Verbrauchers« darf nicht beanspruchen, den *realen* oder einen zu erreichenden *idealen* Zustand widerzuspiegeln; es darf nur als »reiner Typ« zum Zwecke der theoretischen Analyse betrachtet werden.

individuelle Spartätigkeit wird auf viele Weisen stimuliert, doch ist ihre Bedeutung im Verhältnis zur Gesamtakkumulation verhältnismäßig gering.[1] Das bedeutet, daß das Ausmaß der Akkumulation überwiegend durch die Entschlüsse der Wirtschaftsleitung unmittelbar gestaltet, und nicht durch die summierte Wirkung der Zeitpräferenzen der Individuen bestimmt wird. Bei anderen wichtigen Entscheidungen herrschen ähnliche Verhältnisse.

Die Wirtschaftsleitung muß bei der Gestaltung der Wirtschaftspolitik die individuelle Präferenz natürlich berücksichtigen. Wenn sie nicht danach handelt, verliert sie die Sympathie der Massen, und es kann sogar infolge der Nichtbeachtung der individuellen Präferenzen unmöglich werden, die gestellten Aufgaben zu lösen.

Wenn, um ein praktisches Beispiel zu geben, als wirtschaftspolitisches Ziel die systematische Hebung des Lebensstandards angestrebt wird, dann muß mit der strukturellen Umschichtung der Nachfrage gerechnet werden, was aus der Theorie des Konsumentenbedarfs wohl bekannt ist. Das Individuum, dessen Einkommen sich erhöht, hat spontan auf Grund eigener Präferenzen den Wunsch, einen Fernsehapparat, einen Kühlschrank oder einen Kraftwagen zu kaufen, und das muß die Wirtschaftsleitung bei der Aufstellung der Produktions-, Investitions-, Import- und Binnenhandelspläne real berücksichtigen.[2] Im mathematischen Modell drücken wir das aber nicht als individuelle Präferenzen, sondern als Entschluß der Wirtschaftspolitik zur Abänderung der Warenzusammensetzung der inländischen Konsumtion aus. Wir fordern also vom Optimalkriterium unseres Modells nicht, daß es das Streben nach maximaler Befriedigung des Konsumentenbedarfes *unmittelbar* ausdrückt.

Hier möchten wir noch einmal betonen: die Übereinstimmung zwischen den individuellen Präferenzen und der Wirtschaftspolitik, die Begründung von even-

[1] Die Bankeinlage ist natürlich nicht die einzige Form des individuellen Sparens. Trotzdem charakterisiert es das Gewicht der individuellen Spartätigkeit, daß 1958 bis 1961, in einer Zeit wachsender Zunahme der Bankeinlagen, der Jahreszuwachs der Bankeinlagen ca. 4—8 Prozent des Jahreszuwachses des Produktionsfonds d. h. der produktiven Akkumulation betrug.

[2] Hier müssen zwei ergänzende Bemerkungen gemacht werden:

Erstens ist allgemein bekannt, daß, obwohl die Konsumentenwahl *unmittelbar* vom individuellen Geschmack, von der Veranlagung usw. beeinflußt wird, diese Wahl als *Massenerscheinung* der Wirkung allgemeinerer Kräfte (der wirtschaftlichen Lage der Individuen, der Zugehörigkeit zu Klassen oder Schichten, allgemeiner kultureller Faktoren usw.) unterworfen ist. Gerade dadurch wird die Erforschung der Nachfrage mittels mathematisch-statistischer Methoden und eine darauf begründete Nachfrageprognose ermöglicht. In unserer Planwirtschaft werden die wissenschaftlichen Nachfrageprognosen auf immer weiteren Gebieten angewandt. Siehe hierzu das Buch [12] von *J. Bognár*.

Zweitens bedeutet die nüchterne Berücksichtigung der individuellen Präferenzen nicht notwendigerweise deren passive Annahme. Wenn es das Gesamtinteresse der Gesellschaft erfordert, können diese von der Wirtschaftsleitung mit zahlreichen Mitteln beeinflußt werden: mit entsprechender Preisgestaltung bei den Konsumentenentscheidungen, mit der planmäßigen Lenkung der Berufsausbildung und mit entsprechender Lohnpolitik bei der Auswahl des Berufes, der Fachbildung und des Arbeitsplatzes usw.

tuellen Abweichungen sind wichtige Probleme – diese Frage liegt aber außerhalb des Themenkreises unserer Arbeit.

3. Wir lassen die Frage offen, inwieweit die Wirtschaftsleitung ihre Ziele einheitlich stellt. Die Wirtschaftsleitung ist in der Praxis auf zahlreiche Institutionen verteilt, von den höchsten Organen (Regierung, Landesplanungsamt) bis zu den untersten (Betrieb, landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft usw.). Über die Übereinstimmung bzw. den Widerspruch zwischen der Wirtschaftspolitik der höchsten Ebene und z. B. dem Verhalten der Leiter der Betriebe über die Frage der Zusammenhänge mit dem finanziellen Interesse und allgemein mit dem konkreten System der Methoden der Wirtschaftsleitung gibt es eine umfangreiche Literatur. Hier sehen wir von den eventuellen Widersprüchen ab und nehmen die Homogenität der Wirtschaftsleitung an. Als Repräsentanten der Wirtschaftspolitik betrachten wir die zentralen Organe, die dazu berufen sind, die allgemeinen Ziele der Wirtschaftspolitik zum Ausdruck zu bringen.

Aus den drei behandelten Punkten geht hervor, daß mit der Formulierung des Postulats zahlreiche besonders schwierige Fragen offengelassen werden, die die politische, soziologische und ökonomische Theorie der Wirtschaftspolitik betreffen.

Eine Frage versuchen wir jedoch zu beantworten, und zwar die Frage nach *der Quantifizierung der wirtschaftspolitischen Ziele.* Im folgenden bezeichnen wir als wirtschaftspolitisches Ziel ein allgemeines Bestreben der Wirtschaftsleitung, das vorerst nur in *qualitativer* Weise formuliert ist. (Zum Beispiel die Hebung des Wohlstandes der Gesellschaft oder die Steigerung der wirtschaftlichen und militärischen Kraft des Landes usw.) Wie können solche wirtschaftspolitischen Ziele mit Hilfe von Zahlen ausgedrückt werden?

27.2. »Gewichtung« und »absolute Aufgabe«

Betrachten wir ein volkswirtschaftliches Optimierungsmodell in allgemeiner Form. In der Volkswirtschaft seien n Aktivitäten zu unterscheiden, ihren Umfang gebe das *Programm* $x_1, x_2, \ldots, x_n$ an. Die gegenseitigen Zusammenhänge zwischen den Aktivitäten sowie deren von außen gegebene Schranken drückt ein aus m Ungleichungen bestehendes Einschränkungssystem aus:

$$\begin{aligned} a_1(x_1, x_2, \ldots, x_n) &\leqq b_1 \\ a_2(x_1, x_2, \ldots, x_n) &\leqq b_2 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ a_m(x_1, x_2, \ldots, x_n) &\leqq b_m . \end{aligned} \tag{27.1}$$

Die nähere mathematische Bestimmung dieser Bedingungen (ob es sich um lineare oder nichtlineare Zusammenhänge handelt usw.) können wir offen lassen.

Die Wirtschaftspolitik habe k verschiedene wirtschaftspolitische Ziele, z. B. 1. die Hebung des materiellen Lebensstandards der Bevölkerung, 2. die Verbesserung der Außenhandelsposition des Landes, 3. die Entwicklung der Bewaffnung des Landes usw.

Der allgemeine ökonomische Inhalt der Zielfunktion des Modells ist die maximale Erfüllung der wirtschaftspolitischen Ziele. In mathematischer Form lautet die Zielfunktion:

$$S(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n} \alpha_i s_{ij}(x_j) \rightarrow \max! , \qquad (27.2)$$

wobei

α_i das Gewicht des i-ten wirtschaftspolitischen Ziels und
$s_{ij}(x_j)$ die Funktion, die den Beitrag der j-ten Aktivität zur Erreichung des i-ten wirtschaftspolitischen Ziels ausdrückt.

Es ist wieder nicht notwendig, besondere Bedingungen für die mathematische Beschaffenheit der Funktionen $s_{ij}(x_j)$ zu fordern.[1]

In der ersten Annäherung interpretieren wir unser Modell folgendermaßen: Das Einschränkungssystem fixiert sämtliche objektiv notwendigen Zusammenhänge, z. B. die technologischen Beziehungen, die Schranken der natürlichen Ressourcen, die Schranken für Aktivitäten, die an vorhandene alte Kapazitäten geknüpft sind usw. Die Zielfunktion drückt die Wünsche der Wirtschaftsleitung aus, oder im Einschränkungssystem kommt das »*muß*« (oder das »*unmöglich*«), in der Zielfunktion jedoch das »*je mehr, desto besser*« zum Ausdruck. Das Einschränkungssystem drückt die zwingende Kraft der äußeren Umstände, die Zielfunktion jedoch die Wünsche der Wirtschaftspolitik aus.

Die logische Struktur des Modells, die Trennung der Aufgaben des Einschränkungssystems und der Zielfunktion sind theoretisch vollkommen klar. Die Frage ist jedoch, ob in der Praxis ein volkswirtschaftliches Planungsmodell in dieser Weise aufgebaut werden kann. Nach unserer Meinung ist das nicht der Fall.

Die erste Schwierigkeit ergibt sich sofort bei der Trennung von »Notwendigkeit« und »Wunsch«. Es gibt klare Fälle – z. B. solche, die oben erwähnt wurden –, die festgelegten technologischen Zusammenhänge, die Naturgegebenheiten usw. Doch wie ist die Lage z. B. bei der Hebung des Lebensstandards? Die Produktivkräfte des Sozialismus können nicht wirken, geschweige sich entwickeln bei einem auf unterer Stufe stagnierenden materiellen und kulturellen Niveau der Werktätigen. Die regelmäßige Hebung des Lebensstandards ist notwendig und muß deshalb nach der obigen logischen Gliederung in das Einschränkungssystem aufgenommen werden. Doch ob das notwendige Minimum der Lebensstandardhebung z. B. 2 Prozent im Jahr beträgt, und was darüber hinaus geht, nur noch erwünscht ist oder ob das Minimum ein Prozent oder drei Prozent ist, das kann kaum beantwortet werden.

[1] Wir könnten der Zielfunktion statt (27.2) eine andere, *allgemeinere* Form geben. (Z. B. könnten wir einen allgemeinen »Mittelwert« der verschiedenen wirtschaftspolitischen Ziele aufschreiben usw.) Die Form (27.2) scheint jedoch den folgenden Gedankengang genügend zu veranschaulichen, womit ihre Aufgabe schon erfüllt ist.

Offensichtlich ist die Verstärkung der Landesverteidigung auch kein einfacher Wunsch, da gegenwärtig kein Land auf die Modernisierung seiner Bewaffnung verzichten kann. Doch was ist das notwendige und unvermeidliche Minimum der Ausgaben für die Landesverteidigung?

Es lohnt sich nicht, die Beispiele fortzusetzen. Die Schlußfolgerung ist klar: *es gibt keine scharfe Trennungslinie zwischen dem »muß« und dem »je mehr, desto besser«. Es gibt kein selbstverständliches, »natürliches« Kriterium, auf Grund dessen in jedem Fall abzugrenzen wäre, ob eine Forderung zum Einschränkungssystem (»muß«) oder zur Zielfunktion (»je mehr, desto besser«) gehört.*

Die zweite Schwierigkeit besteht in der Bestimmung der Funktionen $s_{ij}(x_j)$, in der Messung des Beitrages jeder Aktivität zu einem wirtschaftspolitischen Ziel. Manchmal ist die Messung möglich. Ist z. B. das Ziel die Verbesserung der Außenhandelsposition des Landes, so kann der Erfolg mit dem Nettodevisenertrag der Aktivität gemessen werden. Doch wie messen wir z. B. den Beitrag zum kulturellen Aufstieg der Gesellschaft? Hier könnte nur irgendein *künstliches* Maß des Nutzeffekts angewandt werden, eine »Punktwertung«, »Gewichtung« oder etwas Ähnliches.

Die dritte Schwierigkeit besteht darin, das relative Gewicht α_i der verschiedenen nebeneinander bestehenden wirtschaftspolitischen Ziele zu bestimmen. Nehmen wir der Einfachheit halber an, daß die Funktionen $s_{ij}(x_j)$ linear und für sich einzeln meßbar sind. Dann ergibt sich die Frage, mit wieviel Einheiten des kulturellen Niveauanstiegs eine Einheit der materiellen Lebensstandardhebung und mit wieviel Einheiten der Entwicklung der Landesverteidigung eine Einheit der Verbesserung der Außenhandelsposition des Landes gleichwertig ist. Hier handelt es sich nicht einfach darum, daß wirtschaftliche und nichtwirtschaftliche Erscheinungen nicht miteinander gemessen werden können. In Wirklichkeit sind die Ziele mit »wirtschaftlichem« Charakter auch nicht rein ökonomisch. Der Anstieg des materiellen Lebensstandards ist notwendigerweise auch mit politischen, kulturellen, moralischen usw. Folgen verbunden.

Es gibt weder Individuen noch Kollektive, die fähig sind, ihre Wünsche bewußt, in »quantitativen Gewichtssystemen« mitzuteilen. Es sind Interview-Methoden bekannt, mit deren Hilfe aus den Antworten auf zweckmäßig gestellte Fragen Präferenzgewichte ableitbar sind. Operationsforscher haben z. B. solche Interviews mit den Abteilungsleitern eines Betriebes durchgeführt und haben auf dieser Grundlage die Zielfunktionen des Betriebsmodells konstruiert.[1] Ohne uns

[1] Eine Beschreibung der empirischen Untersuchungen zur Konstruktion der »Gewichtung« verschiedener Ziele wird z. B. im Buch von *C. W. Churchman* und *R. L. Ackoff* und *E. L. Arnoff* [21] (Seite 145–153) mitgeteilt. Dort ist auch eine Bibliographie über ähnliche Untersuchungen zu finden.

Zur empirischen Ergänzung eines theoretischen Gedankenganges haben wir auch eine derartige Untersuchung vorgenommen (siehe Abschnitt 13.2 über die Sicherheitsstrategien). Diese Untersuchung wurde aber nicht in bezug auf die obersten Wirtschaftsleiter durchgeführt und bezog sich auch nicht auf die allgemeinsten Ziele der Wirtschaftspolitik.

auf die Bewertung dieser Untersuchungen einzulassen, können wir mit Gewißheit sagen, daß es naiv wäre, wenn man aus ähnlichen Interviews mit verantwortlichen leitenden Politikern eines Landes auf die allgemeinsten Ziele der Politik und Wirtschaftspolitik schließen wollte bzw. auf die relativen »Gewichte« dieser Ziele (»Wieviel neue Volksschulen halten Sie mit der Bildung einer Devisenreserve von einer Million Dollar von volkswirtschaftlichem Gesichtspunkt für gleichwertig?« etc.).

So ungewöhnlich es in der Praxis der sozialistischen Planwirtschaft ist, die »Gewichte« der wirtschaftspolitischen Ziele bzw. die relativen Gewichte der verschiedenen Ziele auszudrücken, so gewohnt und natürlich ist es, daß die allgemeinsten Bestrebungen der Wirtschaftspolitik von vornherein in gewissen zahlenmäßigen Aufgaben *in absoluten Größen* statt in relativen Proportionen ausgedrückt werden.

Zur weiteren Darlegung müssen einige Begriffe eingeführt und definiert werden.

Zuerst unterscheiden wir zwei allgemeine Typen der Messung und damit der Maßeinheit: die Messung mit konventionellen und die Messung mit konstruierten Maßeinheiten. Im ersten Falle erfolgt die Messung mit verschiedenen naturalen oder technischen Einheiten (z. B. in Tonnen, in kWh) oder in Geldeinheiten (in inländischer oder ausländischer Währung). Konventionelle Messungen können mit tatsächlich gültigen aktuellen Preisen aber auch mit kalkulatorischen Preisen (wie z. B. im Teil IV des Buches behandelt) durchgeführt werden. Obwohl wir die kalkulatorischen Preise mit speziellen Berechnungen nur für kalkulatorische Zwecke bilden, so gehen wir dabei dennoch von derartigen Grundangaben aus, die ursprünglich mit konventionellen Maßeinheiten gemessen und statistisch beobachtet wurden (z. B. von makroökonomischen statistischen Angaben, von mit aktuellen Preisen berechneten Input-Output-Tabellen usw.). Demgegenüber sind konstruierte Maßeinheiten verschiedene Arten von »Punkten«, »Nutzenseinheiten«, »Präferenz-Gewichten«. Sie dienen der (mittels Interviews oder anderer Methoden) erhaltenen Quantifizierung der Präferenzen, die mit konventionellen Einheiten inkommensurabel sind.

Wir nennen jenen Typ der wirtschaftspolitischen Ziele wirtschaftspolitische Forderung, deren Erfüllung in konventionellen Einheiten gemessen werden kann. Zum Beispiel kann die Steigerung der individuellen Konsumtion der Bevölkerung eine wirtschaftspolitische Forderung sein. Dagegen ist die Steigerung des »Wohlstands« keine wirtschaftspolitische Forderung.

Eine wirtschaftspolitische Aufgabe nennen wir den von der Wirtschaftsleitung vorgeschriebenen Stand der Erfüllung einer wirtschaftspolitischen Forderung. Diese Vorschrift kann in der Praxis in Form einer Gleichung oder einer Ungleichung erfolgen. Meistens wird sie in Form einer unteren Schranke angegeben. Zum Beispiel soll die gesamte individuelle Konsumtion der Bevölkerung im Jahre 1975 mindestens so und soviele Milliarden Ft oder der positive Saldo der Devisenbilanz im Jahre 1970 so und soviele Millionen Dollar betragen. Die wirtschaftspolitische Aufgabe drückt in Form *einer absoluten Zahl* den Entschluß der Wirt-

schaftsleitung aus, in welchem Maß eine wirtschaftspolitische Forderung zu erfüllen ist.[1]

Nach der Begriffsbestimmung kehren wir zu unserem Problem zurück. In der Praxis der sozialistischen Planwirtschaft bringt die oberste Wirtschaftsleitung in der Regel mit der Bestimmung der wirtschaftspolitischen Hauptaufgaben die Hauptzüge ihrer Wirtschaftspolitik zum Ausdruck. So kommt es beispielsweise in der ersten Phase der Erarbeitung der Perspektivpläne zu einer ersten, provisorischen Bestimmung der wirtschaftspolitischen Aufgaben, und in den späteren Phasen der Planung wird von den leitenden politischen Gremien (Parteitag, Regierung, Parlament) die endgültige Größe der wirtschaftspolitischen Aufgaben festgesetzt.

Fassen wir die Folgerungen aus der Praxis zusammen. Es ist nicht möglich, doch auch nicht erforderlich, sich an die zu Anfang des Abschnitts beschriebene »reine« Arbeitsteilung zwischen Zielfunktion und Einschränkungssystem zu klammern. Statt dessen kann folgendermaßen verfahren werden:

Einzelne wirtschaftspolitische Ziele werden im Rahmen des Einschränkungssystems derart ausgedrückt, daß die Erfüllung der von der Wirtschaftsleitung festgesetzten wirtschaftspolitischen Aufgabe vorgeschrieben wird.[2]

Dies ist um so besser begründet, als in derartigen wirtschaftspolitischen Aufgaben in der Regel das »muß« und das »je mehr, desto besser«, d. h. die Erkenntnis der Notwendigkeit und der Ausdruck der Wünsche der Gesellschaft verflochten sind.

Man muß davon absehen, daß in der Zielfunktion die wirtschaftspolitischen Ziele zusammenfassend ausgedrückt werden, da das nur mittels konstruierter Maßeinheiten geschehen könnte. In der Praxis besteht keine Möglichkeit, das konstruierte »Gewichtssystem« zu eichen. *Deshalb können in der Zielfunktion ausschließlich konventionell meßbare wirtschaftspolitische Anforderungen zum Ausdruck gebracht werden.*

Dieser Gedankengang führt zu einer gewissen Entwertung der Rolle der Zielfunktion im Verhältnis zu der am Anfang des Abschnitts beschriebenen Rolle im »reinen« Modell. Nicht die Zielfunktion allein, sondern die Zielfunktion und die im Einschränkungssystem dargestellten wirtschaftspolitischen Forderungen drücken *gemeinsam* die Ziele der Wirtschaftsleitung aus.

[1] In der Praxis kommt es oft vor, daß irgendeine wirtschaftspolitische Aufgabe ursprünglich in Form einer Zuwachsverhältniszahl oder von einer jährlichen durchschnittlichen Zuwachsrate angegeben wird (z. B. der Reallohn soll um 2 Prozent pro Jahr steigen). In Kenntnis der Basisangabe kann die derartige auf die temporale Änderung hinweisende Verhältniszahl leicht in eine in absoluten Zahlen angegebene Aufgabe umformuliert werden. Eben deshalb beansprucht die Aufstellung der Aufgabe in dieser Form keine besondere Abhandlung an dieser Stelle.

[2] Eine ähnliche Überlegung findet sich im Buch [167] von *J. Tinbergen* und *H. C. Bos*: »Im Prinzip müssen die fixen Vorschriften derart gewählt werden, daß sie zum maximalen Wohlstand führen; sie repräsentieren oft dasjenige, was die politischen Leiter intuitiv für die Maximierung des Wohlstands halten ... Für praktische Zwecke ist es oft attraktiv, fixe Vorschriften zu geben ... Das ist deshalb so, weil sich wenig Bestimmtes über die Form der Funktion des gesellschaftlichen Wohlstands sagen läßt ...« (Seite 2).

27.3. Der Ablauf der Planung und das Modell

In der Praxis erfolgt die Perspektivplanung in mehreren Phasen. In der ersten Phase werden von den leitenden Organen auf Grund der ersten Planvorstellungen der Planer die vorläufigen »Eckzahlen« bestätigt (z. B. der geplante Umfang der Steigerung des Lebensstandards usw.). Danach erarbeiten das Landesplanungsamt, die Ministerien die Einzelheiten des Planes. In Kenntnis der Einzelheiten werden von den leitenden Organen die neuen eventuell korrigierten zusammenfassenden Zahlen bestätigt.

Das ist natürlich eine schematisierte Beschreibung des Planungsablaufs. In Wirklichkeit gelingt es eventuell erst nach mehrmaligem Anlauf, einen detaillierten Plan auszuarbeiten, der endgültig bestätigt wird, wobei die leitenden Organe eventuell mehrmals ihren Standpunkt hinsichtlich der zusammenfassenden, wichtigsten Zahlen – zum Teil eben auf Grund der aus den detaillierten Plänen erhaltenen Informationen – abändern.

Wir versuchen, diesen Ablauf der Planung in der Sprache unserer Optimierungsmodelle zu beschreiben, unter anderem mit Hilfe der im vorhergehenden Abschnitt eingeführten Begriffe.

Die von den leitenden Organen bestätigten zusammenfassenden »Eckzahlen« sind die »wirtschaftspolitischen Aufgaben«, die im Einschränkungssystem der volkswirtschaftlichen Optimierung zusammen mit von außen gegebenen Bedingungen (Schranken natürlicher Ressourcen, technische Schranken usw.) *enthalten sind.*

Die von den Planungsorganen (Landesplanungsamt, Ministerien) ausgearbeiteten, detaillierten Pläne bilden das aus konkreten Aktivitäten bestehende Programm. Die konkreten Vorstellungen über die Struktur der Zweige und ihre technische Entwicklung dürfen nicht zum Bereich der »wirtschaftspolitischen Aufgaben« (im Sinne des in diesem Buch gebrauchten Begriffes) gerechnet werden. Sie gehören (nach unseren Begriffen) in den Bereich des »Programms«. Wenn die Wirtschaftsleitung auch konkrete »programmartige« Vorstellungen besitzt, so ist deren Richtigkeit mit möglichst gründlichen Wirtschaftlichkeitsberechnungen – nach unserer Vorstellung auch mit mathematischer Optimierung – zu überprüfen.

Man darf sich also nicht vorstellen, daß die Schranken des Einschränkungssystems irgendwelche von Anfang an festgelegte Größen sind, die die Menge der zulässigen Programme endgültig determinieren. Ein Teil der Schranken, die wirtschaftspolitischen Aufgaben entsprechen, werden während der Planung modifiziert, nicht zuletzt auf Grund der Rückwirkung der aus dem Programm gewonnenen Informationen. Die Aufgabe der mathematischen Optimierung besteht darin, ausgehend von der ersten Gesamtheit der wirtschaftspolitischen Aufgaben (von den in der ersten Phase der Planung bestätigten Eckzahlen), solche Berechnungen auszuführen, die auch die wirtschaftspolitischen Aufgaben selbst kontrollieren und Anhaltspunkte für eventuelle Veränderungen in den weiteren Phasen der Planung geben. Im folgenden wird eingehend dargestellt werden, wie die Optimierung Informationen zur endgültigen Formulierung der wirtschaftspolitischen Aufgaben liefern kann.

27.4. Die »Anspannung« der wirtschaftspolitischen Aufgaben

Die zur Verfügung stehenden Ressourcen begrenzen *nach oben hin* die zulässigen Programme. Die gegebene Quantität der Ressourcen hängt zum Teil von der Wirkung äußerer Faktoren (z. B. von der Wirkung der Bevölkerungszunahme auf das Arbeitskräfteangebot), zum Teil von der Wirkung der Wirtschaftspolitik (z. B. von der Wirkung der gesetzlichen Regulierung der Arbeitszeit oder von der Wirkung der Lohnpolitik auf das Arbeitskräfteangebot) ab.

Gleichzeitig beschränken gewisse wirtschaftspolitische Aufgaben *nach unten hin* die zulässigen Programme (z. B. soll das volkswirtschaftliche Programm mindestens eine bestimmte Größe des Konsumtionsfonds erreichen).

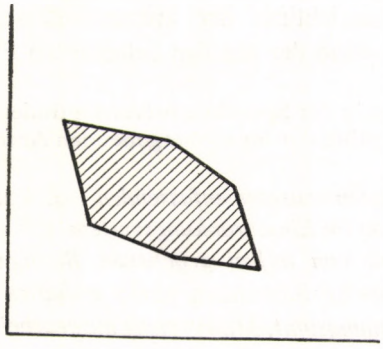


Abb. 27.1

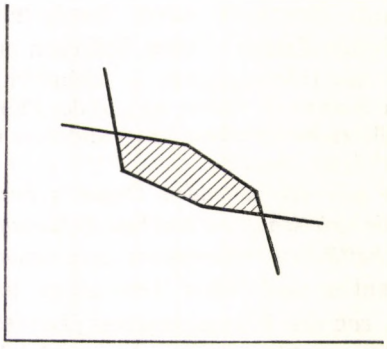


Abb. 27.2

In der Ausdrucksweise der Planwirtschaft werden zur Kennzeichnung der wirtschaftspolitischen Aufgaben Ausdrücke wie »weich«, »angespannt«, »überspannt«, und ähnliche gebraucht. (Im allgemeinen spricht man von der »Weichheit« oder »Angespanntheit *des Planes*«. Hierbei aber sind beim Volkswirtschaftsplan eigentlich die grundlegenden, zusammenfassenden Zahlen *der wirtschaftspolitischen Aufgaben* und nicht die Einzelheiten des Planes gemeint.) Die Ausdrücke weisen letzten Endes auf die »Distanz« zwischen den unteren und oberen Schranken und damit auch auf den Umfang der Menge der zulässigen Programme hin.[1] Für den Fall einer einfachen Aufgabe mit zwei Variablen wird dieser Zusammenhang durch die Abbildungen 27.1 bis 27.4 veranschaulicht.

Die schraffierte Fläche bedeutet die Menge der zulässigen Programme, die von oben her durch die Geraden der oberen Schranken, von unten her durch die

[1] Das Wort »Distanz« ist natürlich in übertragener Bedeutung zu verstehen; wir gebrauchen es nur zur Veranschaulichung; buchstäblich würde es nur im Falle einer Aufgabe mit einer Variablen zu verstehen sein.

Analog ist der Umfang, das Volumen der Menge der zulässigen Programme immer als n-dimensionales Volumen zu verstehen.

Geraden der unteren Schranken begrenzt ist. Die (als untere Schranke angegebenen) wirtschaftspolitischen Aufgaben sind w e i c h, wenn sie mit Hilfe der Ressourcen leicht zu erfüllen sind (wenn z. B. mit den gegebenen Arbeitskräften, Naturalressourcen usw. das vorgeschriebene Konsumtionsniveau leicht zu erreichen ist). Diesen Fall zeigt die Abbildung 27.1, wo die schraffierte Fläche ziemlich groß ist.

Die wirtschaftspolitischen Aufgaben sind a n g e s p a n n t, wenn mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen nur wenig Möglichkeiten bestehen, die wirtschaftspolitischen Aufgaben zu erfüllen. Dies zeigt die Abbildung 27.2, wo die schraffierte Fläche bedeutend kleiner ist.

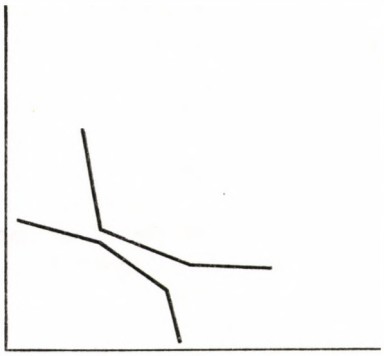


Abb. 27.3

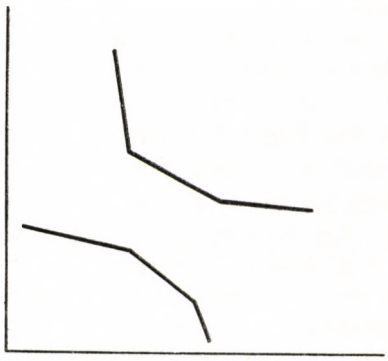


Abb. 27.4

Die wirtschaftspolitischen Aufgaben sind ü b e r s p a n n t, wenn die Menge der zulässigen Programme leer ist. Die wirtschaftspolitischen Aufgaben können mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht erfüllt werden (siehe Abbildung 27.3). Zugleich ist zu erkennen, daß die Überspannung durch die Aussage, daß es kein zulässiges Programm gibt, noch nicht hinreichend charakterisiert ist. Auch der Grad der Überspannung ist nicht gleichgültig. Dieser ist jedoch von der Distanz zwischen den unteren und oberen Schranken abhängig. Die Überspannung ist auf der Abbildung 27.4 von höherem Grade als auf der Abbildung 27.3. Je weiter die unteren Schranken über den oberen liegen, um so größer ist die erforderliche Modifizierung der wirtschaftspolitischen Aufgaben, um ein zulässiges Programm erhalten zu können.[1]

[1] Der Begriff der Anspannung des Planes kann auch im Zusammenhang mit der Unsicherheit betrachtet werden.

Die Angaben der einzelnen Planbilanz können nicht als sicher angesehen werden; auf Grund der im Teil III des Buches erläuterten Überlegungen können sie auch als zufällige Variable aufgefaßt werden. Obwohl also eine Bilanz — mit Erwartungswerten gerechnet — im Gleichgewicht ist, ist es nicht sicher, daß sie tatsächlich im Gleichgewicht ist. Die Wahrscheinlichkeit des Gleichgewichts hängt von der Unsicherheit der einzelnen Komponenten der Bilanz ab.

Offenbar übt die Zielfunktion eine um so größere Wirkung auf die Entscheidung aus, je »weicher« das Einschränkungssystem, je größer die Menge der zulässigen Programme ist. *Je angespannter die wirtschaftspolitischen Aufgaben sind, desto beschränkter sind die Auswahlmöglichkeiten, und um so geringer wird der tatsächliche Einfluß der Zielfunktion auf die Entscheidung.*

Mit anderen Worten kann eine angespannte wirtschaftspolitische Aufgabe als Einschränkung eine ähnliche Wirkung ausüben, wie die Darstellung der entsprechenden Forderung als Zielfunktion. (So kann z. B. die Aufnahme eines sehr hohen aktiven Devisensaldos als Einschränkung in das Modell eine ähnliche Wirkung ausüben, wie die Optimierung der Devisenbilanz als Zielfunktion.)

Das wird durch die Fortsetzung der obigen Abbildungsserie veranschaulicht. Auf Abbildung 27.5 ist die auch auf der Abbildung 27.1 sichtbare obere Hüllkurve der Menge der zulässigen Programme wiederholt. Hier ist auch eine Zielfunktion eingezeichnet (die stark ausgezogene Gerade), die das von den Einschränkungen umgrenzte Vieleck im Punkt *P* berührt. Bei dieser Zielfunktion ist das dem Punkt *P* entsprechende Programm das optimale Programm. So z. B. der Inhalt der Zielfunktion, die Maximierung des Nettodevisenertrags. In diesem Fall hat das dem Punkt *P* entsprechende Programm den höchsten Nettoertrag. Auf Abbildung 27.6 ist dieselbe wirtschaftspolitische Forderung jetzt nicht Zielfunktion, sondern eine Einschränkung. Sie stellt die untere Grenze des durch das Programm gegebenen Nettodevisenertrags dar. Die Gerade dieser Einschränkung läuft der auf Abbildung 27.5 dargestellten Zielfunktionsgeraden parallel, doch liegt sie etwas tiefer, da angenommen wird, daß die Wirtschaftsleitung als untere Grenze des Nettodevisenertrags etwas weniger fordert, als was maximal erreichbar ist, doch nur etwas und nicht viel weniger; deshalb ist die Menge der zulässigen Programme, die schraffierte Fläche sehr klein. *Was auch immer* die Zielfunktion beim Einschränkungssystem der Abbildung 27.6 ist, *jedes optimale Programm in der »Umgebung« wird in der nächsten Nähe des Punktes P liegen.* Untere Schranken, die sehr nahe am von den oberen Schranken gebildeten Rand der Menge liegen, »legen« das Programm beinahe so stark fest, wie die Zielfunktion.[1]

Unter diesen Umständen kann eine Bilanz als *angespannt* betrachtet werden, bei der eine große Wahrscheinlichkeit dafür besteht, daß das Angebot kleiner als die Nachfrage ist. Als *locker* ist eine Bilanz zu betrachten, bei der diese Wahrscheinlichkeit gering ist.

Es läßt sich ein stochastisches Optimierungsmodell aufstellen, das die Unsicherheiten der Bilanzen berücksichtigt. Als Zielfunktion der Aufgabe kann die Minimierung der Wahrscheinlichkeit von Gleichgewichtsstörungen gefordert werden.

Die Untersuchung dieses stochastischen Optimierungsproblems ist in unserem Forschungsplan enthalten.

[1] Es ist ein extremer, doch theoretisch vorstellbarer Fall, daß in der zweiten Optimierung als zusätzliche *Einschränkung* der Nettodevisenertrag gefordert wird, der in der ersten Optimierung als *maximaler* Nettoertrag erreicht wurde. In diesem Fall beschränkt sich (vorausgesetzt, daß es sich nicht um einen Fall mit mehreren optimalen Lösungen handelt) die Menge der zulässigen Programme auf den Punkt *P*.

Solange wir die Optimierungsaufgabe ausschließlich mit Symbolen wiedergeben, spielt die Zielfunktion die Rolle des »absoluten Monarchen« und beherrscht wirklich die Entscheidungen. Wenn aber an die Stelle der Symbole Zahlen treten, dann ist es bei weitem nicht mehr sicher, daß die Herrschaft der Zielfunktion ähnlich stark bleibt. Das hängt dann vom Kräfteverhältnis ab. Es ist, um weiter im Gleichnis zu sprechen, möglich, daß sie eine ähnliche Rolle wie die mittelalterlichen Könige spielen, mit deren Macht die reichen Fürsten rivalisierten. Dem Einfluß der Zielfunktion steht die Wirkung einer Einschränkung,

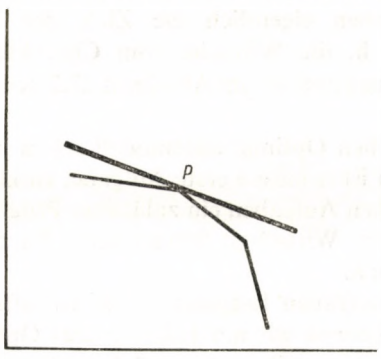


Abb. 27.5

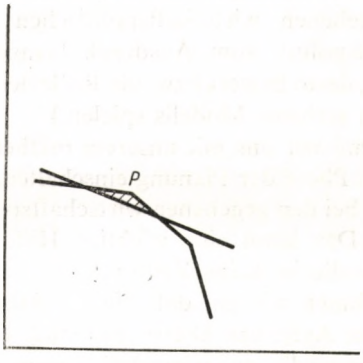


Abb. 27.6

die eine besonders starke angespannte wirtschaftspolitische Aufgabe ausdrückt, nicht um vieles nach.

Dieser Gedankengang führt zu einer ähnlichen Schlußfolgerung wie die am Ende des Abschnitts 27.2. Wir kommen wieder zu einer gewissen Entwertung der Rolle der Zielfunktion.

27.5. Die Kontrolle der Realisierbarkeit der Aufgabe

Bekanntlich waren die wirtschaftspolitischen Aufgaben des zweiten ungarischen Perspektivplans – des Fünfjahrplans für die Jahre 1950 bis 1954 – überspannt und konnten deshalb auch nicht restlos erfüllt werden.[1] Seither ist die Wirtschaftsleitung durch die Erfahrungen klug geworden und in gesteigertem Maße bestrebt, reale, durchführbare Pläne auszuarbeiten. Trotzdem geht man in der ersten Phase der Erarbeitung der Perspektivpläne, bei der Zusammenstellung der ersten Planskizzen meistens auch jetzt noch von stark angespannten wirtschaftspolitischen Aufgaben (von hohen Auflagen der Produktion, des Außenhandels und der Konsumtion) aus und strebt im weiteren Verlauf der Planung danach, die Überspannungen auszumerzen.

[1] Zu dieser Frage gibt es eine umfangreiche Literatur. Die wichtigsten Angaben faßt die Veröffentlichung [184] des Zentralamtes für Statistik zusammen.

Es gibt viele Motive für diese Praxis. Zum Teil ist es vielleicht die bewußte Überlegung, daß angespannte Ausgangszahlen mobilisierend wirken. Diejenigen, die die detaillierten Pläne ausarbeiten, werden zu einer gesteigerten Erschließung von Entwicklungsmöglichkeiten veranlaßt. Bei einem solchen Start kann sich ein übertriebener Optimismus ausdrücken. Man könnte auch sagen, daß die ersten Zahlen eigentlich die *Wünsche* der Planer zum Ausdruck bringen, die dann im Laufe der Ausarbeitung der Einzelheiten des Planes mit der Realität verglichen werden.

(Nebenbei bemerkt deutet das auch darauf hin, daß die in absoluten Zahlen angegebenen wirtschaftspolitischen Aufgaben eigentlich die Ziele der Wirtschaftspolitik zum Ausdruck bringen, d. h. die Wünsche vom Charakter »je mehr, desto besser« bzw. die Rolle der Zielfunktion des im Abschnitt 27.2 beschriebenen »reinen« Modells spielen.)

Wenn wir uns mit unserem mathematischen Optimierungsmodell schon in der ersten Phase der Planung einschalten, dann ist es unsere erste Aufgabe, zu klären, ob es bei den gegebenen wirtschaftspolitischen Aufgaben ein zulässiges Programm gibt. Das kann eine wichtige Hilfe für die Wirtschaftsleitung sein. Zu dieser Kontrolle ist keine Zielfunktion erforderlich.

Nehmen wir an, daß die als Ausgangsaufgaben festgesetzten wirtschaftspolitischen Aufgaben überspannt sind. Dann können wir mit Hilfe unseres Optimierungsmodells experimentell untersuchen, wie weit man zurückweichen muß, wieviel man von jeder wirtschaftspolitischen Aufgabe nachlassen muß, um ein zulässiges Programm erhalten zu können. Ein einfaches Mittel für das Experimentieren besteht darin, daß wir die problematische wirtschaftspolitische Forderung aus den Einschränkungen herausnehmen und als Zielfunktion setzen. (Ist z. B. die ursprüngliche Auflage der individuellen Konsumtion unerfüllbar, dann setzen wir die Maximierung des Ausstoßes für die individuelle Konsumtion als Zielfunktion an.) So kann festgestellt werden, was das maximal erreichbare Niveau der in Frage stehenden wirtschaftspolitischen Forderung sein kann, wenn äußere Umstände und die anderen wirtschaftspolitischen Aufgaben als gegeben angenommen werden (für unser Beispiel heißt das, welches Konsumtionsniveau man höchstens erreichen kann). Auf Grund dieser Berechnung kann die ursprüngliche wirtschaftspolitische Aufgabe dann abgeändert werden.

27.6. Effiziente Programme

Wie im vorigen Abschnitt beschrieben, eignet sich das Verfahren zur Berechnung des tatsächlich realisierbaren höchsten Wertes irgendeiner wirtschaftspolitischen Aufgabe, indem die entsprechende Forderung als Zielfunktion vorgeschrieben wird und die maximale Größe bestimmt wird, die sie unter Voraussetzung der Unveränderlichkeit der übrigen wirtschaftspolitischen Aufgaben sowie der Schranken, die die äußeren Umstände ausdrücken, erzielen kann.

Für die Wirtschaftsleitung kann eine ähnliche Prüfung nicht für eine einzige, sondern simultan für *mehrere* wirtschaftspolitische Forderungen nützlich sein.

Bleiben wir vorläufig bei dem einfachen Fall, daß gleichzeitig zwei wirtschaftspolitische Forderungen analysiert werden sollen. Zum Beispiel: 1. das Niveau der individuellen Konsumtion soll im letzten Jahr der Planperiode maximal sein, 2. das Volumen des Produktionsfonds soll im letzten Jahr der Planperiode maximal sein. Nehmen wir an, daß wir für die Perspektivplanung das im Kapitel 25 beschriebene lineare Optimierungsmodell aufstellen. Jetzt sehen wir von der Zerlegung des Modells, von seinem Charakter »auf zwei Ebenen« ab; wir betrachten die Planung als eine einzige große lineare Optimierungsaufgabe.
Bei den Bedingungen

$$\mathbf{A}\,\mathbf{x} = \mathbf{b} \tag{27.3}$$

$$\mathbf{x} \geqq \mathbf{0} \tag{27.4}$$

sei

$$z_1(\mathbf{x}) = \mathbf{s}_1' \mathbf{x} \to \max! \tag{27.5}$$

und

$$z_2(\mathbf{x}) = \mathbf{s}_2' \mathbf{x} \to \max! \tag{27.6}$$

(27.5) und (27.6) nennen wir die beiden wirtschaftspolitischen Forderungen der Aufgabe, die Werte $z_1(\mathbf{x})$ bzw. $z_2(\mathbf{x})$ jedoch als die wirtschaftspolitischen Resultate des Programms $\mathbf{x}$.

Im allgemeinen können Aufgaben derartigen Typs nicht »im engeren Sinne« gelöst werden, mit anderen Worten, es kann kein derartiges Programm $\mathbf{x}^*$ gefunden werden, für das wowohl $\mathbf{s}_1'\mathbf{x}^*$, als auch $\mathbf{s}_2'\mathbf{x}^*$ unter den Bedingungen (27.3) und (27.4) maximal sind. Die Lösung der Aufgabe »im weiteren Sinne« bildet den Gegenstand des allgemeinen, unter dem Namen »Vektor-Maximum Aufgabe« bekannten Problemkreises.[1]

Im folgenden geben wir die Hauptbegriffe und -resultate an. Es wird festgestellt, daß das Programm $\mathbf{x}^{(1)}$ das Programm $\mathbf{x}^{(2)}$ dominiert ($\mathbf{x}^{(1)}$ und $\mathbf{x}^{(2)}$ sind beliebige zulässige, d. h. die Bedingungen (27.3) und (27.4) befriedigende Programme), wenn

$$z_1(\mathbf{x}^{(1)}) \geqq z_1(\mathbf{x}^{(2)}) \text{ und } z_2(\mathbf{x}^{(1)}) \geqq z_2(\mathbf{x}^{(2)}), \tag{27.7}$$

wobei jedoch in (27.7) mindestens an einer Stelle eine *strenge* Ungleichung steht, d. h. neben (27.7) noch entweder

$$z_1(\mathbf{x}^{(1)}) > z_1(\mathbf{x}^{(2)}) \tag{27.8}$$

oder

$$z_2(\mathbf{x}^{(1)}) > z_2(\mathbf{x}^{(2)}) \tag{27.9}$$

[1] Siehe *T. C. Koopmans* [68], *H. W. Kuhn, A. W. Tucker* [92] und *L. Hurwicz* [58]. Eine ausführliche Bibliographie findet sich in dem Buch [63] von *S. Karlin* (Seite 216—218).

Dieser Themenkreis wird in der Entscheidungstheorie in den Problemen behandelt, die mit den Begriffen »volle Klasse«, »minimale volle Klasse«, »annehmbare Entscheidungsfunktion« zusammenhängen. Siehe *A. Wald* [176].

(eventuell beides) gilt. Jedes zulässige Programm, das von keinem einzigen anderen zulässigen Programm dominiert wird, nennen wir ein in bezug auf die wirtschaftspolitischen Anforderungen (27.5) und (27.6) effizientes, kurz ein $[z_1, z_2]$ *effizientes Programm.*[1] Es ist nachfolgender Satz bekannt:

Die $[z_1, z_2]$*-effizienten Programme können mit der parametrischen linearen Optimierung*

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{A}\,\mathbf{x} &= \mathbf{b} \\ \mathbf{x} &\geqq \mathbf{0} \\ [\lambda\,\mathbf{s}_1' + (1-\lambda)\,\mathbf{s}_2']\,\mathbf{x} &\to \max! \end{aligned}\right\} \quad 0 < \lambda < 1 \tag{27.10}$$

gelöst werden.[2]

Die Aufgabe (27.10) wird graphisch auf der Abbildung 27.7 dargestellt. Das Vieleck $\mathscr{F}$ ist die Menge der zulässigen Programme, der stark ausgezogene Teil seines Randes ist die Menge der effizienten Programme, die mit $\mathscr{E}$ bezeichnet wird. Wie wir sehen, wird jedes zulässige Programm, das nicht zu den effizienten Programmen gehört, von den effizienten Programmen dominiert.

Jedes Programm kann durch den Vektor der wirtschaftspolitischen Resultate, den Resultatvektor charakterisiert werden. In unserem zweidimensionalen Beispiel hat der Resultatvektor $\mathbf{z}$ zwei Komponenten: $\mathbf{z} = [z_1, z_2]$. Die ökonomische Bedeutung der Resultatvektoren der effizienten Programme ist folgende:

Nehmen wir an, daß die oberste politisch-wirtschaftliche Leitung die Größe von z_1 irgendwo im Intervall $[z_{1_0}, z_1^0]$ (siehe Abbildung 27.7) fest vorschreibt. Diese vorgeschriebene Größe sei $\bar{z}_1$. In diesem Fall kann unter den Resultatvektoren der effizienten Programme ein Resultatvektor $[\bar{z}_1, \bar{z}_2]$ gefunden werden, dessen Komponente $\bar{z}_2$ angibt, was das maximal erreichbare z_2 zum festgelegten $\bar{z}_1$ ist:

$$\bar{z}_2 = \max z_2, \quad \text{wenn } z_1 = \bar{z}_1 \quad z_{1_0} \leqq \bar{z}_1 \leqq z_1^0\,. \tag{27.11}$$

Bisher handelte es sich um die simultane Untersuchung von nur zwei wirtschaftspolitischen Forderungen. Es kann auch ein in bezug auf mehrere, sagen wir k wirtschaftspolitische Forderungen effizientes Programm bestimmt werden. In diesem Fall muß eine mehrparametrische (genau: $[k-1]$-parametrische) Optimierung durchgeführt werden. Natürlich können sich hierbei große rechentechnische Schwierigkeiten ergeben, besonders im Falle von vieldimensionalen Model-

[1] Die Definition des effizienten Programms weist eine gewisse Analogie mit dem bekannten Begriff »Pareto-Optimum« auf; mit der wesentlichen Abweichung, daß dieses die simultane Befriedigung der Endverbraucher vor Augen hält, während der obige Gedankengang sich mit simultan bestehenden Zielen der die Interessen der gesamten Gesellschaft ausdrückenden Wirtschaftspolitik beschäftigt.

Zum Pareto-Optimum siehe z. B. die Arbeit von *K. E. Boulding* ([13], Seite 11–23), sowie das Buch von *R. Dorfman, P. A. Samuelson* und *R. M. Solow* ([37], Seite 408–416).

[2] Siehe z. B. die Ausarbeitung von *T. Lipták* und *A. Nagy* [104], die einen mit einfachen geometrischen Mitteln geführten Beweis des Satzes enthält.

len. In diesem Fall muß man sich praktisch mit einer Näherungslösung der Aufgabe begnügen (indem z. B. statt der stetigen parametrischen Optimierung parallele Berechnungen mit mehreren ausgewählten festen Schrankenvektoren durchgeführt werden usw.).

Die mathematische Optimierung kann auch schon dadurch sehr nützlich für die Planung sein, daß sie zahlreiche effiziente Programme zu finden gestattet. Aus Kapitel 1 ging klar hervor, daß die traditionelle Planung dazu nicht in der Lage ist.

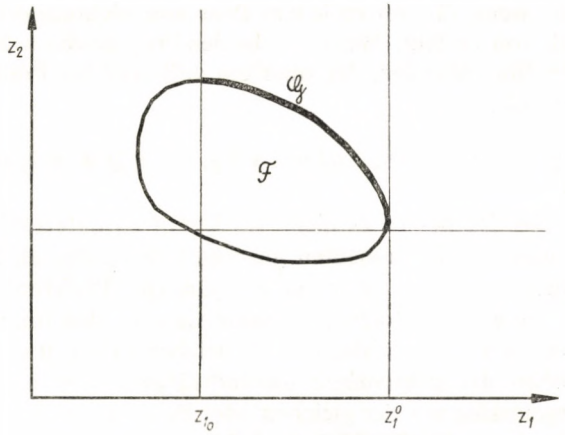


Abb. 27.7

27.7. Gibt es für die Wirtschaftsleitung ein »Präferenzsystem«?

Alles, was bisher über den Ablauf der Perspektivplanung, über die Entscheidungsfindung und die Methoden der Wirtschaftsleitung ausgeführt wurde, versuchen wir jetzt unter einem anderen Aspekt darzustellen. Im weiteren analysieren wir, inwieweit sich das Entscheidungsverhalten der Wirtschaftsleitung mit dem gebräuchlichen Modell des *rationalen Konsumentenverhaltens* beschreiben läßt.

Da die mögliche Analogie der individuellen Konsumentenentscheidung und der wirtschaftspolitischen Entscheidung auf Volkswirtschaftsebene untersucht wird, müssen zuerst einige, bei beiden Entscheidungstypen verwendete Begriffe definiert werden. In einem Fall ist der *Entscheidungfällende* der individuelle Konsument, im anderen Fall die politisch-wirtschaftliche Leitung des Landes. (Letztere wird im folgenden kurz als Wirtschaftsleitung bezeichnet.) Dementsprechend handelt es sich bei den *Programmen* in einem Fall um den Wochen- oder Monatskostenvoranschlag einer Familie, im anderen Fall um den Fünfjahrplan eines Landes.

Zwischen zwei Programmen $\mathbf{x}$ und $\mathbf{y}$ ($\mathbf{x} \geqq \mathbf{0}, \mathbf{y} \geqq \mathbf{0}$) besteht eine Präferenzrelation, wenn der Entscheidungfällende eindeutig sagen kann, ob er $\mathbf{x}$ für

vorteilhafter hält als **y** oder **y** für vorteilhafter als **x**, oder aber keines für vorteilhafter als das andere hält. Hierzu werden folgende Bezeichnungen eingeführt.

x P y	wenn der Entscheidungfällende **x** für vorteilhafter hält als **y**	
y P x	wenn der Entscheidungfällende **y** für vorteilhafter hält als **x**	(27.12)
x I y	wenn der Entscheidungfällende keines der beiden Programme für vorteilhafter hält als das andere.	

Der Entscheidungfällende verfügt über ein vollständiges Präferenzsystem, wenn für ihn zu jedem Paar von nichtnegativen Programmen eine Präferenzrelation besteht. Wenn die beiden Programme **x** und **y** sind, dann kann ein Entscheidungfällender, der über ein vollständiges Präferenzsystem verfügt, entscheiden, ob:

$$\mathbf{x}\,P\,\mathbf{y}, \quad \text{oder} \quad \mathbf{y}\,P\,\mathbf{x}, \quad \text{oder} \quad \mathbf{x}\,I\,\mathbf{y}, \qquad \mathbf{x} \geqq \mathbf{0},\ \mathbf{y} \geqq \mathbf{0} \tag{27.13}$$

gilt.[1]

Gegenstand dieses Buches ist es nicht, im Detail zu untersuchen, ob das Verhalten des individuellen Konsumenten gut dadurch zu charakterisieren ist, daß angenommen wird, er verfüge über ein vollständiges Präferenzsystem.[2] Unserer Ansicht nach ist diese Voraussetzung – wenn sie auch den individuellen Konsumenten gewissermaßen »idealisiert«, ihn übertrieben rationell darstellt – zumindest eine *annehmbare Arbeitshypothese*. Der individuelle Konsument steht während seines Lebens regelmäßig vor der gleichen oder beinahe gleichen Wahl. Beispielsweise, ob er Schweine- oder Rindfleisch zu Mittag essen soll, oder ob er Schuhe mit Leder- oder Kunststoffsohlen kaufen soll usw. Wir können also annehmen, daß bei den typischen, sich wiederholenden Auswahlsituationen das typische Verhalten des Konsumenten zur Wirkung kommt. Wir können mit Recht behaupten, daß ein Individuum eine Präferenz für die Konsumgüterkombination **x** (das Konsumtionsprogramm **x**) gegenüber dem Programm **y** hat, wenn der Konsument schon mehrmals vor die Wahl gestellt wurde, ob er **x** oder **y** realisieren soll, und er sich immer für **x** entschieden hat, auch dann noch, wenn er **y** billiger hätte bekommen können.[3] Der Begriff der Präferenzrelation wird dann berechtigt ange-

[1] Vom Gesichtspunkt unserer Folgerungen ist es überflüssig, weitere Bedingungen für die Präferenzrelationen (27.12) zu stellen. In der Theorie der Konsumentenentscheidung werden in der Regel zahlreiche andere Eigenschaften verlangt, wie Transitivität, Irreflexibilität usw. der Präferenzrelationen. (Siehe hierzu z. B. das Buch von *G. Debreu* [35] oder *S. Karlin* [63] S. 265–273).

[2] In der ökonomischen Literatur Ungarns kritisierte *R. Hoch* unter diesem Gesichtspunkt die Theorie der Konsumentenwahl (siehe [56]). Es ist zweifelhaft, inwiefern seine Kritik für den Fall des *individuellen Konsumenten* berechtigt ist. Doch *Hochs* kritische Gedanken halfen uns, ein eigenes kritisches Urteil zum Modell der *gesellschaftlichen* wirtschaftspolitischen »Wohlfahrtsfunktion« zu formulieren und einen eigenen positiven Standpunkt zu entwickeln.

[3] Das heißt, mit der Terminologie der Konsumtionstheorie: »er präferierte manifestierend« **x** dem **y** gegenüber. Siehe hierzu das Buch [152] von *P. A. Samuelson*, ferner die zusammenfassende Übersicht von *H. S. Houthakker* [57].

wendet, wenn der Konsument nicht nur bei einer einzigen Gelegenheit **x** statt **y** wählt, sondern sich bei der *Wiederkehr* der gleichen Auswahlsituation immer wieder für **x** entscheidet. Seine Entscheidung bringt also ein ständiges Verhalten zum Ausdruck. Das volle Präferenzsystem ist das abstrakte mathematische Modell des relativ konstanten Konsumentenverhaltens.

Betrachten wir, durch welche realen Gegebenheiten es bedingt ist, daß wir beim individuellen Konsumenten mit Recht von Präferenzrelationen, von einem vollständigen Präferenzsystem sprechen können:

1. Es handelt sich immer um die gleiche entscheidungfällende Person. Ihr Charakter, Geschmack, Verhalten verändern sich verhältnismäßig wenig. Die eventuellen Änderungen erfolgen in der Regel langsam. In einem gegebenen Zeitabschnitt kann ihr Verhalten annähernd als konstant betrachtet werden.
2. Die äußeren Bedingungen der Auswahl verändern sich wenig. Es ist eine annehmbare vereinfachende Voraussetzung, daß die Konsumentenentscheidung »ceteris paribus« erfolgt.
3. Es handelt sich um eine häufig wiederholte Auswahl.
4. Der Entscheidungfällende verfügt über viele Auswahlmöglichkeiten.

Theoretisch ist es vorstellbar, daß auch die Wirtschaftsleitung eines ganzen Landes über ein vollständiges Präferenzsystem verfügt. Analog zu den obigen vier Gegebenheiten müßten zumindest folgende vier Bedingungen erfüllt sein:

1. Die Leitung muß lange Zeit ungefähr aus den gleichen Personen zusammengesetzt sein und nach einer verhältnismäßig steten allgemeinen politischen und wirtschaftspolitischen Richtlinie arbeiten.
2. Die äußeren Bedingungen müssen ziemlich stabil sein. Die internationale Lage darf sich nicht stark verändern. Die wirtschaftliche Entwicklung müßte mehr oder minder »regulär« und gleichmäßig sein und ohne besondere Erschütterungen und plötzliche Veränderungen verlaufen.
3. Die Planung muß kontinuierlich sein. Jedes Jahr wird ein Plan für die nächsten fünf bis zehn Jahre aufgestellt. Die Entscheidung ist folglich ein wenn auch nicht alltäglich, doch ziemlich häufig und regelmäßig wiederkehrender Akt.
4. Vor der Bestätigung eines Perspektivplanes werden dem entscheidungfällenden Organ zahlreiche Varianten unterbreitet.

Sind diese Bedingungen gegeben, so kann ein mehr oder minder vollständiges Präferenzsystem mit wiederholten Entscheidungen bestehen. *Je weniger die aufgezählten Bedingungen vorhanden sind, um so weniger kann von einem vollständigen Präferenzsystem der Wirtschaftsleitung gesprochen werden.*

In Ungarn änderten sich während der 18 Jahre der Perspektivplanung die personelle Zusammensetzung der leitenden Organe sowie die allgemeinen politischen und wirtschaftspolitischen Richtlinien mehrmals; in der internationalen Lage folgten Perioden des kalten Krieges und Perioden der Entspannung einander; im inneren Leben des Landes traten mehrmals radikale Änderungen ein und so fort.

Darüber hinaus ist die Perspektivplanung nicht kontinuierlich (obwohl derartige Vorschläge schon des öfteren unterbreitet wurden). Nur jedes dritte bzw. fünfte Jahr wird ein neuer Perspektivplan bestätigt. Das geschieht also ziemlich selten.

Bei der Ausarbeitung eines Perspektivplanes werden nicht mehrere Varianten ausgearbeitet. Das Landesplanungsamt unterbreitet der Regierung zwar mehrmals Planvorschläge. Die Vorschläge stellen aber lediglich die *einander folgenden* Phasen der Planungsarbeit dar, zuerst sehr allgemeine, zusammenfassende Schätzungen, später immer detailliertere Berechnungen.

Schon im Kapitel 12 bei der Behandlung der Wahrscheinlichkeitsrechnung wurde die Frage gestellt, ob die Investitionsentscheidung als ein einmaliges, nie mehr wiederkehrendes ober aber als ein sich wiederholendes Ereignis betrachtet werden soll. Es wurde auch schon dort betont, daß keine zu scharfe Grenzlinie zwischen den zwei Ereignistypen gezogen werden darf. Bei jeder Entscheidung gibt es sowohl einmalige, sich nicht wiederholende als auch wiederkehrende, zu anderen Entscheidungen analoge Elemente. Dennoch kann jede Entscheidungskategorie danach charakterisiert werden, ob ihr einmaliger oder aber ihr sich wiederholender Charakter überwiegt. Die Mehrheit der Konsumentenentscheidungen ist von sich wiederholendem, wiederkehrendem Charakter; der Konsument steht von Woche zu Woche ähnlichen Problemen gegenüber. (Obwohl unter den Konsumentenentscheidungen auch einmalige Probleme von nicht wiederkehrendem Charakter vorkommen können, z. B. was der Gewinner des Lotto-haupttreffers für sein Geld kaufen soll.) Dagegen ist *die fünfjährlich gefällte Planentscheidung, die sich auf das ganze Leben des Landes auswirkt, unter unseren Gegebenheiten etwas nicht Wiederkehrendes, historisch Einmaliges.* Die ungarische Wirtschaftsleitung lehnte 1950 den ursprünglich angenommenen Plan ab und nahm statt dessen einen anderen an. Es wäre in diesem Zusammenhang widersinnig, da nicht interpretierbar, daß mit ihrer Entscheidung für den neuen Plan »ihre Präferenz ausgedrückt wurde«, da die gleiche Auswahlsituation nie wieder auftaucht. Erst 1957 wurde wieder ein Perspektivplan bestätigt, doch zu dieser Zeit waren es schon nicht dieselben Entscheidungfällenden, es lagen andere Varianten vor, die historischen Bedingungen waren andere usw.

Als Zusammenfassung gilt: *Unter den gegenwärtigen Bedingungen (und vermutlich noch für lange Zeit) verfügen wir für die volkswirtschaftliche Perspektivplanentscheidung über kein vollständiges Präferenzsystem.* Deshalb ist es *unmöglich*, eine Funktion zu konstruieren, die die Ziele der Wirtschaftspolitik synthetisch zum Ausdruck bringt.

27.8. Wirtschaftspolitisch annehmbare Programme

Da wir im Abschnitt 27.7 schon unsere Ansicht dargelegt haben, daß das Verhalten der Wirtschaftsleitung mit einem vollen Präferenzsystem *nicht* modellierbar ist, versuchen wir, das mathematische Modell der Entscheidungsfindung in einer anderen Form zu charakterisieren. Es müssen dazu wiederum einige Begriffe definiert werden.

Im vorherigen Teil des Buches haben wir den Begriff der Menge der zulässigen Programme eingeführt und mit $\mathcal{F}$ bezeichnet. Hierzu gehört jedes Programm, das die Bedingungen des mathematischen Modells des Entscheidungsproblems

befriedigt. Wenn das Modell die Wirklichkeit genau widerspiegelt, dann ist jedes real zu verwirklichende Programm dazu zu rechnen. Die Klärung der Zulässigkeit eines Programms erfordert in der Regel ausführliche Berechnungen und Planungsarbeit. Beim Konsumenten ist das offensichtlich einfacher, so ist es bei der Planung des Familienkostenanschlags verhältnismäßig leicht festzustellen, welche Ausgaben auf Grund der zur Verfügung stehenden Mittel getätigt werden können. Bei der volkswirtschaftlichen Planung ist das unvergleichlich komplizierter. Im Allgemeinen kann erst während der Planung, nach der Durchführung vieler detaillierter Berechnungen festgestellt werden, ob ein Programm zulässig ist. Wir nennen die

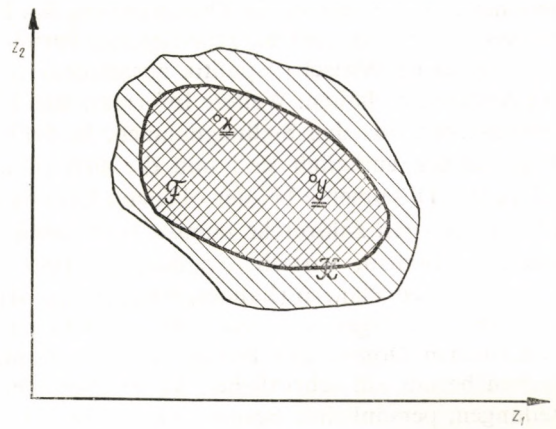


Abb. 27.8

Menge der eventuell zur Menge $\mathcal{F}$ gehörenden Programme die Menge der in Frage kommenden Programme und bezeichnen sie mit $\mathcal{X}$. Ihre Elemente sind alle nicht offensichtlich irrealen Programme, von denen man ab ovo vor den Detailrechnungen nicht feststellen kann, ob sie zulässig sind oder nicht. Der typische Fall ist, daß die Menge $\mathcal{F}$ eine Teilmenge von $\mathcal{X}$ ist, zumindest aber besitzen beide Mengen bedeutende gemeinsame Teile.

Auf Abbildung 27.8 ist das Beschriebene veranschaulicht. Auf der Abbildung (und bei den weiteren Erörterungen) wird im Interesse der zweidimensionalen Veranschaulichung vorausgesetzt, daß die Wirtschaftsleitung zwei wirtschaftspolitische Forderungen beachten möchte (z_1, z_2). Auf der Abbildung ist die einfach schraffierte Fläche die Menge der in Frage kommenden Programme, innerhalb derselben ist die doppelt schraffierte Fläche die Menge der zulässigen Programme.

Die Erarbeitung des Perspektivplanes ist eine ständige, zwei bis drei Jahre umfassende Arbeit. Wir bezeichnen den Zeitpunkt des Beginns der Planung als den Zeitpunkt 0, den Zeitpunkt der endgültigen Bestätigung des Planes als Zeitpunkt T.

Wir bezeichnen mit $\mathscr{H}^{(t)}(t = 0, 1, \ldots, T)$ die Menge der wirtschaftspolitisch annehmbaren Programme zum Zeitpunkt t. Hierzu gehören alle diejenigen Programme, bei denen diejenigen, die die Detailpläne ausarbeiten, im weiteren kurz als Planer bezeichnet, voraussetzen, daß die Wirtschaftsleitung geneigt sein wird, sie anzunehmen und zu bestätigen.

Natürlich grenzen die obersten politisch-wirtschaftlichen Organe nie zahlenmäßig genau ab, welches Programm sie anzunehmen geneigt sein werden. Die Planer verfügen jedoch über zahlreiche, mittelbare und unmittelbare Informationen. Ein Teil der Informationen sind Erfahrungen aus dem Zeitabschnitt vor dem Zeitpunkt 0, wie die Wirtschaftsleitung zur Ausarbeitung des vorhergehenden Planes Stellung genommen hatte, wie sie die Durchführung des Planes auswertete usw. Informationen vermitteln auch einzelne grundlegende Partei- und Regierungsbeschlüsse, die die allgemeine Wirtschaftspolitik zusammenfassen und eventuell auch zahlenmäßige Auflagen enthalten. Weitere Informationen können die Planer während der Planungsarbeit aus den Stellungnahmen, in denen unterstützende oder kritische Bemerkungen enthalten sind und die sich bei den Diskussionen anläßlich der Vorlage der Dokumente bei der obersten Leitung ergeben, entnehmen. Schließlich bestehen auch zahlreiche unmittelbare Arbeitsbeziehungen zwischen den leitenden politischen, wirtschaftspolitischen Institutionen (Zentralkomitee, Ministerrat) und den Planern (Landesplanungsamt, Ministerien), einige Wirtschaftsleiter, Planer sind sogar Mitglieder der entscheidungfällenden politischen und wirtschaftlichen Organe. Ein Teil der sich auf die Menge $\mathscr{H}^{(t)}$ beziehenden Informationen beruht auf schriftlichen Materialien, der andere Teil auf mündlichen Mitteilungen, persönlichen Besprechungen. Deshalb kann man auch nicht genau wissen, ob die *Voraussetzung* der Planer über die Menge $\mathscr{H}^{(t)}$ genau damit übereinstimmt, was die Wirtschaftsleitung als tatsächlich annehmbare Programme bewertet.

Der Index t am Symbol der Menge $\mathscr{H}$ weist darauf hin, daß sie nicht konstant ist, sondern mit dem Fortschreiten der Planungsarbeit kontinuierlich modifiziert wird.

Wir bezeichnen mit $\mathscr{X}^{(t)}$ die Menge der in Frage kommenden Programme. Der Begriff wurde bereits definiert. Der Index t weist auch hier auf eine kontinuierliche Modifizierung hin. Die Planer sind während der Planungsarbeit bemüht, sich ergebende nichtzulässige Aufgaben zu eliminieren und streben danach, daß $\mathscr{X}^{(t)}$ mit der Menge $\mathscr{F}$ der zulässigen Programme zusammenfällt.

Wir stellen die erwähnten Mengen auch graphisch dar. Wir nehmen wieder an, daß es zwei wirtschaftspolitische Forderungen gibt: das Volumen der individuellen Konsumtion und das Volumen des Produktionsfonds sollen im letzten Planjahr maximal sein (siehe Abbildung 27.9).

Im Zeitpunkt t_1 setzen die Planer voraus, daß die Wirtschaftsleitung nur einen Plan annehmen würde, bei dem das Volumen der persönlichen Konsumtion mindestens $H_1^{(t)}$ und das Volumen des Produktionsfonds mindestens $H_2^{(t)}$ ist. Dementsprechend ist die Menge $\mathscr{H}$ ein Kegel, der links bzw. unten von Geraden

begrenzt ist, die die unteren Schranken des Konsumtionsvolumens bzw. des Produktionsfondsvolumens bestimmen.

Die Planer wollen ein Programm $\mathbf{x}$ bestimmen, das *zulässig* (d. h. real durchführbar) und zugleich *wirtschaftspolitisch annehmbar* ist. Ist ein derartiges Programm gefunden, so ist die Planungsarbeit beendet. (Das ist der Zeitpunkt T.)

$$\mathbf{x}^* = \mathbf{x}^{(T)} \in \mathscr{H}^{(T)} \cap \mathscr{F}. \tag{27.14}$$

Die Ausarbeitung des Planes, d. h. der Fortschritt vom ersten, skizzenartigen $\mathbf{x}^{(1)}$ bis $\mathbf{x}^{(T)}$ ist ein spezieller *Erkenntnisprozeß* und das von mehreren Gesichtspunkten aus.

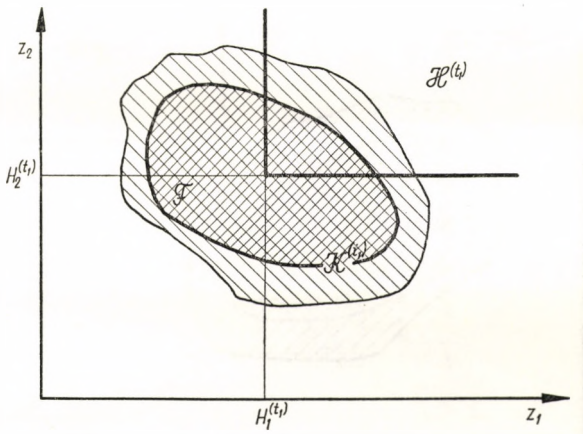


Abb. 27.9

1. Die Planer wissen immer mehr über die Menge $\mathscr{F}$, sie eliminieren stufenweise die nichtzulässigen Elemente der Menge $\mathscr{K}^{(t)}$, d. h. sie bemühen sich durch die Bestimmung von immer konkreteren Zusammenhängen die Realisierbarkeit des Planes zu sichern.

2. Die Wirtschaftsleitung erfährt während der Planungsarbeit immer konkreter, was sie tun *kann* und dementsprechend wird es ihr auch immer bewußter, *was getan werden muß*. Wie wir im Abschnitt 27.7 betont haben, hat sie kein a priori *vor* der Planung schon existierendes vollständiges Präferenzsystem. Statt dessen klärt sie *während* der Planung auf Grund der erhaltenen konkreten Informationen immer genauer, was für wirtschaftspolitische Aufgaben sie vorzuschreiben hat. Dieser Erkenntnisprozeß ist nicht gleichmäßig. Es ist möglich, das sie zu einem Zeitpunkt zu hohe Aufgaben stellt (siehe Abbildung 27.10), zu einem anderen Zeitpunkt können die Forderungen eventuell zu einseitig sein usw.

3. Ebenso wie es der Wirtschaftsleitung allmählich klar wird, welche Aufgaben vorgegeben werden sollen, so gelangen auch die Planer zu immer genaueren Informationen bezüglich der Menge $\mathscr{H}^{(t)}$.

Diese Erkenntnisprozesse sind eng verbunden und stehen in starker Wechselwirkung.

Jetzt ist noch die Frage zu beantworten, was die beschriebenen Probleme vom Standpunkt der mathematischen Optimierung bedeuten.

Wir sind nicht in der bequemen Lage, daß wir zu unserem mathematischen Modell ein »präfabriziertes« wirtschaftspolitisches »Präferenzsystem« erhalten. Im Gegenteil: Mittels der mathematischen Optimierung können wir die Wirt-

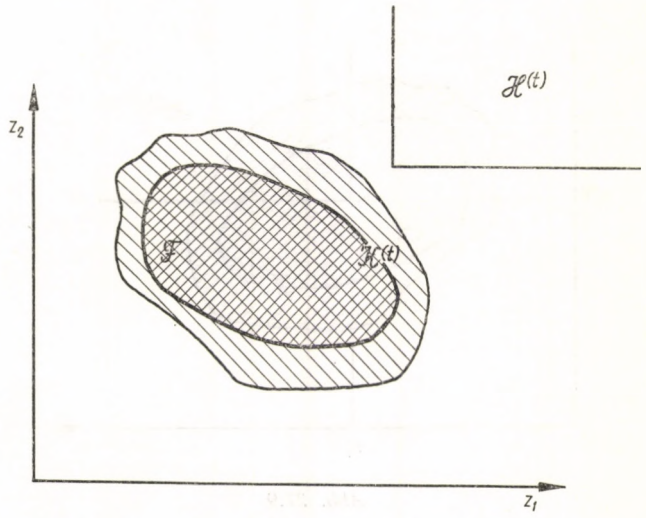


Abb. 27.10

schaftsleitung bei der Quantifizierung ihrer allgemeinen wirtschaftspolitischen Ziele unterstützen. Als Resultat der mathematischen Optimierung können wir nämlich zahlreiche Planvarianten, ja sogar zahlreiche effiziente Programme zur Auswahl unterbreiten.

Die Zeitdauer $[0, T]$ der Erarbeitung des Perspektivplanes wird unabhängig von der Methode der Planung dadurch begrenzt, daß wegen fehlender entsprechender Informationen die Planung nicht allzu früh begonnen werden kann, sie jedoch nach Möglichkeit vor dem Beginn der Planperiode beendet sein muß. Erfolgt die Planung mit der mathematischen Optimierung schon »routinemäßig«, so kann die Wirtschaftsleitung während der gleichen Zeit $[0, T]$ über den Plan weit mehr Informationen erhalten, weit mehr Varianten und Programme kennenlernen. Sie hat also die Möglichkeit, genauer zu bestimmen, welches Programm sie eigentlich will und welche wirtschaftspolitischen Aufgaben sie stellen will.

27.9. Die Zielfunktion als Stimulus eines Mehrergebnisses

Die bisherige Darstellung zeigt, daß die Forderungen der Wirtschaftspolitik weitgehend durch Einschränkungssysteme des mathematischen Modells berücksichtigt werden. Die Zielfunktion stimuliert zur Steigerung des Volumens des »Surplus«, zur Übererfüllung der wirtschaftspolitischen Aufgaben, d. h. zur Steigerung des Volumens des Optimierungsüberschusses, sie beeinflußt ferner auf Grund des Gewichtssystems die Zusammensetzung des Überschusses und auch dessen konkrete Struktur.

Welche Ansprüche sind bei einer derartigen Einschränkung der Rolle der Zielfunktion an das Gewichtssystem der Zielfunktion zu stellen?

a) Der Optimierungsüberschuß soll gesellschaftlich nützlich sein. Er soll der besseren Befriedigung mindestens einer wirtschaftspolitischen Forderung dienen.

b) Der Überschuß soll nach Möglichkeit vielseitig verwendbar sein.

Die Zielfunktion wurde dann richtig gewählt, wenn das optimale Programm nach der Optimierung die Einschränkungen erfüllt und damit die grundlegenden wirtschaftspolitischen Aufgaben befriedigt. Was noch darüber hinaus erreicht wird, das ist ein »Reingewinn«.

Das gilt gegenwärtig, da unsere mathematischen volkswirtschaftlichen Optimierungsmodelle nur zur Ergänzung und Überprüfung der Resultate der traditionellen Methoden (und nicht zu deren Ersetzung) dienen, in besonderem Maße. Augenblicklich kann folglich vom folgenden Gedankengang ausgegangen werden:

Das auf traditionelle Art erarbeitete offizielle Programm befriedigt die wirtschaftspolitischen Forderungen in einem bestimmten Grad, d. h. mit der Bezeichnung des Abschnitts 27.6: zu ihm gehört ein bestimmter Resultatvektor $\mathbf{z}^{\text{off}}$. Wir können in Anbetracht der gegenwärtigen Praxis, der Schwierigkeiten und des primitiven Charakters der im Kapitel 1 beschriebenen Plankoordinierung annehmen, daß das offizielle Programm nicht effizient ist. *Es lohnt sich folglich für die Wirtschaftsleitung, gegenüber dem offiziellen Programm den durch die mathematische Optimierung ermittelten Plan zu bevorzugen, wenn er das offizielle Programm dominiert.*

Bezeichnen wir den Resultatvektor des auf Grund der mathematischen Optimierung empfohlenen Programms mit $\mathbf{z}^{\text{math}}$, so lohnt es sich also, letzteres zu wählen, wenn

$$\begin{aligned} z_1^{\text{math}} &\geqq z_1^{\text{off}} \\ \cdot \quad &\quad \cdot \\ \cdot \quad &\quad \cdot \\ \cdot \quad &\quad \cdot \\ z_k^{\text{math}} &\geqq z_k^{\text{off}} \end{aligned} \tag{27.15}$$

und zumindest für ein z_i

$$z_i^{\text{math}} > z_i^{\text{off}}. \tag{27.16}$$

Das bedeutet, daß das mit der mathematischen Optimierung gewonnene Programm bezüglich keiner wirtschaftspolitischen Forderung schlechter und zumindest bezüglich einer Forderung besser als das offizielle Programm ist.

Im Unterschied zur traditionellen Planung wird diese Forderung im voraus ausgewählt und ihre Maximierung als Zielfunktion vorgeschrieben, die anderen Komponenten fungieren als Einschränkungen im Modell. Als Zielfunktion sei die r-te Komponente vorgeschrieben. Dann ist $z_r^{\text{math}} - z_r^{\text{off}}$ der Optimierungsüberschuß.

Da unsere Ansprüche derart beschränkt sind, ist es nicht erforderlich und auch nicht möglich, einen einzigen geeigneten Zielfunktionstyp zu empfehlen. Es können mehrere gut anwendbare und zur Arbeit geeignete Zielfunktionstypen vorgeschlagen werden. Von ihnen werden hier nur drei dargestellt. Wir beabsichtigen nicht zu entscheiden, welche von ihnen besser ist, die Reihenfolge der Aufzählung bedeutet auch keine Rangordnung.

Zuerst kehren wir zu der im Kapitel 24 nur zur Illustration dienenden Zielfunktion zurück, zur Optimierung der Devisenbilanz. Auf Grund der bisherigen Ausführungen kann sie jetzt als realer Vorschlag wiederholt werden.

Der Hauptvorteil dieses Zielfunktionstyps ist, daß das als Resultat der Optimierung erhaltene Surplus das »beweglichste« ist. Es kann für viele Zwecke verwandt werden:

a) Zur Tilgung eventueller ausländischer Schulden. Das bedeutet eine Einsparung von Zinsen und die Anspannung der Zahlungsbilanz wird vermindert.

b) Zur Gewährung von ausländischen Krediten. Das ist mit der Einnahme von Zinsen sowie mit wirtschaftspolitischen und außenhandelspolitischen Vorteilen verbunden.

c) Zur Bildung von Devisenreserven. Dadurch können unsere Importgeschäfte erleichtert und elastischer gestaltet werden.

d) Zum Import von Konsumgütern. Diese Maßnahme dient unmittelbar der Hebung des Lebensstandards.

e) Zum Import von Roh- und Halbfertigprodukten, zur Steigerung der produktiven Bestände und zur Verbesserung ihrer Zusammensetzung. Dadurch kann die Produktion kontinuierlicher und sicherer organisiert werden.

f) Zum zusätzlichen Import von Investitionsgütern.

Die Verwendung der Devisen nach a)–e) bedeutet keine Modifizierung des Programms. Die Wirtschaftsleitung kann frei unter den Verwendungsmöglichkeiten a)–e) wählen, ohne daß sie irgend etwas an den sonstigen Details des Programms ändern müßte.

Bei der Verwendung nach f) für zusätzliche Importe von Investitionsgütern sind aber in der Regel auch zahlreiche sonstige Auflagen zu modifizieren, da die Errichtung von neuen Kapazitäten Arbeitskräfte, Materialien usw. beansprucht, die eventuell den im Programm schon enthaltenen Aktivitäten entzogen werden müssen. In diesem Fall sind folglich einzelne ursprüngliche wirtschaftspolitische Aufgaben sinngemäß zu modifizieren und die Optimierung muß wiederholt werden.

Der Vorteil dieses Zielfunktionstyps ist, daß er die Möglichkeit bietet, das aktuelle Preissystem radikal zu umgehen. Dagegen sind alle Schwierigkeiten, die im Zusammenhang mit den Außenhandelspreisen auftauchen, seine Schattenseite (siehe hierzu Kapitel 19).

Die Maximierung des Nettodevisenertrags ist in den Ländern wenig begründet, deren Außenhandel nicht bedeutend ist, oder wo die weitere Steigerung des seit längerer Zeit aktiven Bilanzsaldos volkswirtschaftlich nicht erwünscht ist. In Ungarn aber, wie wir schon in anderem Zusammenhang betont haben, ist der Außenhandel von äußerst großem Gewicht, und die Verbesserung der ungarischen Außenhandelsbilanz erfordert ernste Kraftanstrengungen. Unter diesen Umständen ist die Anwendung dieses Zielfunktionstyps begründet.

Ein anderer möglicher Zielfunktionstyp ist die Maximierung des externen Verbrauchs. Dabei bestimmen wir im voraus die Zusammensetzung des externen Verbrauchs für jeden Zeitabschnitt, und danach wird das Gesamtvolumen des externen Verbrauchs maximiert. Diesen Zielfunktionstyp wendet *Kantorowitsch* in seinem Buch an.[1]

Ein großer Vorteil dieses Zielfunktionstyps besteht darin, daß einzelne grundlegende Ziele der Wirtschaftspolitik unmittelbar in den Vordergrund gerückt werden, wie die Steigerung der individuellen Konsumtion und damit auch zugleich die des kollektiven Verbrauchs, die kulturellen Dienstleistungen, die Entwicklung der Landesverteidigung usw. Ihr Hauptproblem ist jedoch dabei die bedeutend vereinfachte Behandlung der Nachfragefunktionen.

Ein dritter möglicher Zielfunktionstyp ist die Minimierung des Gesamtarbeitsaufwands der Gesellschaft. Diese Konzeption wird in der polnischen Fachliteratur vertreten.[2]

Die Anwendung dieses Zielfunktionstyps ist bei Vollbeschäftigung begründet, wenn man aus gesellschaftspolitischen, kulturellen usw. Erwägungen weitere Schichten (z. B. im Haushalt arbeitende Frauen) nicht in die Produktion einbeziehen will oder die Herabsetzung der gesetzlichen Arbeitszeit auf der Tagesordnung steht. Die Einsparung des Gesamtarbeitsaufwands kann auf verschiedene Arten nutzbar gemacht werden, so zur Herabsetzung der Arbeitszeit bei allen oder einzelnen Berufen, durch die Steigerung der vollbezahlten Urlaubszeiten, durch die Hebung der Grenze der Schulpflicht, durch die Herabsetzung des Rentenalters usw.

Dieser Typ der Zielfunktion bringt zum Ausdruck, daß die Wirtschaftspolitik den Optimierungsüberschuß nicht für den Mehrverbrauch bzw. zur Verbesserung der Außenhandelsposition bestimmt, sondern die Steigerung der Freizeit in den Vordergrund stellt.

Ein eventueller Arbeitskräftemangel ist kein Grund für die Anwendung des obigen Zielfunktionstyps. Stattdessen sind die zur Verfügung stehenden Arbeitskräftequoten, nach Möglichkeit nach Arbeitskräftekategorien gegliedert, in das Einschränkungssystem einzusetzen, so daß die Realisierbarkeit der durchzuführenden Programme vom Gesichtspunkt des Arbeitskräftehaushalts gesichert ist.

[1] Siehe [62]. Nach *L. W. Kantorowitsch* wurde dieser Zielfunktionstyp in Ungarn in den Werken von *Gy. Simon* und *Gy. Kondor* [158] und [159] vorgeschlagen.

[2] Siehe die Ausarbeitung von *W. Trzeciakowski* [168].

Zu der den Arbeitsaufwand minimierenden Zielfunktion ist eine entsprechende Maßeinheit zu finden. Das kann ein Arbeiter, eine Arbeitsstunde oder eine – zum Zwecke der Summierung von Arbeiten verschiedener Qualifikation – für Arbeitslohn ausgezahlte Geldeinheit sein.

Neben den oben angeführten drei Zielfunktionen sind auch andere vorstellbar. Die gemeinsame Eigenschaft der angeführten besteht darin, daß sie das aktuelle Preissystem mehr oder weniger umgehen. Der 1. Typ wendet Außenhandelspreise, der 3. Typ Naturalindexe oder in Forint bewertete Löhne als Maßeinheit an. Beim 2. Typ beschränkt sich die Rolle der aktuellen Preise darauf, daß mit ihrer Hilfe innerhalb eines Sektors die konkreten Produkte in eine Produktengruppe aggregiert werden können.

Es ist zu beachten, daß das Einschränkungssystem mit dem gewählten Zielfunktionstyp im Einklang stehen muß. Wenn wir die Maximierung des externen Verbrauchs als Zielfunktion vorschreiben, dann sollen im Beschränkungssystem Arbeitskräftebilanzen, auf einzelne Außenhandelsbeziehungen bezogene separate Devisenbilanzen dargestellt sein. Ähnlich sind bei der Wahl anderer Zielfunktionstypen auch die in der Zielfunktion *nicht* dargestellten (oder nur summarisch dargestellten) wirtschaftspolitischen Forderungen unter die Einschränkungen einzureihen.

27.10. Lohnt sich die Optimierung?

Am Ende des Buches müssen wir die vom Gesichtspunkt unseres Themas grundlegende Frage stellen: lohnt es sich zu optimieren? Lohnt es sich, die Hauptentscheidungen der Wirtschaftsleitung mit mathematischen Methoden zu unterstützen?

Das häufigste Gegenargument, das im Westen und im Osten, in den sozialistischen und kapitalistischen Ländern vorgebracht wird, ist, daß die Ausgangsangaben außerordentlich unsicher sind. Es lohnte sich folglich nicht, »Steine in die Kaffeemühle zu füllen«, d. h. minutiös genaue exakte mathematische Formeln und Verfahren anzuwenden.

Für dieses Gegenargument bietet dieses Buch zahlreiche Illustrationen. Im Teil III wurden die Unsicherheiten der technischen und Kosteninformationen behandelt, im Teil IV wurde nachgewiesen, wie viele Unsicherheiten die bei den Berechnungen verwendeten Preise und Bewertungen enthalten. Aus den Teilen I und V ging hervor, wieviel Unsicherheiten in den bei unseren Berechnungen als gegeben angenommenen Plandirektiven enthalten sind. Im letzten Kapitel wurden die Schwierigkeiten der Quantifizierung des als Maßstab der Wahl dienenden Optimumkriteriums behandelt.

Zugleich möchten wir hoffen, daß alles zusammengenommen doch dafür spricht, daß es sich *trotzdem lohnt*, die mathematische Optimierung zur Vorbereitung von Planentscheidungen anzuwenden. Obwohl hier schon früher berührte Gedanken erwähnt werden, halten wir es für notwendig, unsere Meinung zum Schluß zusammenzufassen.

Zuerst ist herauszustellen, daß in unserem Lande unabhängig von der Optimierung eine quantitative Planung vorgenommen wird. Die Abstimmung der großen Menge von Planzahlen ist ein gewaltige Arbeit, und sie ist mit großen Schwierigkeiten verbunden. Die mathematischen Methoden *erleichtern*, wenn sie in breitem Maßstab angewendet werden, die quantitative Planung. Zahlreiche Operationen werden mechanisiert und automatisiert. Die serienmäßigen Abstimmungen werden elektronischen Rechenmaschinen anvertraut, und dadurch können sich die Planer mit der sachlichen analytischen Arbeit beschäftigen.

Ohne mathematische Optimierung werden auch auf traditionelle Art Pläne ausgearbeitet. Nehmen wir an, daß in den mathematischen Modellen ausschließlich *die gleichen* Angaben gespeichert werden wie bei der traditionellen Planung. Diese Technik vermag, ausgehend von den gleichen Angaben, aus dem gleichen »Rohmaterial« einen besseren Plan hervorzubringen. Sie vermag einzelne innere Widersprüche, potentielle Gleichgewichtsstörungen des auf traditionelle Art ausgearbeiteten Planes auszuschließen, und sie ist fähig, Mehrergebnisse oder Einsparungen zu sichern.

Der Plan ist ein äußerst kompliziertes, auf tausenderlei Art verflochtenes Gewebe von Zahlen. Einer der wichtigsten Vorteile der mathematischen Optimierung besteht darin, daß sie ausgenutzt werden kann, um mindestens annähernd die *logische Struktur* eines Entscheidungsproblems sichtbar zu machen. Unsere Modelle zeigen in symbolischer Form und wenn nötig, auch zahlenmäßig, wie die einzelnen Auflagen miteinander zusammenhängen, wie die Zunahme einer einzelnen Auflage auf das ganze System wirkt.

Eine eng mit der Veranschaulichung der logischen Struktur der Probleme zusammenhängende Aufgabe ist die Synthetisierung der Entscheidungsprobleme, *die Zurückführung der Teilentscheidungen auf die grundlegenden Entscheidungen, die Hebung der Auswahl auf ein höheres Niveau.* Im vorliegenden Buch wurde an Hand von zahlreichen Beispielen gezeigt, wie die zweiglichen Teilentscheidungen auf die aggregierte Verteilung der Hauptressourcen, die konkrete Auswahl unter den Investitionsvorhaben auf die grundsätzliche Stellungnahme zur Unsicherheit und und zur Übernahme eines Risikos, oder, bei Entscheidungen auf noch höherer Ebene, die Auswahl unter verschiedenen, kompletten volkswirtschaftlichen Programmvarianten auf die Festsetzung der allgemeinsten wirtschaftspolitischen Forderungen zurückgeführt werden können. Die mathematischen Modelle bewahren die Entscheidungfällenden davor, »den Wald vor lauter Bäumen nicht zu sehen«, vor den verworren erscheinenden Verflechtungen die wirklich großen Probleme nicht zu erkennen.

Die genannten beiden Aufgaben, die Sichtbarmachung der logischen Struktur der Entscheidung und die Zurückführung der Einzelauswahlen auf eine grundlegende Auswahl können auch als die erzieherische Rolle der mathematischen Methoden in ihrer Anwendung auf die Planung betrachtet werden. Sie erziehen zur Rationalität. Die mathematische Modellierung der wirtschaftlichen Entscheidungen der Planung hat schließlich die Bedeutung, daß sie bemüht ist, jene Sphäre zu erweitern, wo der menschliche Verstand die Wirtschaftsprozesse beherrscht.

ANHÄNGE

Anhang A: Näherungslösung der konkaven Minimierungsaufgabe

A. 1. Übersicht

Für eine Kostenfunktion mit abnehmender Ableitung (bzw. eine Gewinnfunktion mit zunehmender Ableitung) muß man sich, worauf schon im Kapitel 7 hingewiesen wurde, im allgemeinen mit einer Näherungslösung der Optimierungsaufgabe begnügen. Im folgenden beschränken wir uns darauf, an Hand der Optimierung der Chemiefaserindustrie die Grundgedanken der angewandten Verfahren kurz darzustellen, ohne auf die mathematischen und rechentechnischen Einzelheiten einzugehen.[1]

Unsere Optimierungsaufgabe hat die Form:

$$\begin{aligned} &\mathbf{A}\,\mathbf{x} = \mathbf{b} \\ &\mathbf{x} \geqq \mathbf{0} \\ &C(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^{n} (p_j\, x_j^{\pi_j} + q_j\, x_j^{\Psi_j} + r_j\, x_j) \rightarrow \min! \end{aligned} \tag{A.1}$$

wobei $0 < \pi_j < 1$ und $0 < \Psi_j < 1$ für jedes j ist. Die Einschränkungen sind also linear, die zu minimierende Zielfunktion ist konkav. Für diesen Typ der Optimierungsaufgaben gilt bekanntlich folgendes:

1. Die Zielfunktion nimmt ihr Minimum in irgendeinem Eckpunkt des den zulässigen Bereich bildenden Polyeders an.

2. Wenn in irgendeinem Eckpunkt der Zielfunktionswert geringer ist als in allen benachbarten Eckpunkten, so hat die Zielfunktion an dieser Stelle ein *lokales Minimum. Charakteristisch für die Optimierungsaufgabe vom Typ (A.1) ist, daß in der Regel mehrere lokale Minima zu finden sind.* Das kleinste lokale Minimum (das unter Umständen in mehreren Eckpunkten angenommen werden kann), ist das *globale Minimum* der Zielfunktion.

Hieraus ist zu erkennen, was eintritt, wenn zur Lösung der konkaven Minimierungsaufgabe ein dem Simplexverfahren ähnlicher, von Eckpunkt zu Eckpunkt fortschreitender Algorithmus angewandt wird (wobei man immer zu einem Eckpunkt mit kleinerem Wert der Zielfunktion übergeht). Man gelangt dann sicher zu irgendeinem Eckpunkt mit einem lokalen Minimum, doch »bleibt« man dann dort »stecken«. Wir kommen nicht weiter, da jeder benachbarte Eckpunkt ungünstiger ist. Trotzdem ist gar nicht sicher, daß dieses lokale Minimum auch zugleich ein globales Minimum ist.

[1] Die angewandten Verfahren wurden von *T. Frey* entwickelt. Ihre ausführlichere Beschreibung siehe in [85].

In Anbetracht dieser Schwierigkeit gehen wir folgendermaßen vor:

1. Nach Möglichkeit bestimmen wir mehrere lokale Minima. Dabei wenden wir den Simplexalgorithmus an, der dem nichtlinearen Charakter der Zielfunktion entsprechend sinngemäß modifiziert wird.

2. Mit Hilfe von verschiedenen Kontrollverfahren bemühen wir uns, die Wahrscheinlichkeit dafür zu sichern, daß sich unter den gefundenen lokalen Minima auch das globale Minimum befindet. (Das kann natürlich nicht garantiert werden.) Zur Kontrolle haben wir zwei Verfahren angewandt, die im folgenden ausführlich dargestellt werden. Beide Verfahren müssen als systematisches Probieren, als Näherungsverfahren mit der »trial and error«-Methode betrachtet werden.

A. 2. Die Methode des »zufälligen Weges«

Wir begannen mit einem sehr »schlechten« Eckpunkt, mit einem verhältnismäßig sehr ungünstigen, hohen Zielfunktionswert. Für die Optimierung der Chemiefaserindustrie kann z. B. das Programm genommen werden, das jeden inländischen Bedarf ausschließlich durch Import befriedigt. Von hier aus gehen wir wie beim üblichen Simplexverfahren zu weiteren Eckpunkten über. Vor jedem Schritt, d. h. vor dem Austausch eines in der Basis enthaltenen Vektors, stellen wir zuerst fest, welche Nichtbasisvektoren durch Einbeziehung in die Basis den Zielfunktionswert vermindern. (D. h. mit den in der Literatur üblichen Bezeichnungen, für welche Vektoren der in der letzten Zeile der Simplextabelle stehende Wert $z_j - c_j$ positiv ist.) Von den in Frage kommenden Vektoren wird der neue Basisvektor *auf Grund einer zufälligen Auswahl mit gleichmäßiger Verteilung* bestimmt. Wir erzeugen die Zufallszahlen mit einer elektronischen Rechenmaschine. Das Auswahlverfahren weicht wesentlich von den bei der Anwendung des Simplexalgorithmus üblichen Verfahren ab, bei denen die Auswahl nach eindeutig bestimmten Kriterien erfolgt (z. B. wird der Vektor mit dem größten $z_j - c_j$ gewählt oder der Vektor, bei dessen Einbeziehung die Zielfunktion sich am stärksten vermindert).[1]

Es entscheidet also der Zufall, auf welchem Wege wir von Eckpunkt zu Eckpunkt fortschreitend zu einem lokalen Minimum gelangen. (Das dauert wesentlich länger, als wenn wir eines der üblichen Auswahlkriterien benutzen.)

Wenn wir ein lokales Minimum bestimmt haben, kehren wir zum »schlechten« Ausgangseckpunkt zurück und durchlaufen wieder einen »zufälligen Weg« bis zu irgendeinem lokalen Minimum. Da wir einen zufälligen Weg benutzen, ist es möglich, daß wir zu einem anderen lokalen Minimum gelangen.

Das Verfahren hat natürlich nur dann eine gute Aussicht, zu verschiedenen lokalen Minima zu gelangen, wenn wir wirklich von einem sehr »schlechten« Eckpunkt mit entsprechend hohem Zielfunktionswert ausgehen. Nur so können wir erwarten, daß die zufälligen Wege zu *mehreren* lokalen Minima führen (unter denen sich hoffentlich auch das globale Minimum befindet).

[1] Siehe z. B. *S. Gass* ([43], Seite 56).

A. 3. Die »Krümmung« der Zielfunktion

Die Anwendung des anderen Verfahrens erfordert eine gewisse Abänderung der Zielfunktion mit Hilfe eines Parameters. Der Parameter hat keine selbständige ökonomische Bedeutung; er dient ausschließlich dazu, mehrere lokale Minima zu finden.
Die Form der Zielfunktion ist jetzt:

$$C(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^{n} \{\lambda(p_j x_j^{\pi_j} + q_j x_i^{\psi_j}) + r_j x_j\} . \tag{A.2}$$

Die ursprüngliche Zielfunktion erhalten wir für den Parameterwert $\lambda = 1$.

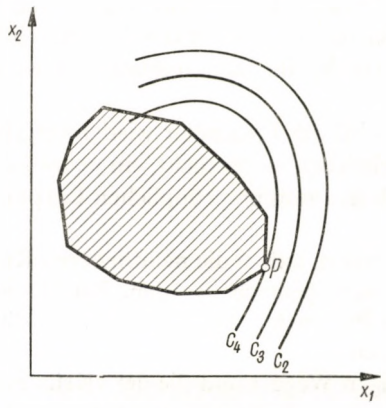


Abb. A.1

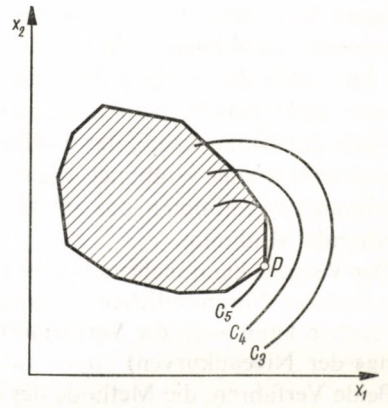


Abb. A.2

Den Grundgedanken des Verfahrens veranschaulichen wir an Hand einer zweidimensionalen Aufgabe. Das schraffierte Polygon ist der Bereich der zulässigen Programme. Die Niveaukurve berührt das Polygon im Eckpunkt *P*. Dort liegt das mit dem Parameterwert $\lambda = 1$ gefundene lokale Minimum. Im folgenden nennen wir es das *ursprüngliche* lokale Minimum (siehe Abbildung A.1).

Was geschieht, wenn wir den Wert des Parameters stetig vergrößern? Die Niveaukurven krümmen sich stärker und bei einem kritischen Wert des Parameters läuft die durch den Punkt *P* gehende Niveaukurve (jetzt sicher mit einem veränderten Zielfunktionswert) zum ersten Male auch durch eine Nachbarecke von *P*, wie auf Abbildung A.2 dargestellt ist.

Wir bezeichnen diesen kritischen Wert des Parameters mit λ' und verfahren folgendermaßen:

Wir halten den Parameter bei λ' fest und bestimmen mit der zugehörigen Zielfunktion $C'(\mathbf{x})$ ein neues lokales Minimum P'. Auf dem zu P' führenden Weg berechnen wir für jeden Eckpunkt zum Parameter $\lambda = 1$ den Wert der ursprünglichen

Zielfunktion $C(\mathbf{x})$ und wählen den Eckpunkt $\bar{P}$ mit dem geringsten Wert von $C(\mathbf{x})$ aus. Es ist möglich, daß $\bar{P}$ mit P übereinstimmt; dann hatte der Versuch keinen Erfolg. Nehmen wir aber an, daß $\bar{P} \neq P$ ist. Dann muß untersucht werden, ob man den Wert der ursprünglichen Zielfunktion $C(\mathbf{x})$ von $\bar{P}$ ausgehend weiter vermindern kann. Wenn nicht, so ist $\bar{P}$ selbst die Stelle eines lokalen Minimums. Wenn ja, dann setzen wir die Optimierung mit $C(\mathbf{x})$ fort, bis wir zu einem lokalen Minimum gelangen. Es ist möglich, daß es uns mit diesem Versuch nicht gelingt, zu einem lokalen Minimum zu gelangen, das günstiger als das ursprüngliche ist. In diesem Falle unternehmen wir einen neuen Versuch.

Bei diesem Versuch kehren wir wieder zur Stelle des ursprünglichen lokalen Minimums, zum Eckpunkt P zurück, doch jetzt »krümmen« wir die Zielfunktion anders. Jetzt werden nicht alle nichtlinearen Kostenfunktionen $p_j x_j^{\pi_j}$ und $q_j x_j^{\psi_j}$ parameterabhängig gemacht, sondern nur *ein Teil* von ihnen. Die anderen nichtlinearen Kostenfunktionen (sowie sämtliche linearen Kostenfunktionen) sind vom Parameter unabhängig. Die nichtlinearen Kostenfunktionen der Veränderlichen, die im Laufe des vorigen Versuchs als erste in die Basis einbezogen wurden, werden nicht parameterabhängig gemacht.

Nach der Umänderung der Zielfunktion wird der Parameter wieder vergrößert und es wird wieder – ähnlich wie oben beschrieben – versucht, ein neues lokales Minimum zu bestimmen, das günstiger ist als das zum ursprünglichen Eckpunkt P gehörende Minimum.

Der Versuch kann mehrmals wiederholt werden, indem die nichtlinearen Kosten von anderen Veränderlichen parameterabhängig gemacht werden. Bei ähnlichen Versuchen kann auch die Verkleinerung des Parameters unter 1 (d. h. die »Streckung« der Niveaukurven) angewendet werden.

Beide Verfahren, die Methode des »zufälligen Weges« und die der »Krümmung« der Zielfunktion haben wir nebeneinander angewandt. So war es möglich, mehrere lokale Optima zu erhalten und miteinander zu vergleichen. Zuletzt wurde das kleinste lokale Minimum als Näherung für das globale Minimum angenommen. Wiederholte Versuche haben bestätigt, daß mit dieser Methode, wenn schon das tatsächliche globale Minimum nicht gefunden wird – so doch eine brauchbare Näherungslösung bestimmt werden kann.

Anhang B: Aus den Unterlagen für die Optimierung der Chemiefaserindustrie

Im Anhang B werden einige Berechnungsunterlagen der Optimierung der Chemiefaserindustrie mitgeteilt und einige mathematische Aspekte der Untersuchung beschrieben. Der Forschungsbericht enthält die volle Dokumentation über die Berechnung sowie die Quelle und ausführliche Begründung der verwendeten Angaben.[1]

B. 1. Beispiel zur Vorhersage der Entwicklung der Weltmarktpreise

Im folgenden beschreiben wir zur Illustration der Darlegungen von Abschnitt 19.5 die Vorhersage der Preise von Benzol, Terylen und Akrylnitril.[2]

Die tatsächlichen Preisangaben der Jahre 1938 bis 1960 sind in den Tabellen B.1 – B.3 enthalten.

Im Abschnitt 19.5 werden im 2. Punkt die der Schätzung zugrundeliegenden Informationen angegeben, wie wir aus den Nominalpreisangaben die für unsere Zwecke erforderlichen korrigierten Preise in den mit »korrigiert« bezeichneten Tabellenspalten berechnet haben. Mit Hilfe dieser Preise wurden die Abbildungen 19.17 und 19.18 angefertigt.

Es folgt ein Auszug aus der Begründung der Vorhersagen:

1. *Das Benzol* wurde praktisch bis zum zweiten Weltkrieg aus Steinkohlenteer bzw. aus Gichtgas hergestellt. In den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg wurde die Produktion der aromatischen Verbindungen – unter ihnen des Benzols – von der Steinkohlenbasis immer mehr auf die Mineralölbasis verlegt. In den Vereinigten Staaten wird 67 Prozent der Benzolproduktion schon aus Mineralöl hergestellt. Dementsprechend werden die Kosten der Benzolproduktion durch die Kosten der Erdölförderung und -raffination, die Pyrolyse und die Dehydrogenisierung bestimmt.

Es gelang uns, für verschiedene Zeitabschnitte gültige amerikanische, englische und französische Benzolpreise zu finden. Ihre Änderungen zeigen, daß das Preisniveau des Benzolmarktes wegen der Änderung des Angebots und der Nachfrage im Laufe des vergangenen Jahrzehntes starken Schwankungen unterworfen war. Die Benzolnachfrage stieg nach dem zweiten Weltkrieg, in einer Zeit, wo erst sehr geringe Benzolmengen auf synthetischem Wege erzeugt wurden, sprunghaft

[1] Siehe [85].

[2] Die zitierte Vorhersage sowie die im Abschnitt B. 2 dargestellten Korrelationsschätzungen wurden dem Beitrag von *M. Tardos* zum Forschungsbericht über die Chemiefaserindustrie entnommen.

TABELLE B.1

Die Preisentwicklung des Benzols

Land	USA		Großbritannien		Frankreich	
Quelle	[196]	–	[196]	–	[196]	–
Charakter des Preises	Nominal	Korrigiert	Nominal	Korrigiert	Nominal	Korrigiert
Maßeinheit	c/gall	$/to	d/emp.g.	$/to	NF/to	$/to
Jahr						
1938	15,10	86,70			14,70	89,60
1950	25,90	71,20			220,70	62,10
1951						
1952						
1953	38,33	99,00	52,25	69,10	418,60	89,40
1954	40,00	103,30	55,00	70,70	418,70	91,00
1955	36,00	92,50	60,67	75,00	418,70	91,00
1956	36,00	90,00	61,00	75,40	418,70	87,60
1957	36,00	89,20	66,25	82,00	423,00	83,60
1958	33,70	81,20	63,00	82,60	437,90	77,10
1959	31,00	74,60	63,00	82,80	500,00	84,40
1960	34,00	82,00	63,00	82,00	500,00	82,00

TABELLE B.2

Die Preisentwicklung des Terylens

Nähere Bezeichnung des Produktes	Dacron		Terylen	
Land	USA		Großbritannien	
Quelle	[196]	–	[196]	–
Charakter des Preises	Nominal	Korrigiert	Nominal	Korrigiert
Maßeinheit	c/lb	c/kg	d/lb	c/kg
Jahr				
1953	180	380	210	423
1954	160	394	162	343
1955	157	349	162	302
1956	136	338	140	264
1957	141	280	140	264
1958	141	277	140	280
1959	136	277	140	277
1960	136	277	140	277

TABELLE B. 3

Die Preisentwicklung des Akrylnitrils

Land	USA	
Quelle	[200]	–
Charakter des Preises	Nominal	Korrigiert
Maßeinheit	c/lb	$/to
Jahr		
1950	40,5	2030
1951	44,5	2000
1952	43,0	1980
1953	43,0	2010
1954	31,0	1450
1955	31,0	1430
1956	27,0	1210
1957	28,0	1220
1958	27,0	1170
1959	27,0	1000
1960	27,0	1000

an. Wegen des beschränkten Angebots stiegen die Benzolpreise zwischen den Jahren 1950 und 1954 an, nach 1954 jedoch sanken sie – infolge der Zunahme der Herstellung des Benzols auf petrochemischem Wege – in fast sämtlichen Ländern. In den letzten Jahren stieg der Preis des Benzols praktisch nur in Großbritannien, wo das Benzol noch nicht auf petrochemischem Wege hergestellt wird und wo auch weiterhin viel Benzol importiert werden muß. Übrigens sind mit der Steigerung der Benzolproduktion aus Mineralöl die Benzolpreise kontinuierlich gesunken, und infolge des Verschwindens des Benzolmangels kann damit gerechnet werden, daß die sinkende Tendenz auch weiter bestehen bleibt.

Die auf das ungarische Importpreisniveau umgerechneten Angaben der deflatorischen amerikanischen, englischen und französischen Benzolpreise zwischen 1954 und 1960 kann man zwischen zwei Hyperbeln einschließen. Unserer Voraussetzung nach wird die zu erwartende Preisbewegung des Benzols auch nach 1960 zwischen diesen beiden Hyperbeln liegen. Der Wert der maximalen Benzolpreise wird vermutlich mit den Werten der hyperbolischen Regressionsfunktion $y = 77{,}45 + + 27{,}2(1/x)$, die auf Grund der auf das ungarische Preisniveau umgerechneten Angaben der deflatorischen USA-Benzolpreise bestimmt wurde, zusammenfallen. Wegen der zu erwartenden Senkung der Erdölpreise kann aber vorausgesetzt werden, daß die Abschlüsse größtenteils auf einem niedrigeren Niveau erfolgen werden als es die Werte der oberen Hyperbel angeben, und sich den Werten der unteren, die Preise der vergangenen Jahre einschließenden Hyperbel annähern. Der Benzolpreis wird dann also voraussichtlich zwischen 60 und 80 $ pro Tonne schwanken. Die aus den Berechnungen hervorgehende Tendenz wird auch durch die ungarischen Exporterfahrungen vom Jahre 1961 bestätigt.

2. Bei den *Terylen*stapelfasern konnte man im letzten Zeitabschnitt eine äußerst rapide Preissenkung beobachten. Das Tempo der Preissenkung war z. B. schneller als bei den Nylonstapelfasern. Die Situation läßt sich damit erklären, daß die Produktion des Polyesters erst später eingeführt wurde, und so widerspiegelt der untersuchte Zeitabschnitt zum guten Teil den ersten Abschnitt der Preissenkungsperiode, die mit dem Bruch des Produktionsmonopols zusammenhängt. Das Tempo der Preissenkung wird deshalb voraussichtlich auch weiterhin etwas schneller sein als bei den Nylonstapelfasern, und die Preiskurve flacht erst später ab.

Die korrigierten englischen und amerikanischen Preise lassen sich leicht zwischen zwei Hyperbeln einschließen, die nach einem steilen Abfall erst nach 1970 allmählich flacher werden. Unserer Voraussicht nach bewegen sich die Importpreise der Polyesterstapelfaser zwischen 1960 und 1980 in dem von den beiden Hyperbeln umschlossenen Gebiet.

Unsere Preisschätzung wurde auch mit Hilfe einer die veränderlichen Kosten berücksichtigenden Kalkulation kontrolliert.

3. Die Preise des *Akrylnitrils* fielen im letzten Jahrzehnt im großen und ganzen gleichmäßig ab. Gegenwärtig werden revolutionäre technische Änderungen in der Akrylnitrilproduktion entwickelt. Mit Hilfe des Sohio-Verfahrens wird Akrylnitril aus Propylen und Ammoniak hergestellt, wodurch die Komplikationen des Zyanhydrogen-Verfahrens ausgeschaltet und die Produktionskosten bedeutend herabgesetzt werden. Infolge des neuen Verfahrens sanken die Akrylnitrilpreise in den USA 1961 um 40 Prozent.

Wir konnten die korrigierten Angaben der amerikanischen Preise des Akrylnitrils zwischen 1950 und 1961 zwischen zwei Hyperbeln einschließen. Unserer Voraussicht nach werden die Preise auch in der Zeitperiode zwischen 1962 und 1980 zwischen den beiden Hyperbeln liegen. Bei unserer Schätzung gingen wir in erster Linie von dem amerikanischen Preisniveau nach der Preissenkung vom Jahre 1961 aus und setzten das minimale Preisniveau ungefähr gleich hoch fest.

Die Preisvorhersage für die drei Produkte sind in Tabelle B. 4 enthalten.

TABELLE B. 4

Preisvorhersagen in der Chemiefaserindustrie

Jahr		Benzol	Terylen	Akrylnitril
1961	Effektiver Preis	70	2630	715
1970	Untere Grenze	60	1300	300
	Mittelwert	70	1750	350
	Obere Grenze	80	2200	400
1975	Untere Grenze	60	1100	280
	Mittelwert	70	1500	320
	Obere Grenze	80	1900	360

Ebenso haben wir insgesamt für 34 Produkte Preisvorhersagen erarbeitet.

B. 2. Korrelationsschätzungen

Für die stochastischen Berechnungen wurde die Korrelation zwischen den Preisentwicklungen der Produkte geschätzt. Diese Schätzungen erfolgten mit äußerst großem Vorbehalt. Sie wurden nur vorgenommen, um die Versuchsberechnung provisorisch mit numerischen Angaben durchführen zu können.

TABELLE B. 5

Korrelationsschätzungen in der Chemiefaserindustrie

1. Produkt	2. Produkt	Korrelationskoeffizient
Orlon	Akrylnitril Kop.	0,9
Orlon	Terylen	0,5
Akrylnitril Kop.	Terylen	0,5
Orlon	Polypropylenstapelfaser	0,5
Akrylnitril Kop.	Polypropylenstapelfaser	0,5
Nylon-6-Fäden	Polypropylenfäden	0,5
Terylen	Polypropylenstapelfaser	0,5
Polypropylen-Stapelfaser	Polypropylenfäden	0,8
Zellwolle	Rayon	0,6
Kaprolaktam	Nylon-6-Fäden	0,6
Aethylenglykol	Dimethylterephthalat	0,6
Dimethylterephthalat	Terylenstapelfaser	0,6
Akrylnitril	Orlon	0,7
Akrylnitril	Akrylnitril Kop.-Stapelfaser	0,7
Benzol	Phenol	0,5*
Benzol	Paraxilol	0,5
Zellulose für Zellstoffaser	Zellwolle	0,6
Zellulose für Zellstoffaser	Zellophan	0,6
Zellulose für Kunstseide	Rayon	0,6
Schwefel	Schwefelsäure	0,8

* Auf Grund der vorliegenden Zahlen konnte keine Korrelation zwischen den Preisentwicklungen von Benzol und Phenol beobachtet werden. Man kann aber annehmen, daß sich das in Zukunft infolge der Entwicklung der Produktion von synthetischem Phenol ändern wird.

Zuerst stellten wir für den Zeitabschnitt 1953 bis 1960 die Korrelationen zwischen den Preisen einzelner Produkte fest.

Die in der Vergangenheit statistisch beobachteten Korrelationen dienten jedoch nur *als Ausgangspunkt* der auf die Zukunft bezogenen Korrelationsschätzungen. Bei der Vorhersage der »von-bis«-Preiszonen wurde von vornherein eine gewisse Parallelität in der Entwicklung zusammenhängender Produkte berücksichtigt. So wurde z. B. bei der Preisprognose der Terylen- und Orlonstapelfaser vorausgesetzt, daß ihre Preise gemeinsam sinken werden. Die Korrelation soll nur folgendes ausdrücken: Wenn innerhalb der beiden sinkenden Preiszonen der eine Preis sich im unteren Teil der zu diesem Preis gehörenden Zone befindet, dann

befindet sich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auch der andere Preis unten in seiner Preiszone.

Die Schätzungen für 1957 enthält die Tabelle B. 5.

B. 3. Der Erwartungswert und die Streuung der stochastischen Kostenfunktion

Abweichend von der Bezeichnungsweise von Kapitel 6, in dem das Chemiefasermodell ursprünglich beschrieben wurde, bezeichneten wir jetzt die Aktivität mit zwei Indizes. Der erste Index ist bei den Produktionsaktivitäten 1, bei den Importaktivitäten 2, bei den Exportaktivitäten 3 ($k = 1, 2, 3$). Der zweite Index gibt an, um die wievielte Produktions-, Import- oder Exportaktivität es sich handelt ($j = 1, 2, \ldots, n_k$).

Die in der Chemiefaserindustrie angewandten Materialien, deren Außenhandelspreise einzeln bestimmt wurden und die *nicht* durch die Aktivitäten des Modells erzeugt werden, wurden ebenfalls mit laufenden Nummern versehen. (Sie werden im Abschnitt 6.2 aufgeführt.) Wir nennen sie im folgenden Vorzugsmaterialien und bezeichnen sie mit dem Index 4. Ihre Anzahl ist n_4.

So erhalten wir vier Gruppen von *Produkten:*

1. durch Produktionsaktivitäten erzeugte Produkte,
2. durch Importaktivitäten gelieferte Produkte,
3. durch Exportaktivitäten gelieferte Produkte und
4. Vorzugsmaterialien.

Der Erwartungswert der Zielfunktion bei Ausführung des Programmes **x** ist folgender:

$$C(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^{n_1} \left[P_j \cdot \left(\frac{x_{1j}}{X_{0j}} \right)^{\pi_j} + Q_j \cdot \left(\frac{x_{1j}}{X_{0j}} \right)^{\psi_j} + r_j \, x_{1j} \right] + \tag{B.1}$$

$$+ \sum_{j=1}^{n_2} s_{2j} \, x_{2j} + \sum_{j=1}^{n_3} s_{3j} \, x_{3j} \, .$$

Hierbei bedeutet

X_{0j} die fixierte Betriebsgröße der j-ten Produktionsaktivität ($j = 1, \ldots, n_1$)

P_j den Erwartungswert der zufälligen Variablen P_j, welche die aus den Investitionskosten der j-ten Produktionsaktivität ($j = 1, \ldots, n_1$) berechnete Produktionsfondsabgabe für die vorausgesetzten fixierten Betriebsgrößen X_{0j} darstellt

Q_j den Erwartungswert der zufälligen Variablen Q_j, die die Jahresbetriebslohnkosten der j-ten Produktionsaktivität ($j = 1, \ldots, n_1$) für die vorausgesetzte fixierte Betriebsgröße X_{0j} darstellt

π_j, ψ_j die Degressionsexponenten der j-ten Produktionsaktivität ($j = 1, \ldots, n_1$)

r_j den Erwartungswert der zufälligen Variablen r_j, welche die auf die Produkteneinheit der j-ten Produktionsaktivität ($j = 1, \ldots, n_1$) ent-

fallenden sonstigen Betriebskosten (außer Lohnkosten), im folgenden proportionale Betriebskosten genannt, darstellt

s_{2j}, s_{3j} die Erwartungswerte der zufälligen Variablen s_{2j}, s_{3j}, welche die auf die Einheit der j-ten Importaktivität ($j = 1, \ldots, n_2$) bzw. der j-ten Exportaktivität ($j = 1, \ldots, n_3$) entfallenden Kosten, also den Importeinheitspreis bzw. den negativen Exporteinheitspreis darstellen.

Eine besondere Erklärung ist für die proportionalen Betriebskosten r_j ($j = 1, \ldots, n_1$) erforderlich. Sie werden folgendermaßen bestimmt:

$$r_j = \sum_{h=1}^{n_4} g_{jh}\, \mathsf{s}_{4h} + k_j + \mathsf{e}_j\,, \qquad j = 1, \ldots, n_1\,. \tag{B.2}$$

Hier bedeutet

g_{jh} den Materialinputkoeffizienten, der die für die Einheit der j-ten Produktionsaktivität ($j = 1, \ldots, n_1$) erforderliche Menge des h-ten Vorzugsmaterials ($h = 1, \ldots, n_4$) angibt und der konstant vorausgesetzt wird

s_{4j} die zufällige Variable, die den Einheitspreis des h-ten Vorzugsmaterials ($h = 1, \ldots, n_4$) darstellt

k_j die auf die Einheit der j-ten Produktionsaktivität ($j = 1, \ldots, n_1$) entfallenden bei den Vorzugsmaterialkosten ($\sum_h g_{jh}\, \mathsf{s}_{4h}$) nicht berücksichtigten proportionalen Kosten (z. B. nicht zu Außenhandelspreisen verrechnete Hilfsmaterialkosten aus dem Inland, Instandhaltungsmaterialkosten usw.), die auch konstant vorausgesetzt werden

e_j die zufällige Variable mit dem Erwartungswert 0, die die bei der Schätzung der proportionalen Betriebskosten der j-ten Produktionsaktivität ($j = 1, \ldots, n_1$) herrschende Unsicherheit, und zwar *über* die Unsicherheit der Außenhandelspreise *hinaus* darstellt. Es ist also einerseits der Außenhandelspreis der angewandten Vorzugsmaterialien unsicher, was sich darin ausdrückt, daß s_{4h} ($h = 1, \ldots, n_4$) eine zufällige Variable ist. Andererseits sind die zu den Vorzugsmaterialien gehörenden Materialinputkoeffizienten, die nicht zu Außenhandelspreisen verrechneten inländischen Materialaufwendungen usw. unsicher. Letzteres drückt sich darin aus, daß e_j eine zufällige Variable ist.

Es ergibt sich also für den in (B.1) enthaltenen Erwartungswert r_j:

$$r_j = \sum_{h=1}^{n_4} g_{jh} s_{4h} + k_j, \qquad j = 1, \ldots, n_1\,. \tag{B.3}$$

Wir wenden uns jetzt der Bestimmung der Varianz zu. Die hierzu erforderlichen Korrelationskoeffizienten bezeichnen wir mit $\varrho_{ij,\,hl}$.

$\varrho_{ij,\,hl}$ ist der Korrelationskoeffizient zwischen den Einheitspreisen des l-ten Produkts der h-ten Gruppe und des j-ten Produkts der i-ten Gruppe.

So ist z. B. $\varrho_{2j,\,4l}$ der Korrelationskoeffizient zwischen dem Preis des durch die j-te Importaktivität importierten Produktes und dem Preis des l-ten Vorzugsmaterials.

Die Varianz der Kostenfunktion des Programms **x** ist (auf der rechten Seite geben wir die Erläuterung zu den einzelnen Gliedern):

Ökonomische Bedeutung

$$\sum_{j=1}^{r_1}\left[\sigma_{P_l}^2\cdot\left(\frac{x_{1j}}{X_{0j}}\right)^{2\pi_j}+\sigma_{Q_l}^2\cdot\left(\frac{x_{1j}}{X_{0j}}\right)^{2\psi_j}\right]x_{1j}^2+$$

Produktionsfondsabgabe und Lohnkosten der Produktionsaktivitäten

$$+\sum_{j=1}^{n_1}a_j^2x_{1j}^2+$$

proportionale Kosten der Produktionsaktivitäten

$$+\sum_{j=1}^{n_2}\sigma_{s_{2j}}^2\,x_{2j}^2+\sum_{j=1}^{n_3}\sigma_{s_{3j}}^2x_{3j}^2+$$

Kosten der Außenhandelsaktivitäten

$$+2\sum_{\substack{j,h=1\\ j<h}}^{n_1}b_{jh}\,x_{1j}\,x_{1h}+$$

Korrelation zwischen den Vorzugsmaterialkosten der Produktionsaktivitäten

$$+2\sum_{j=1}^{n_1}\left[\sum_{h=1}^{n_2}c_{j,2h}\,x_{1j}\,x_{2h}+\sum_{h=1}^{n_3}c_{j,3h}\,x_{1j}x_{3h}\right]+$$

Korrelation zwischen den Vorzugsmaterialkosten der Produktionsaktivitäten und den Kosten der Außenhandelsaktivitäten

(B.4)

$$+2\sum_{\substack{j,h=1\\ j<h}}^{n_2}\varrho_{2j,2h}\,\sigma_{s_{2j}}\,\sigma_{s_{2h}}\,x_{2j}\,x_{2h}+$$

Korrelation zwischen den Kosten der Importaktivitäten

$$+2\sum_{j=1}^{n_2}\sum_{h=1}^{n_3}\varrho_{2j,3h}\,\sigma_{s_{2j}}\,\sigma_{s_{3h}}\,x_{2j}\,x_{3h}+$$

Korrelation zwischen den Kosten der Import- und Exportaktivitäten

$$+2\sum_{\substack{j,h=1\\ j<h}}^{n_3}\varrho_{3j,3h}\,\sigma_{s_{3j}}\,\sigma_{s_{3h}}\,x_{3j}\,x_{3h}\,,$$

Korrelation zwischen den Kosten der Exportaktivitäten

wobei

$$a_j^2=\sum_{i,l=1}^{n_4}g_{ji}\,g_{jl}\,\varrho_{4i,4l}\,\sigma_{s_{4i}}\,\sigma_{s_{4l}}+\sigma_{ej}^2,\qquad j=1,\ldots,n_1\,, \tag{B.5}$$

$$b_{jh}=\sum_{h,\,l=1}^{n_4}g_{ji}\,g_{hl}\,\varrho_{4i,4l}\,\sigma_{s_{4i}}\,\sigma_{s_{4l}}\,,\quad j,h=1,\ldots,n_1;\ j<h\,, \tag{B.6}$$

$$c_{j,ih}=\sum_{l=1}^{n_4}g_{jl}\,\varrho_{4l,ih}\,\sigma_{s_{4l}}\sigma_{s_{ih}},\ j=1,\ldots,n_1;\ i=2,3;h=1,\ldots,n_4\,. \tag{B.7}$$

In der Zielfunktion (14.1) steht die Streuung, d. h. die Quadratwurzel von (B.4).

Anhang C: Die Wirkung der Konzentration bzw. der Zersplitterung der Aktivitäten

Von TAMÁS LIPTÁK

Nachfolgend veranschaulichen wir in einem äußerst vereinfachten Modell die Wirkung der Konzentration bzw. der Zersplitterung der Aktivitäten.

Wir haben ein lineares Optimierungsmodell, mit einer einzigen Ressource. (Es kann sich z. B. um die Investitionsquote handeln.) Der Umfang der einzelnen Aktivitäten wird durch ihren Anteil an dieser Ressource gemessen. Das allgemeine Ziel ist die Minimierung der Kosten.

Nehmen wir also an, daß in der linearen Optimierungsaufgabe

$$x_1 + \ldots + x_n = 1, \tag{C.1}$$

$$x_1 \geqq 0, \ldots, x_n \geqq 0, \tag{C.2}$$

$$\mathbf{c}_1 x_1 + \ldots + \mathbf{c}_n x_n \to \min! \tag{C.3}$$

die Koeffizienten $\mathbf{c}_1, \ldots, \mathbf{c}_n$ zufällige Variable mit den Erwartungswerten bzw. Streuungen

$$c_i = M(\mathbf{c}_i) \quad \text{und} \quad \sigma_i = D(\mathbf{c}_i), \quad i = 1, \ldots, n \tag{C.4}$$

sind.

Erste Aufgabe

Wir minimieren statt (C.3) den Erwartungswert.
Da

$$M\left(\sum_{i=1}^{n} \mathbf{c}_i x_i\right) = \sum_{i=1}^{n} c_i x_i \tag{C.5}$$

ist, so ist klar, daß ein Programm optimal ist, bei dem die volle Kapazität auf diejenige Variable konzentriert wird, die den Koeffizienten mit minimalem Erwartungswert hat.

$$x_{i_0}^* = 1, \qquad x_i^* = 0, \qquad i \neq i_0, \tag{C.6}$$

wobei

$$c_{i_0} = \min_{1 \leqq i \leqq n} c_i . \tag{C.7}$$

Zweite Aufgabe

Minimieren wir die Streuung der Zielfunktion $\sum_{i=1}^{n} c_i x_i$. Wir kommen zum gleichen Ergebnis, wenn wir die Varianz

$$D^2\left(\sum_{i=1}^{n} c_i x_i\right) = \sum_{i=1}^{n} \sigma_i^2 x_i^2 \tag{C.8}$$

minimieren.

Wenden wir die Cauchysche Ungleichung

$$\left(\sum_{i=1}^{n} a_i b_i\right)^2 \leqq \left(\sum_{i=1}^{n} a_i^2\right)\left(\sum_{i=1}^{n} b_i^2\right) \tag{C.9}$$

bei der Wahl mit $a_i = \sigma_i x_i$, $b_i = \sqrt{x_i}$ an, so ergibt sich aus (C.8) und (C.1):

$$D^2\left(\sum_{i=1}^{n} c_i x_i\right) \equiv \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} \sigma_i x_i \sqrt{x_i}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n} x_i} = \left(\sum_{i=1}^{n} \sigma_i x_i \sqrt{x_i}\right)^2. \tag{C.10}$$

Das Gleichheitszeichen gilt, d. h. $D^2(\sum_{i=1}^{n} c_i x_i)$ nimmt sein Minimum nur dann an wenn $\frac{a_1}{b_1} = \ldots = \frac{a_n}{b_n}$, d. h. wenn

$$\sigma_1 \sqrt{x_1} = \ldots = \sigma_n \sqrt{x_n}, \text{ oder wenn}$$
$$\sigma_1^2 x_1 = \ldots = \sigma_n^2 x_n \tag{C.11}$$

ist. Mit (C.1) und (C.2) ergibt sich hieraus für die Komponenten des optimalen Programms:

$$x_i^* = \frac{\frac{1}{\sigma_i^2}}{\sum_{k=1}^{n} \frac{1}{\sigma_k^2}} \qquad i = 1, \ldots, n. \tag{C.12}$$

Die Streuung ist also für das Programm minimal, wenn die Kapazität auf die einzelnen Veränderlichen umgekehrt proportional zur Varianz der Zielfuktionskoeffizienten verteilt wird. Der minimale Streuungswert ist:

$$\sigma^* = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sigma_i^2 x_i^{*2}} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\sigma^2}}}. \tag{C.13}$$

Wenn

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \ldots = \sigma_n = \sigma\,, \tag{C.14}$$

so ist das optimale Programm (C.12) gleichmäßig auf die Aktivitäten verteilt:

$$x_1^* = x_2^* = \ldots = x_n^* = \frac{1}{n} \tag{C.15}$$

und

$$\sigma^* = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\,. \tag{C.16}$$

Daraus ergibt sich als allgemeine Lehre: Die Minimierung des Erwartungswertes führt zur Konzentration, die Minimierung der Streuung zur Zersplitterung der Aktivitäten.

Anhang D: Formeln, die auf dem Zinseszins beruhen

D. 1. Die Formel für die Produktionsfondsabgabe

Im kalkulatorischen Preissystem, das im Teil IV des Buches beschrieben wurde, haben wir die kalkulatorischen Kosten *von einem Jahr* der Produktions- und Investitionsaktivität folgendermaßen bestimmt:

$$C = \gamma P + R, \tag{D.1}$$

wobei

C die kalkulatorischen Jahreskosten
P die Investitionskosten
R die Betriebskosten für ein Jahr
γ den Produktionsfondsabgabefaktor bedeuten.

Die Formel (D.1) wird im folgenden als die Formel für die Produktionsfondsabgabe bezeichnet.

Diese einfache Formel kann ohne Bedenken dort angewandt werden, wo es keine Abweichung zwischen der Dynamik der Einnahmen und Ausgaben gibt, wo bei sämtlichen Varianten die Investitionsdurchführung nur kurze Zeit (und etwa gleich lang) dauert und dann sofort die Produktion beginnt, und zwar mit konstanten Einnahmen und Kosten in der Zeit. Das ist beispielsweise der Fall, wenn ausschließlich Maschinenaustauschvarianten miteinander verglichen werden.

Leider waren wir wegen der im Abschnitt 16.4 erwähnten Schwierigkeiten gezwungen, die Formel der Produktionsfondsabgabe auch dort anzuwenden, wo es eigentlich nicht in ausreichendem Maße berechtigt ist. In einzelnen Berechnungen bzw. wenigstens parallel dazu bei Kontrolluntersuchungen haben wir auch Zinseszinsformeln angewandt. Diese stellen wir im folgenden dar.

Der in den Zinseszinsformeln dargestellte Zinsfuß wird mit i bezeichnet.

D. 2. Die Verzinsung der Investitionskosten

Wenn es sich nicht bloß um einen Maschinentausch handelt, der häufig auch schon in Stunden erfolgen kann, sondern um die Errichtung eines neuen Betriebes, um die technische Planung des Betriebes, um den Aufbau, um die Beschaffung neuer Maschinen und deren aufeinander abgestimmte Ausrüstung, dann kann die Investitionsdurchführung auch mehrere Jahre dauern.

Für die Volkswirtschaft ist es nicht gleichgültig, wie lange es dauert, bis die Produktionsfonds geschaffen sind (Zeitraum des Investitionsprozesses). Wir bezeichnen die Zeit vom Beginn der Investition bis zu ihrer Inbetriebnahme als Fertigstellungszeit. Sie kann durch die Anwendung folgender Formel der Zinseszinsrechnung berücksichtigt werden:[1]

$$\widetilde{P} = \sum_{t=1}^{\tau} P(t)\,(1+i)^{\tau-t}, \tag{D.2}$$

wobei

$\widetilde{P}$	die verzinsten Investitionskosten
das Jahr 1	das Jahr des Beginns der Investition, das erste Jahr der Fertigstellungszeit
das Jahr τ	das letzte Jahr der Fertigstellungszeit und
$P(t)$	die Investitionskosten im Jahre t

bedeuten.

Wenn also bei zwei zur gleichen Zeit in Betrieb zu nehmenden Varianten $\Sigma P(t)$ gleich ist, aber τ nicht, so ist die Variante mit kürzerer Fertigstellungszeit zu bevorzugen.

Die so gewonnenen verzinsten Investitionskosten können in der Formel (D.1) für die Investitionskosten P gesetzt werden.

Hier ist zu erwähnen, daß auch die Investitionswirtschaftlichkeitsmethodologie die Verzinsung zur Berücksichtigung der Fertigstellungszeit anwendet.[2] Die dort verwendete Formel lautet:

$$\widehat{P} = \sum_{t=1}^{\tau} P(t)\,(1 + i(\tau - t)). \tag{D.3}$$

Die offizielle Formel (D.3) enthält eine *lineare* Verzinsung im Gegensatz zu der *exponentiellen* Verzinsung nach (D.2). Bei gleichem Zinsfuß wird bei den

[1] Diesen Zusammenhang betont der sowjetische Ökonom *T. Chatschaturow* in seinem Artikel [47], in dem er für die Anwendung der Zinseszinsformel argumentiert: »Wenn die Maßnahmen, die der Automatisierung und Mechanisierung dienen, sich hinsichtlich der Zeitdauer für die Planung, Fertigstellung und Einführung unterscheiden, dann muß die Wirkung des Zeitfaktors beim Vergleich der Varianten in Betracht gezogen werden. Das wirtschaftliche Ergebnis, das sich aus einer kürzeren oder aus einer längeren Zeitdauer für die Durchführung der Maßnahmen ergibt, ist durch die Korrektur der erforderlichen Investitionssummen, bei Berücksichtigung des durchschnittlichen Effekts, der in anderen Zweigen der Volkswirtschaft durch produktive Investitionen erreicht werden kann, zu erfassen. Das bedeutet praktisch, daß, sofern in einer Variante die Investitionen später fertiggestellt werden, ihre Größe mit der Größe der zum gegebenen Zeitpunkt durchgeführten Investitionen nicht gleichwertig ist. Die Investitionen der zukünftigen Jahre sind durch Multiplikation mit dem Koeffizienten $k = 1/(1+\Delta)^t$ zu den gegenwärtigen Investitionen vergleichbar zu machen.

[2] Siehe das Investitionsgesetz [195].

exponentiellen Formeln eine stärkere Zeitpräferenz wirksam. Das Gewicht der früher entstehenden Kosten ist im Verhältnis zu den späteren größer als bei der linearen Verzinsung.

D. 3. Die diskontierte Kostensumme

Die bisherigen Formeln genügen nicht den Anforderungen, wenn die Einnahmen und Ausgaben zur Zeit nach der Inbetriebnahme auch noch nicht annähernd konstant sind und die Varianten in der Dynamik der Einnahmen und Ausgaben der Betriebskosten voneinander abweichen. Dann können wir die bekannte Formel der diskontierten Kostensumme anwenden.[1]

$$\tilde{C} = \sum_{t=1}^{T} C(t)\,(1+i)^{-t}, \tag{D.4}$$

in der

$\tilde{C}$	die diskontierte Kostensumme
T	die Dauer der Verrechnungsperiode
$C(t)$	die im t-ten Jahr entstehenden Kosten bedeuten.

Die Länge der Verrechnungsperiode ist eine willkürlich festgesetzte Größe. Bei Berechnungen, wo diese Formel angewendet wurde, ist im allgemeinen eine Verrechnungszeit von 25 bis 30 Jahren kalkuliert worden. Dieser Parameter beeinflußt das Resultat der Berechnung. Seine Wirkung ist aber nicht bedeutend, da auf Grund der Diskontierung die am Ende der Verrechnungszeit entstehenden Kosten weniger Gewicht erhalten. Für einen Zinsfuß von 8 Prozent beträgt z. B. der diskontierte Wert eines im 30. Jahr aufzubringenden Ft nicht mehr als nur 0,099 Ft. Für alle Fälle haben wir Kontrollberechnungen durchgeführt (z. B. bei der Optimierung der Baumwollindustrie), ob die Länge der Verrechnungsperiode das optimale Programm verändert. Danach ist das optimale Programm gegenüber dieser Veränderung nicht empfindlich.

Mit den in Kapitel 5 und 6 beschriebenen zweiglichen Modellen kann die optimale temporale Verteilung der Aktivitäten nicht bestimmt werden. Dennoch mußten wir bei den Berechnungen mit der Formel der diskontierten Kostensumme gewisse Voraussetzungen für die temporale Verteilung der Aktivitäten unterstellen, um einen objektiven Vergleich der Varianten zu ermöglichen. Deshalb nahmen wir an, daß sämtliche durch Investitionen entstandenen Kapazitäten im letzten Jahr der bei der Optimierung berücksichtigten Planperiode zu produzieren beginnen. Das ist so, als ob wir verschieden befähigte Läufer mit unterschiedlicher Geschwindigkeit zu abweichenden Zeitpunkten starten ließen, damit sie genau

[1] Da wir in diesem Buch im allgemeinen *Kosten*funktionen anwenden, wird der Einheitlichkeit halber auch hier nur die Formel der diskontierten Kostensumme angegeben. Bei der Berücksichtigung der Einnahmen ist die Formel sinngemäß abzuwandeln.

zur gleichen Zeit das Ziel erreichen. Somit ist bei der Ermittlung der diskontierten Kostensumme die Investition mit einer längeren Fertigstellungszeit gegenüber der schneller fertigzustellenden Investition benachteiligt.

Es sind auch andere Zinsformeln bekannt.[1] Für unsere Berechnungen reichten die dargestellten jedoch aus.

D. 4. Der in den Zinseszinsformeln angewandte Zinsfuß

Verrechnungsprinzip D. 1. Der in der Formel der Produktionsfondsabgabe angewandte Faktor γ soll mit dem in den Zinseszinsformeln angewandten Zinsfuß i übereinstimmen.

Die Übereinstimmung ist keine Selbstverständlichkeit. Sie kann nur als Annäherung betrachtet und nicht unmittelbar aus den Sätzen des Kapitels 18 abgeleitet werden, da in dem dort beschriebenen Modell die Wahl zwischen der Beschäftigtenanzahl und dem Produktionsfonds *zum gleichen Zeitpunkt* in den Vordergrund gestellt wurde, d. h., es können unmittelbare Folgerungen nur auf den Produktionsfondsabgabefaktor γ gezogen werden. Die Zinseszinsformeln stehen jedoch in der Regel mit Problemen der *zeitlichen Auswahl* im Zusammenhang.

Die dem Verrechnungsprinzip D.1 zugrunde liegenden Gedanken werden an einem vereinfachten Beispiel demonstriert.

Wir errechnen die Kosten eines bestimmten Investitionsvorhabens mit zwei Formeln, mit der Formel (D.1) für die Produktionsfondsabgabe und mit der diskontierten Kostensummenformel (D.4). Unser Investitionsvorhaben ist folgendermaßen charakterisiert:

1. Die Investitionskosten entstehen alle im 0-ten Jahr. 2. Die Betriebskosten sind zeitlich konstant. [Diese Voraussetzungen müssen schon deshalb unterstellt werden, da ohne sie die Anwendung der Formel (D.1) eigentlich unberechtigt ist.]

Unter diesen Voraussetzungen kann folgendes festgestellt werden:

Satz D.1. Die Formel der Produktionsfondsabgabe und die diskontierte Kostensummenformel führen zur gleichen Kombination der Investitions- und Betriebskosten, wenn wir in den Formeln einen Produktionsfondsabgabefaktor (γ) bzw. einen Zinsfuß (i) gleicher Größe anwenden, und wenn in der zweiten Formel die Verrechnungsperiode unendlich ist.

Beweis. Nach der Produktionsfondsabgabeformel sind die Kosten

$$C = R + \gamma P, \tag{D.5}$$

wobei

R die Betriebskosten für ein Jahr und
P die Investitionskosten sind.

Nehmen wir an, daß $i = \gamma$; deshalb können wir jetzt in der diskontierten Kostensummenformel auch γ setzen.

[1] Siehe z. B. die Werke von *E. Schneider* [154] und *F. Lutz, V. Lutz* [111].

Nach der Formel ist dann

$$\tilde{C} = P + \sum_{t=1}^{T} R\,(1+\gamma)^{-t}\,. \tag{D.6}$$

Wenn wir die Betriebskosten nach der Summenformel der geometrischen Reihe berechnen, so erhalten wir für die diskontierte Kostensumme

$$\tilde{C} = P + R\,\frac{(1+\gamma)^T - 1}{\gamma(1+\gamma)^T}\,. \tag{D.7}$$

Der Koeffizient von R hat die Eigenschaft

$$\frac{(1+\gamma)^T - 1}{\gamma(1+\gamma)^T} \to \frac{1}{\gamma} \quad \text{wenn} \quad T \to \infty. \tag{D.8}$$

Daraus folgt

$$\tilde{C} \to P + \frac{1}{\gamma}\,R \quad \text{wenn} \quad T \to \infty\,. \tag{D.9}$$

Offensichtlich ist in (D.9) das Verhältnis zwischen P und $\frac{1}{\gamma}\,R$ gleich dem Verhältnis von $\gamma\,P$ und R in der Formel (D.5).

Die Feststellung (D.1) ist nur dann genau, wenn T unendlich ist. In der Praxis können wir aber auch mit einer endlichen Verrechnungszeit rechnen, wenn T groß genug und die Abweichung so gering ist, daß sie vernachlässigt werden kann. Wenn z. B. in der diskontierten Kostensummenformel mit einer Verrechnungsperiode von 30 Jahren und mit $i = 0{,}1$ gerechnet wird, so ist in der Formel der Produktionsfondsabgabe $\gamma = 0{,}105$ anzuwenden, damit beide Formeln zur gleichen Kombination der Investitions- und Betriebskosten führen.

Das dargestellte Beispiel zeigt, daß das Verrechnungsprinzip (D.1), zumindest als Annäherung, annehmbar ist. Wir mußten auch deshalb darauf eingehen, da dieses in den Diskussionen in Ungarn des öfteren bezweifelt worden ist. Es ist noch zu erwähnen, daß sowohl die ungarische als auch die sowjetische offizielle Investitionswirtschaftlichkeitsmethodologie das Prinzip (D.1) anwendet.[1]

[1] Die sowjetische Methodologie schreibt die Anwendung sowohl der Formel (D. 1) als auch der Formel (D. 2) mit gleichem γ und i vor (siehe [180]). Die ungarische Methodologie wendet die Formeln (D. 1) und (D. 3) an, ebenfalls mit gleichem γ und i (siehe das Investitionsgesetz [195]).

Anhang E: Beweis der Sätze, die mit dem Produktionsfondsabgabefaktor zusammenhängen

Von: PÉTER WELLISCH

Nachstehend beweisen wir die mit dem Produktionsfondsabgabefaktor und mit dem Lohn zusammenhängenden Sätze aus Kapitel 18.

Die Voraussetzungen und Sätze werden nicht wiederholt, sie können im Kapitel 18 nachgelesen werden.

Bei den Sätzen, die einfach einzusehen sind und keinen Beweis erfordern, begnügen wir uns zu erwähnen, aus welchen Formeln sie folgen.

Sätze 18.1 und 18.2

Beide Sätze folgen aus den vorausgesetzten Eigenschaften 1 und 2 der Produktionsfunktion $Y(K, L)$.[1]

Betrachten wir die für die Funktion $Y(K, L)$ angegebene Bedingung

$$Y(K, L) = Y^*. \tag{E.1}$$

Nach dem bekannten Satz über die impliziten Funktionen kann nach unseren Voraussetzungen in der Bedingungsgleichung (E.1) jede Variable als Funktion der anderen ausgedrückt werden. So ergibt sich z. B. aus (E.1):

$$L = G(K). \tag{E.2}$$

Es ist ferner bekannt, daß bei unseren Voraussetzungen die Funktion $G(K)$ differenzierbar ist und ihre Ableitung:

$$G'(K) = -\frac{Y_K[K, G(K)]}{Y_L[K, G(K)]} \tag{E.3}$$

ist, wobei Y_K und Y_L die partiellen Ableitungen der Funktion $F(K, L)$ bezeichnen. Betrachten wir jetzt die bedingte Extremwertaufgabe (18.6). Die Funktion

$$C(K, L) = \gamma K + \omega L \tag{E.4}$$

[1] Der Genauigkeit halber sei bemerkt, daß die Gültigkeit der Eigenschaften 1 und 2 für alle positiven Werte von K und L vorausgesetzt wird. Unter dieser Voraussetzung sind unsere sämtlichen Sätze im Quadranten $K > 0$, $L > 0$ gültig. Die Voraussetzung der Positivität bedeutet vom ökonomischen Gesichtspunkt natürlich keine Einschränkung.

kann unter der Bedingung (E.1) bei Berücksichtigung von (E.2) in der Form

$$C(K, L) = H(K) = \gamma K + \omega G(K) \tag{E.5}$$

geschrieben werden. Da $G'(K)$ existiert, ist auch $H(K)$ differenzierbar:

$$H'(K) = \gamma + \omega G'(K). \tag{E.6}$$

Entsprechend der 2. Eigenschaft ist jedoch $G'(K)$ und damit auch $H'(K)$ eine streng monoton abnehmende Funktion. Deshalb ist eine notwendige und hinreichende Bedingung dafür, daß $H(K)$ im Punkt $K = \bar{K}$ ein Minimum hat, daß

$$H'(\bar{K}) = \gamma + \omega G'(\bar{K}) = 0 \tag{E.7}$$

ist. (E.7) wird aber dann und nur dann erfüllt, wenn

$$\frac{\gamma}{\omega} = -G'(\bar{K}), \tag{E.8}$$

das heißt nach (E.3), wenn

$$\frac{\gamma}{\omega} = \frac{Y_K[\bar{K}, G(\bar{K})]}{Y_L[\bar{K}, G(\bar{K})]} = \frac{Y_K(\bar{K},\bar{L})}{Y_L(\bar{K},\bar{L})}. \tag{E.9}$$

Satz 18.3

Er ist sofort einzusehen, wenn wir in (18.15) an Stelle des Quotienten $\frac{Y_K}{Y_L}$ entsprechend (18.8) $\frac{\gamma}{\omega}$ setzen.

Sätze 18.4 und 18.5

Aus (18.26) ergibt sich durch Integration:

$$Y = Y_0 e^{t}. \tag{E.10}$$

Wenn wir dies in (18.25) substituieren und wieder integrieren, dann ergibt sich:

$$K = K_0 e^{\varrho t}. \tag{E.11}$$

Also ist

$$\chi(t) = \frac{Y}{K} = \frac{Y_0}{K_0} = \chi(0) = \chi. \tag{E.12}$$

Andererseits ergibt sich, wenn (18.24) angewandt wird,

$$y = \frac{Y}{L} = \frac{Y_0 e^{\varrho t}}{L_0 e^{\lambda t}} = \frac{Y_0}{L_0} e^{(\varrho-\lambda)t}. \tag{E.13}$$

Die differentielle Effektivität des Produktionsfonds ist

$$Y_K = \frac{\partial Y}{\partial K} = \beta A e^{\mu t} K(t)^{\beta-1} L(t)^{\eta} = \frac{\beta Y}{K} . \tag{E.14}$$

Die differentielle Produktivität der Beschäftigtenanzahl ist

$$Y_L = \frac{\partial Y}{\partial L} = \eta A e^{\mu t} K(t)^{\beta} L(t)^{\eta-1} = \frac{\eta Y}{L} . \tag{E.15}$$

Aus (E.12) und (E.13) folgt dann

$$Y_K = \beta \chi , \tag{E.16}$$

$$Y_L = \frac{\eta Y_0}{L_0} e^{(\varrho-\lambda)t} . \tag{E.17}$$

Mit (E.12) und (E.16) wird der Satz (18.4) und mit (E.13) und (E.17) der Satz (18.5) bestätigt.

Sätze 18.6 und 18.7

Den trivialen Beweis haben wir bereits im Kapitel 18 gegeben.

Satz 18.8

(E.11) ergibt nach t differenziert:

$$\dot{K} = \varrho K_0 e^{\varrho t} . \tag{E.18}$$

Wenn wir das in (18.25) einsetzen und (E.10) anwenden, dann ist:

$$\varrho K_0 e^{\varrho t} = \alpha Y = \alpha Y_0 e^{\varrho t} . \tag{E.19}$$

Also ist:

$$\varrho = \alpha \frac{Y_0}{K_0} = \alpha\chi . \tag{E.20}$$

Andererseits folgt aus (E.14) und (E.15), daß

$$Y_K K + Y_L L = (\beta + \eta) Y \tag{E.21}$$

ist. Die Gleichungen (E.21) und (18.8) bestimmen aber, bei Gültigkeit der Voraussetzung der vollen Zurechnung die Größe von γ eindeutig. Unter diesen Bedingungen ist

$$\gamma = \frac{Y_K}{\beta + \eta} , \tag{E.22}$$

oder nach (E.16):

$$\gamma = \frac{\beta}{\beta + \eta} \chi \,. \tag{E.23}$$

Betrachten wir noch die Gleichung (18.35). [Diese folgt übrigens aus (18.16), wenn wir (E.14) und (E.15) einsetzen, (18.8) beachten und nach α^{Δ} auflösen.] Dann ergibt sich schließlich

$$\gamma = \alpha^{\Delta} \chi \,. \tag{E.24}$$

Hieraus kann zusammen mit (E.20) der Satz 18.8 abgelesen werden.

Satz 18.9

Wenn an Stelle von $\frac{\gamma}{\omega}$ auf Grund von (18.8) $\frac{Y_K}{Y_L}$ eingesetzt wird und (E.14) und (E.15) beachtet werden, so erhält man (18.37).

Anhang F: Statistische Untersuchung der makroökonomischen Wachstumsprozesse

Mitverfasser: PÉTER WELLISCH

F. 1. Zweck der Untersuchung

Mit unserer statistischen Untersuchung wurde ein doppelter Zweck verfolgt. Erstens versuchen wir einzelne Voraussetzungen der im Kapitel 18 beschriebenen theoretischen Modelle zu bestätigen, wenn sie überhaupt zu bestätigen sind. Wir kommen zum Teil auf diese Voraussetzungen selbst zurück, zum Teil jedoch auf die Sätze des Kapitels 18. Wenn nämlich auch die eine oder andere Feststellung statistisch zu beweisen ist, so wird damit auch die Gültigkeit der Ausgangsvoraussetzung wahrscheinlich, unter der der Satz abgeleitet wurde.

Der andere Zweck, der mit unseren Untersuchungen verfolgt wurde, bestand darin, Versuche zur zahlenmäßigen Bestimmung der im Abschnitt 18.10 beschriebenen Produktionsfunktionsparameter (18.38) durchzuführen. Obwohl der Versuch zu keinem positiven Ergebnis führte, so sind doch die Lehren, die man daraus ziehen kann, nützlich.

Wir haben ausschließlich Angaben nach 1949 untersucht. Auf Grund der in der gesellschaftlich-ökonomischen Struktur und damit verbunden im Preissystem erfolgten, tiefgehenden Änderungen konnten wir die Angaben vor 1945 und nach 1949 nicht miteinander vergleichen.[1] Der Zeitabschnitt 1945 bis 1949 ist jedoch zum Teil wegen der Inflation, zum Teil aber wegen der außerordentlichen Lage, die mit der Wiederherstellung der vom Krieg verursachten Schäden verbunden war, für das Studium der »normalen« wirtschaftlichen Wachstumsprozesse nicht geeignet.

Bei der Analyse der Angaben der Jahre 1949 bis 1962 haben wir bei einzelnen Berechnungen (bei der Bestimmung der Mittelwerte, Regressionsgleichungen) die Angaben des Jahres 1956, in Anbetracht des außerordentlichen Rückgangs der Produktion, fortgelassen.

Unsere Angaben stützen sich zum überwiegenden Teil auf die Mitteilungen des Zentralamtes für Statistik (im folgenden: ZAS), zum kleineren Teil auf die des Landesplanungsamtes (LPA).[2]

[1] Auf Grund der Angaben der ungarischen Industrie vor 1945 stellte *K. Kádas* in seinem Werk [65] Versuche zur zahlenmäßigen Bestimmung der Parameter der Produktionsfunktion vom Typ Cobb—Douglas an.

[2] Hier möchten wir *A. Nyilas* und *M. Somogyi* (ZAS) sowie *Dr. J. Rácz* (LPA) unseren Dank für ihre wertvolle Unterstützung aussprechen.

F. 2. Das Wachstum des Nationaleinkommens, des Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl

Es werden folgende Angaben untersucht:

Das Nationaleinkommen der Volkswirtschaft $Y^{(E)}$. Es enthält entsprechend der statistischen Praxis der sozialistischen Länder den Beitrag der Industrie, Bauindustrie, Landwirtschaft, des Verkehrs, Innen- und Außenhandels. Von der statistischen Praxis der meisten kapitalistischen Länder abweichend enthält es nicht die nichtproduktiven Dienstleistungen (z. B. die meisten Dienstleistungen der Gesundheits- und Kulturinstitutionen, die Tätigkeit des Staatsapparates usw.).[1]

Der Beitrag der Industrie zum Nationaleinkommen $Y^{(I)}$. Hier gilt sinngemäß das gleiche wie beim Nationaleinkommen der Volkswirtschaft.

Der Nettoproduktionsfonds der Volkswirtschaft $K_n^{(E)}$. Dieser enthält:

1. Die produktiven Grundmittel der Volkswirtschaft; das ist der Wert der in der Produktion zur Erzeugung des oben definierten Nationaleinkommens dienenden Maschinen, Ausrüstungen, Gebäude. Hierbei wird vom Netto-

[1] Mit dem oberen Index (*E*) werden die volkswirtschaftlichen, mit dem oberen Index (*I*) die industriellen Angaben gekennzeichnet.

TABELLE F. 1

*Die Zeitreihen des Nationaleinkommens, des Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl**

Bezeichnung	Symbol	Maßeinheit	1950	1951	1952
Nationaleinkommen, Volkswirtschaft	$Y^{(E)}$	Milliarden Ft	74,7	87,4	85,7
Produktionsfonds, netto Volkswirtschaft	$K_n^{(E)}$	Milliarden Ft	.	178,1	197,0
Beschäftigtenanzahl, Volkswirtschaft	$L^{(E)}$	Tausend Beschäftigte	.	3506,5	3633,9
Beitrag der Industrie zum Nationaleinkommen	$Y^{(I)}$	Milliarden Ft	33,0	38,8	45,9
Produktionsfonds, netto Industrie	$K_n^{(I)}$	Milliarden Ft	47,4	51,9	58,8
Produktionsfonds, brutto Industrie	$K_b^{(I)}$	Milliarden Ft	72,3	79,1	89,7
Beschäftigtenanzahl	$L^{(I)}$	Tausend Beschäftigte	789,6	808,3	896,3
Verhältnis des netto und brutto industriellen Produktionsfonds	$K_n^{(I)} : K_b^{(I)}$	Prozent	65,6	65,6	65,6

* Die Quelle der Angaben:

$Y^{(E)}$, $Y^{(I)}$ 1950–1961, Statistisches Jahrbuch, 1961 [188].
1962 Unmittelbare Mitteilung des Zentralamts für Statistik.

$K_n^{(E)} K_n^{(I)}$ Die Angaben des Grundfonds:
1950 Schätzung, aus der Bruttoangabe zurückgerechnet.
1951–1957 Statistisches Jahrbuch, 1957 [185].
1958 Unmittelbare Mitteilung des ZAS.
1959–1962 Statistische Periodische Mitteilungen [190].

wert ausgegangen, d. h., die Abschreibungen werden von dem ursprünglichen Wert des Grundmittels abgezogen, während der Wert der Generalreparaturen addiert wird. Der Grundmittelwert enthält *nicht* den Preis der Grundstücke, des Bodens, der Naturgüter. Es sind nur die reproduzierbaren Elemente des Grundmittelbestandes enthalten.

2. Die produktiven Umlaufmittel der Volkswirtschaft. Hierzu gehören:
   2.1. Der Bestand an Werkstoffen, Halbfertigprodukten und Fertigerzeugnissen.
   2.2. Der Bestand an unvollendeter Produktion.
   2.3. Der Bestand an unvollendeten Investitionen.

Der Nettoproduktionsfonds der Industrie $K_n^{(I)}$. Hier gilt sinngemäß das gleiche wie beim Nettoproduktionsfonds der Volkswirtschaft.

Der Bruttoproduktionsfonds der Industrie $K_b^{(I)}$. Dieser unterscheidet sich dadurch vom Nettoproduktionsfonds, daß der Grundmittelbestand zum Bruttowert ausgedrückt wird, d. h. der ursprüngliche Wert des Grundmittels wird *nicht* um die Abschreibungen vermindert.

Eine derartige Angabe ist für die Gesamtheit der Volkswirtschaft nicht vorhanden.

1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
97,0	93,0	101,3	90,4	111,4	118,4	126,5	139,3	147,4	155,2
215,6	237,1	253,4	272,5	276,4	298,6	336,0	353,7	376,9	402,5
3621,9	3712,0	3777,3	3852,6	3862,6	3940,0	3984,1	3994,2	3920,5	3878,0
51,1	49,7	55,4	47,0	57,0	64,1	69,3	80,2	88,5	95,6
69,0	79,8	87,0	95,1	98,1	106,7	118,8	126,4	136,8	147,6
99,3	110,4	119,6	129,3	139,6	147,0	158,4	170,2	185,3	201,1
939,1	1069,9	1111,1	1124,4	1099,6	1184,0	1224,0	1291,5	1330,0	1360,4
69,5	72,3	72,7	73,5	70,3	72,6	75,0	74,3	73,8	73,4

Die Angaben des Umlauffonds: unmittelbare Mitteilung des ZAS. Um die Zahlen vergleichbar zu machen, haben wir die früheren Angaben mit Preisindexen multipliziert; die Preisindexe hatte uns das ZAS zur Verfügung gestellt.

$K_b^{(I)}$ Die Angaben des Grundfonds:
1950–1958. Die Angaben von *J. Rácz* [146].
Die Angaben des Umlauffonds stimmen mit den zu $K_n^{(I)}$ gemachten Angaben überein.

$L^{(E)}$, $L^{(I)}$ Unmittelbare Mitteilung des ZAS.

Die Beschäftigtenanzahl an Produktionsarbeitern der Volkswirtschaft $L^{(E)}$. Diese enthält die Beschäftigtenanzahl sämtlicher an der Produktion des Nationaleinkommens $Y^{(E)}$ teilnehmenden Zweige.

Die Beschäftigtenanzahl der Industrie $L^{(I)}$. Diese enthält die volle Beschäftigtenanzahl der Industrie.

Die Daten werden wertmäßig angegeben, d. h., die Angaben des Nationaleinkommens und des Produktionsfonds werden in vergleichbaren Preisen (Preise vom 1. Januar 1959) dargestellt. Die Angaben der früheren Zeitabschnitte wurden mit Hilfe von Preisindexen vergleichbar gemacht. Dieses Verfahren ist, wie bekannt, nie absolut genau; wir denken jedoch, daß dadurch die nachgewiesenen Grundtendenzen nicht wesentlich beeinflußt werden.

Die Angaben des Nationaleinkommens beinhalten das Nationaleinkommen eines vollen Jahres (Zeitraumangabe, Flußangaben). Demgegenüber geben die Daten für den Produktionsfonds und die Beschäftigtenanzahl immer den Bestand vom 1. Januar des Jahres an (Stichtagsangaben).

Die Angaben werden in der Tabelle F.1 zusammengefaßt.

Es ist problematisch, ob es vom Gesichtspunkt unseres theoretischen Modells besser ist, mit dem Brutto- oder dem Nettogrundfonds zu rechnen. Über die Mängel beider Methoden wurde viel publiziert. Letzten Endes dürfen beide Angabenreihen nur mit entsprechendem Vorbehalt betrachtet werden.

Seit der Grundmittelumbewertung im Jahre 1954 verlaufen beide Angabenreihen ziemlich parallel. Aus der letzten Zeile der Tabelle F.1 ist ersichtlich, daß das Ver-

TABELLE F. 2

Die Zeitreihen der wichtigsten Produktivitätskennziffern

Bezeichnung	Symbol	Maßeinheit	1950	1951	1952
Arbeitsproduktivität, Volkswirtschaft	$y^{(E)}$	1000 Ft/Kopf	.	24,9	23,6
Technische Ausrüstung der Arbeit, auf Grund der Nettoproduktionsfonds, Volkswirtschaft	$k_n^{(E)}$	1000 Ft/Kopf	.	50,8	54,2
Effektivität des Produktionsfonds, Volkswirtschaft	$\chi^{(E)}$	Prozent	.	49	44
Arbeitsproduktivität Industrie	$y^{(I)}$	1000 Ft/Kopf	41,8	48,0	51,2
Technische Ausrüstung der Arbeit, auf Grund des Nettoproduktionsfonds, Industrie	$k_n^{(I)}$	1000 Ft/Kopf	60,0	64,2	65,6
Technische Ausrüstung der Arbeit, auf Grund des Bruttoproduktionsfonds, Industrie	$k_b^{(I)}$	1000 Ft/Kopf	91,6	97,8	100,1
Effektivität des Nettoproduktionsfonds, Industrie	$\chi_n^{(I)}$	Prozent	70	75	78
Effektivität des Bruttoproduktionsfonds, Industrie	$\chi_b^{(I)}$	Prozent	45	49	51

hältnis beider Angaben seit 9 Jahren nur wenig um 72 bis 73 Prozent schwankt. Das reduziert die Bedeutung des Problems, ob der Brutto- oder Nettowert verwendet werden soll.

F. 3. Wichtige Produktionsverhältniszahlen

Die Arbeitsproduktivität, die technische Ausrüstung der Arbeit und die Effektivität des Produktionsfonds für die einzelnen Jahre wird in der Tabelle F.2 dargestellt.

Hier sind vor allem die Angaben über die Effektivität des Produktionsfonds, zu erläutern.

1. Ein Problem besteht darin, daß bei den Verhältniszahlen Angaben, die auf einen *Zeitabschnitt* bezogen sind (Jahres-Nationaleinkommen) mit Angaben, die auf einen *Zeitpunkt* bezogen sind (Produktionsfonds zum Jahresbeginn) miteinander verglichen werden. Der zu Beginn des Jahres vorhandene Produktionsfonds enthält Teile, die in Wirklichkeit nicht an der Produktion des Nationaleinkommens während des ganzen nächstfolgenden Jahres teilnehmen. So z. B. die unvollendeten Investitionen, die erst während des Jahres in Betrieb genommen werden oder deren Inbetriebnahme während des Jahres noch nicht erfolgt. Andererseits kann der Produktionsfonds während des Jahres um Mittel vermehrt werden, die schon im laufenden Jahr produktiv werden.

1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
26,8	25,1	26,8	23,5	28,8	30,1	31,8	34,9	37,6	40,0
59,5	63,9	67,1	70,7	71,6	75,8	84,3	88,6	96,1	103,8
45	39	40	33	40	40	38	39	39	39
54,4	46,5	49,9	42,3	51,8	54,1	56,6	62,1	66,5	70,3
73,5	74,6	78,3	85,6	89,2	90,1	97,1	97,9	102,9	108,5
105,7	103,2	107,6	116,4	127,2	124,2	129,4	131,8	139,3	147,8
74	62	64	49	58	60	58	63	65	65
51	45	46	36	41	44	44	47	48	48

Es wurde das Verhältnis des Bestandes an unvollendeten Investitionen einschließlich der noch nicht in Betrieb genommenen Investitionen zum vollen Produktionsfonds untersucht. Das wird in der Tabelle F.3 dargestellt.

Wie ersichtlich, ist der Bestand der unvollendeten Investitionen nicht allzu groß. Ihr Anteil schwankt nicht zu sehr. Deshalb werden unsere Folgerungen dadurch nicht wesentlich beeinflußt.

2. Die Zeitreihe der Effektivität des Produktionsfonds kann durch die Veränderung der Zusammensetzung der Produktion des Nationaleinkommens beeinflußt werden. In diesem Zusammenhang hat *J. Rácz* Kontrollberechnungen für die Industrie durchgeführt. Er ermittelte die Verhältniszahl $\chi_b^{(I)}$ auf zwei Wegen:

TABELLE F.3

*Bestand der unvollendeten Investitionen**

Bezeichnung	Maßeinheit	1958	1959	1960	1961
1 Nettoproduktionsfonds der Volkswirtschaft	Milliarden Ft	298,6	336,0	353,7	376,9
2 Bestand der nicht in Betrieb genommenen Investitionen, Volkswirtschaft	Milliarden Ft	18,4	21,3	24,1	25,5
3 Anteil der nicht in Betrieb genommenen Investitionen, Volkswirtschaft (2 : 1)	Prozent	6,2	5,9	6,8	6,8
4 Nettoproduktionsfonds der Industrie	Milliarden Ft	106,7	118,8	126,4	136,8
5 Bestand der nicht in Betrieb genommenen Investitionen, Industrie	Milliarden Ft	10,9	13,4	14,7	16,1
6 Anteil der nicht in Betrieb genommenen Investitionen, Industrie (5 : 4)	Prozent	10,2	11,3	11,6	11,8

* Quelle: Statistisches Jahrbuch, 1961 [188].

a) die Angaben der einzelnen Jahre wurden auf Grund der tatsächlichen Struktur der Produktion und b) auf Grund der unveränderlichen Struktur der Produktion vom Jahre 1960 ermittelt.[1] Die Zeitreihe der Verhältniszahl der beiden Angaben gemäß a) und b) ist aus der Tabelle F.4 ersichtlich.

Aus der Tabelle geht hervor, daß die Verhältniszahl der Angabenzeilen in der Zeit sehr wenig schwankt. Deshalb kann auch dieses Problem praktisch außer acht gelassen werden.

Wir besitzen keine ähnlichen Angaben für die Gesamtheit der Volkswirtschaft. Hier ist vermutlich die Wirkung der strukturellen Veränderungen, der Änderungen der Produktionszusammensetzung stärker.

[1] Siehe [146]. *J. Rácz* bestimmte die Angaben von χ für die Industriegruppen. Er berechnete dann ihren gewogenen Durchschnitt. Dieser wurde jedoch nicht auf Grund der effektiven, von Jahr zu Jahr sich ändernden, sondern auf Grund von unveränderlichen Proportionen des Jahres 1960 der Industriegruppen bestimmt.

TABELLE F.4

*Die Wirkung der Änderung der Produktionsstruktur**

	Verhältnis der tatsächlichen Effektivität des industriellen Produktionsfonds zur Effektivität bei unveränderlichen zweiglichen Proportionen in Prozent
1950	100,4
1951	99,3
1952	97,6
1953	96,3
1954	98,1
1955	98,1
1956	99,1
1957	97,8
1958	100,0
1959	101,2
1960	100,0

* Quelle: *J. Rácz* [146].

3. Im Abschnitt 18.3 bei der Erläuterung der Formeln (18.3)–(18.5) hatten wir darauf hingewiesen, daß wir die normale Ausnutzung der Grundfonds voraussetzen. In diesem Zusammenhang berufen wir uns auch auf die Berechnungen von *J. Rácz*. Bei seiner Untersuchung ging er von den statistisch beobachteten

TABELLE F.5

*Die extensive Ausnutzung der industriellen Grundfonds**

Jahr	Prozent
1950	29,0
1951	32,9
1952	35,4
1953	35,4
1954	34,2
1955	33,7
1956	31,2
1957	32,2
1958	33,2
1959	34,6
1960	35,3

* Quelle: *J. Rácz* [146].

Angaben der zur gleichen Zeit besetzbaren Arbeitsplätze aus. Er multiplizierte die Angabe mit der Zahl der möglichen Betriebsstunden des Jahres und ermittelte so den »Jahres-Kalender-Zeitfonds«. Diesen verglich er sodann mit der Zahl der durch die Produktionsarbeiten der Industrie tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden. Den Quotienten der zwei Angaben können wir als die Kennziffer der extensiven Ausnutzung des Grundfonds betrachten (siehe Tabelle F.5).

Abgesehen vom Anfangsjahr 1950 ist der Ausnutzungsgrad ziemlich stabil und schwankt zwischen 32–35 Prozent ohne besondere sinkende oder steigende Tendenz. (Das praktisch erreichbare Maximum liegt bei 50–60 Prozent.) Im Quotienten industrielles Nationaleinkommen pro Produktionsfonds spiegelt sich also die Produktivität des Produktionsfonds von *durchschnittlich* extensiver Ausnutzung wider.

F. 4. Die Zeitreihen für die Verwendung des Nationaleinkommens

Der volkswirtschaftliche Akkumulationsanteil $\alpha_n^{(E)}$ wurde folgendermaßen errechnet:

$$\alpha_n^{(E)} = \frac{K_n^{(E)}(t+1) - K_n^{(E)}(t)}{Y^{(E)}(t)} . \tag{F.1}$$

Wir haben also vorausgesetzt, daß die Akkumulation (das Wachstum des Produktionsfonds) des laufenden Jahres aus dem Nationaleinkommen des laufenden Jahres bereitgestellt wird. Das ist eine berechtigte Voraussetzung, da wir auch den Bestand der noch nicht in Betrieb genommenen Investitionen als einen Teil des Produktionsfonds betrachten, obwohl die diesjährige Steigerung des Produktionsfonds zu Lasten des diesjährigen Nationaleinkommens vor sich geht.

Der industrielle Akkumulationsanteil $\alpha_n^{(I)}$ (netto) und $\alpha_b^{(I)}$ (brutto). Für ihn gilt sinngemäß das gleiche wie für $\alpha_n^{(E)}$.

Aus den Akkumulationsanteilen haben wir zwei Mittelwerte errechnet.

Bezeichnen wir die Zahl der Jahre des untersuchten Zeitabschnittes mit T. Der eine Mittelwert ist das arithmetische Mittel der Akkumulationsanteile der einzelnen Jahre:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{t=1}^{T} \alpha(t)}{T} . \tag{F.2}$$

Der andere Mittelwert ist der Quotient der während des ganzen Zeitabschnitts erfolgten Erhöhung des Produktionsfonds und des gesamten Nationaleinkommens während des Zeitabschnitts:

$$\tilde{\alpha} = \frac{K(T) - K(1)}{\sum_{t=1}^{T-1} Y(t)} . \tag{F.3}$$

Der Index der Reallöhne der Arbeiter und Angestellten. Der Kreis der »Arbeiter und Angestellten« ist einerseits enger, andererseits weiter als die Kategorie $L^{(E)}$ unseres theoretischen Modells und der entsprechenden Zeitreihe in der Tabelle F.1. Zu den Arbeitern und Angestellten werden *nicht* die Einzelbauern, die privaten Handwerker und Kaufleute gezählt. Zugleich umfaßt dieser Kreis aber die außerhalb der Produktion beschäftigten Arbeiter und Angestellten. Trotzdem ist das die einzige, statistisch ständig erfaßte Angabe, die wir, zumindest als Annäherung, anwenden können.

Die Angaben sind in der Tabelle F.6 zusammengestellt.

TABELLE F.6

*Zeitreihen des Akkumulationsanteils und des Reallohnindexes**

Jahr	Akkumulationsanteil zur Erweiterung des Nettoproduktionsfonds der Volkswirtschaft $\alpha_n^{(E)}$ in Prozent	Akkumulationsanteil zur Erweiterung des Nettoproduktionsfonds der Industrie $\alpha_n^{(I)}$ in Prozent	Akkumulationsanteil zur Erweiterung des Bruttoproduktionsfonds der Industrie $\alpha_b^{(I)}$ in Prozent	Reallohnindex (1949 = 100)
1950	.	.	.	101,3
1951	.	.	21	89,7
1952	22	18	27	82,3
1953	22	22	21	87,0
1954	22	21	22	102,3
1955	18	14	19	106,0
1956	19	15	18	118,3
1957	4	6	22	139,7
1958	20	15	13	145,4
1959	32	19	18	153,1
1960	14	11	17	156,0
1961	17	13	19	156,3
1962	17	12	18	.
Arithmetisches Mittel der Jahresakkumulationsanteile ($\bar{\alpha}$)	18,5	16,0	18,1	—
Gesamtakkumulationsanteil der ganzen Periode ($\tilde{\alpha}$)	17,5	16,7	18,7	—

* Die Quelle für die Spalten 1, 2 und 3 ist die Tabelle 7.1, die Quelle für die der Spalte 4 das Statistische Jahrbuch, 1961 [188].

Lediglich zu den Akkumulationsanteilen ist einiges zu bemerken. Aus der Tabelle geht hervor, daß die jährlichen Werte von α in den vergangenen 15 Jahren der ungarischen wirtschaftlichen Entwicklung sich nicht als besonders stabil erwiesen. Auch darin spiegeln sich die in der Wirtschaftspolitik der Jahre 1950 bis 60 erfolgten mehrmaligen radikalen Änderungen wider.

Wegen der Schwankung des Akkumulationsanteils ist die Voraussetzung für das in den Abschnitten 18.8 und 9 beschriebene Wachstumsmodell (18.25) problematisch, wonach der Akkumulationsanteil in der Zeit konstant ist. Trotzdem sind wir der Meinung, daß die ungarischen statistischen Angaben kein entscheidendes Argument zur Ablehnung der Voraussetzung liefern. *Für die Zukunft* ist die verhältnismäßige Stabilisierung des Akkumulationsanteils eine reale Möglichkeit. Sie ist auch wünschenswert, da ja eine radikale Änderung – sowohl eine Verminderung als auch eine Steigerung – mit den verschiedensten Erschütterungen und Verlusten verbunden ist.

TABELLE F.7

Akkumulationsanteil in kapitalistischen Ländern

Land	Zeitabschnitt	Akkumulationsanteil in Prozent
Australien	1921–22 – 1937–38	8,8
Deutschland	1891–1913	18,0
Großbritannien	1891–1913	11,1
Ungarn	1925–26 – 1936–37	4,8
Schweden	1913–1930	11,2
USA	1884–1924	13,3
	1919–1929	10,8
	1929–1942	6,3

Eine weitere Bemerkung: der Akkumulationsanteil ist ziemlich hoch, verglichen z. B. mit den Akkumulationsanteilen verschiedener kapitalistischer Länder. In der Tabelle F.7 werden die hierzu im Buch von *Domar* enthalten Angaben wiedergegeben.[1]

F. 5. Regressionsanalyse

Auf Grund der in den Abschnitten F.2 bis F.4 dargestellten Angaben bestimmten wir die Regressionsgleichung der vom theoretischen Gesichtspunkt allerwichtigsten Veränderlichen. Wir rechneten mit exponentialer Funktion in der allgemeinen Form:

$$Z(t) = B_0 e^{At}\,, \tag{F.4}$$

oder logarithmiert:

$$\log Z(t) = \log B_0 + At\,. \tag{F.5}$$

[1] Siehe *E. D. Domar* [36] (Seite 68). Bei Domar werden auch die Quellen angegeben.

Davon ausgehend führten wir lineare Regressionsrechnungen zwischen dem Logarithmus der einzelnen Veränderlichen und der Zeit durch.

Um zu untersuchen, wie eng sich die Regressionsfunktion an die Ist-Angaben anpaßt, haben wir den Korrelationskoeffizienten zwischen dem Logarithmus der einzelnen Veränderlichen und der Zeit berechnet.

Die Funktionen des volkswirtschaftlichen Nationaleinkommens, des Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl, die empirischen Angaben und die Regressionsfunktionen sind auf den Abbildungen F.1 bis F.3 dargestellt.

Die Parameter der Regressionsfunktionen des Nationaleinkommens, des Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl werden sowohl für die Volkswirtschaft als auch für die Industrie zusammengefaßt in der Tabelle F.8 dargestellt. Dort werden auch die Parameter der Regressionsfunktionen der wichtigsten

TABELLE F.8

Parameter der Regressionsfunktionen

Bezeichnung der Variablen	Symbol	Auf die Volkswirtschaft bezogene Regressionsgleichung			Auf die Industrie bezogene Regressionsgleichung		
		Koeffizient (B_0)	Exponent (A)	Korrelationskoeffizient	Koeffizient (B_0)	Exponent (A)	Korrelationskoeffizient
Nationaleinkommen	Y	74,3	0,055	0,985	33,6	0,078	0,980
Produktionsfonds, netto	K_n	159,9	0,071	0,996	45,7	0,093	0,991
Produktionsfonds, brutto	K_b	.	.	.	69,7	0,083	0,996
Beschäftigtenanzahl	L	3515	0,010	0,898	785,1	0,045	0,971
Arbeitsproduktivität	y	0,0211	0,045	0,960	0,0428	0,033	0,891
Ttchnische Ausrestung der Arbüit, auf Grund des Nettoproduktionsfonds	k_n	0,0455	0,061	0,994	0,0455	0,048	0,994
Technische Ausrüstung der Arbeit, auf Grund des Bruttoproduktionsfonds	k_b	.	.	.	0,0888	0,038	0,986
Effektivität des Nettoproduktionsfonds	χ_n	0,465	−0,016	−0,793	0,735	−0,015	−0,646
Effektivität des Bruttoproduktionsfonds	χ_b	.	.	.	0,482	−0,005	−0,301

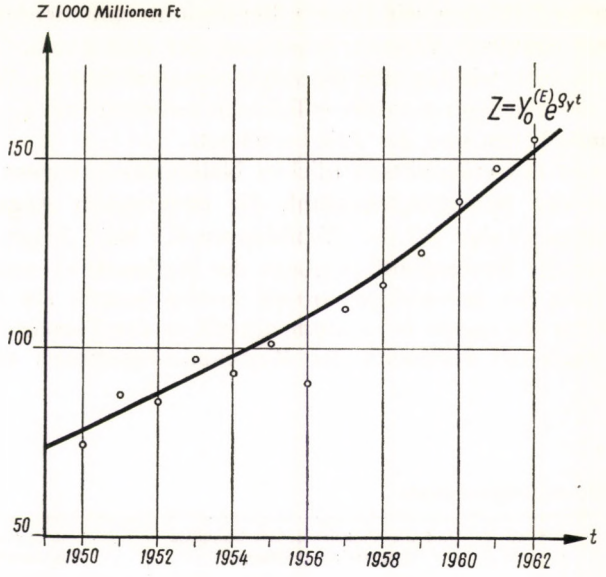

Z 1000 Millionen Ft
$Z=Y_0^{(E)}e^{g_y t}$
150
100
50
1950
1952
1954
1956
1958
1960
1962
t

Abb. F.1

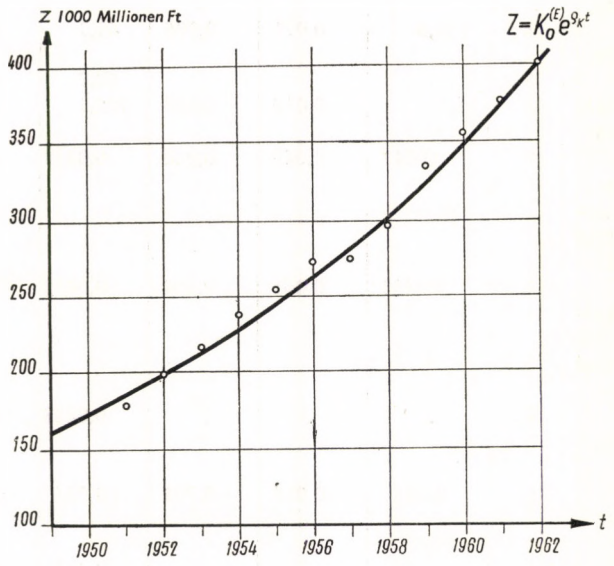

Z 1000 Millionen Ft
$Z=K_0^{(E)}e^{g_K t}$
400
350
300
250
200
150
100
1950
1952
1954
1956
1958
1960
1962
t

Abb. F.2

Verhältniszahlen (Arbeitsproduktivität, technische Ausrüstung, Effektivität des Produktionsfonds) angegeben.[1]

Die Tabelle F.8 bestätigt einzelne Voraussetzungen und Sätze des Kapitels 18. Das Wachstum sämtlicher angeführten Variablen kann gut durch Exponentialfunktionen charakterisiert werden. Die Korrelation mit der Zeit ist bei allen sehr hoch.[2] Die statistische Analyse bestätigt die Voraussetzung (18.24) über das Wachstum der Beschäftigtenanzahl, die Voraussetzung (18.26) über

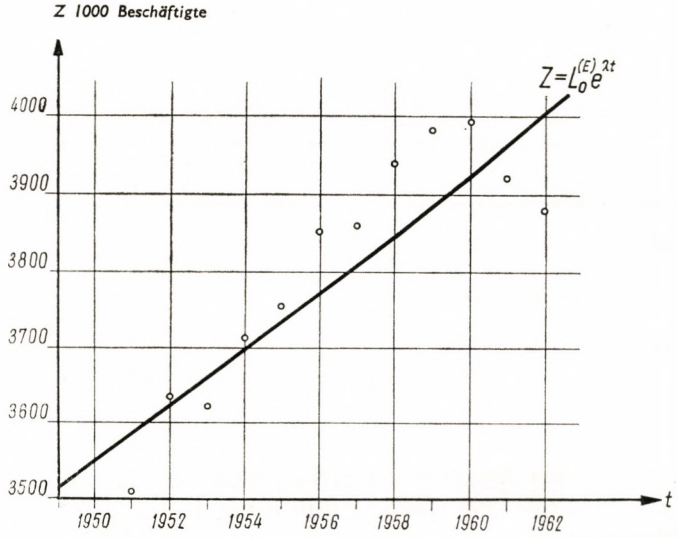


Abb. F.3

das Wachstum des Nationaleinkommens und den Satz 18.5 über das Wachstum der Arbeitsproduktivität.

Hingegen kann der Satz 18.4 auf Grund der Angaben der vergangenen 10 bis 12 Jahre nicht bestätigt werden. Entgegen der theoretischen Feststellung, daß unter bestimmten Bedingungen die durchschnittliche Effektivität des Produktionsfonds in der Zeit konstant ist, nahm jedoch nach den Angaben das Nationaleinkommen in der ungarischen Volkswirtschaft langsamer zu als das Volumen des Produktionsfonds. Die Regressionsfunktion der durchschnittlichen Effektivität des Produktionsfonds hat einen negativen Exponenten, d. h. die Effektivität verminderte sich mit der Zeit. Zur weiteren Untersuchung dieser Frage haben

[1] In den Berechnungen war das Jahr 1949 der zeitliche Ausgangspunkt. Dementsprechend werden in der Tabelle F.8 für die Werte der Koeffizienten die zum Jahr 1949 gehörigen Punkte der Regressionsfunktionen angegeben.

[2] Am wenigsten befriedigend ist die für die Änderung der Beschäftigtenanzahl erhaltene exponentielle Näherung; eine lineare Näherung wäre genau so gut.

wir die Durchschnitte und relativen Streuungen der auf die Effektivität des Produktionsfonds bezogenen Indexe bestimmt und in der Tabelle F.9 angegeben.

Trotzdem sollte man unserer Ansicht nach die Aussagen des theoretischen Modells der Abschnitte 18.8 und 18.9 über die zeitliche Stabilität der Effektivität χ des Produktionsfonds aus folgenden Gründen nicht verwerfen:

Die systematische Senkung der Effektivität des Produktionsfonds ist eine negative Erscheinung, die mit den begangenen Fehlern in der Wirtschaftspolitik zusammenhängt.[1] Das ist keine Notwendigkeit und darf nicht als permanent betrachtet werden.

TABELLE F.9

Mittelwerte und Streuungen der Effektivität des Produktionsfonds

	Mittelwert in Prozent	Relative Streuung in Prozent
Produktionsfonds der Volkswirtschaft, netto $\chi_n^{(E)}$	41,1	8,3
Produktionsfonds der Industrie, netto $\chi_n^{(I)}$	65,6	10,6
Produktionsfonds der Industrie, brutto $\chi_b^{(I)}$	46,6	6,4

So geht z. B. aus den Angaben der Sowjetunion hervor, daß das Nationaleinkommen von 1950 bis 1960 durchschnittlich um 10,3 Prozent pro Jahr und der Produktionsgrundfonds nur um 9,4 Prozent zunahm.[2] Die Angaben über den Umlauffonds kennen wir nicht, doch kann angenommen werden, daß er nicht schneller zunahm als das Nationaleinkommen (oder wenn er rascher zunahm, dadurch nicht im vollen Maße die langsamere Zunahme des Grundfonds ausgeglichen wurde). Wenn unsere Annahme richtig ist, dann ist in der Sowjetunion die Effektivität des Produktionsfonds in diesem Jahrzehnt gestiegen. Wir begehen keinen Fehler, wenn wir in Anbetracht der *Zukunft* nicht mit der Fortsetzung dieser negativen Erscheinung, der Senkung der Effektivität des Produktionsfonds rechnen, sondern statt dessen zumindest eine konstante Effektivität annehmen. In unserem in den Abschnitten 18.8 und 18.9 beschriebenen Modell drückt übrigens die *Voraussetzung* der in der Zeit konstanten Effektivität χ eine wirtschaftspolitische *Forderung* aus (genauer, eine Konsequenz der Forderung, daß die Wachstumsrate des Nationaleinkommens unter den sonstigen Voraus-

[1] In der Terminologie des Wachstumsmodells der Abschnitte 18.8 und 18.9 ausgedrückt, nimmt die Effektivität des Produktionsfonds ab, wenn ein so hoher Akkumulationsanteil α gewählt wird, für den ein μ von erforderlicher Größe nicht bereitgestellt werden kann, d. h. die Qualitätsseite der technischen Entwicklung (die technische Kultur, die Qualifikation der Leiter und der Werktätigen usw.) mit der Akkumulation nicht Schritt hält.

[2] Siehe [181].

setzungen des Modells konstant ist. Das ist jedoch keine unbescheidene Anforderung, da die Forderung einer zunehmenden Effektivität auch nicht absurd wäre.

Hierbei ist gemäß der Tabelle F.8 die Rate der Senkung ziemlich gering (zwischen 0,5 und 1,5 Prozent). Die Korrelation mit der Zeit ist auch nicht sehr stark und ebenfalls die relative Streuung nicht, insbesondere beim industriellen Bruttoproduktionsfonds.[1] Das deutet auch darauf hin, daß die zeitliche Stabilität der Effektivität des Produktionsfonds keine übertriebene Vereinfachung der Wirklichkeit darstellt.

Zu den Reallöhnen haben wir Regressionsrechnungen auf drei Weisen durchgeführt.

1. Wir haben die Regressionsgleichung auf Grund sämtlicher Angaben des untersuchten Zeitabschnitts berechnet.

2. Wir haben aus den Regressionsrechnungen die Angaben derjenigen Jahre eliminiert, in denen infolge der anfangs der fünfziger Jahre begangenen wirtschaftspolitischen Fehler der Reallohn gesunken ist.

3. Wir haben die mittlere Wachstumsrate der Reallöhne ermittelt, die sich vom ersten bis zum letzten Jahr des untersuchten Zeitabschnitts ergab.

Die Angaben werden in der Tabelle F.10 zusammengestellt.

TABELLE F. 10

Regressionsgleichungen der Änderung der Reallöhne

	1. Berechnung	2. Berechnung	3. Berechnung
Koeffizient der Regressionsgleichung	83,5	94,1	100,0
Exponent der Regressionsgleichung (Wachstumsrate)	0,054	0,044	0,037
Korrelationskoeffizient mit der Zeit	0,885	0,910	.

Im Zusammenhang mit dem Wachstumsmodell der Abschnitte 18.8 und 18.9 wurde vorausgesetzt (Formel 18.31), daß die Wachstumsrate des effektiven Lohns mit der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität übereinstimmt. Diese Voraussetzung wird besonders dadurch unterstützt, daß die entsprechend der (außerordentliche Wirkungen ausschaltenden) 2. Berechnungsweise ermittelte Reallohnwachstumsrate der Produktivitätswachstumsrate der Volkswirtschaft sehr nahe kommt; erstere beträgt 4,4 und letztere 4,5 Prozent.

[1] Es ist möglich, daß bei der Senkung der Effektivität des Nettoproduktionsfonds auch Bewertungsfehler, wie zu niedrige Abschreibungssätze mitwirken.

F. 6. Zur Schätzung der Parameter der Produktionsfunktion

Wir haben untersucht, ob auf Grund der bisher angegebenen makroökonomischen Daten die Parameter der Produktionsfunktion (18.38) geschätzt werden können.

Hierzu haben wir die Funktion in der Form (18.40) dargestellt:

$$\log y(t) = \log A_0 + \mu t + \beta \log k(t) . \tag{F.6}$$

Wie bereits im Abschnitt 18.10 erläutert wurde, gelang es mit der multiplen Regressionsrechnung nicht, die Parameter μ und β der Produktionsfunktion gleichzeitig zu schätzen. Zwischen den Veränderlichen $\log k$ und t besteht nämlich ein enger linearer Zusammenhang (eine Kollinearität).[1]

Je besser also die einzelnen Voraussetzungen und Sätze (in erster Linie über den regulären, exponentiellen Charakter des Wachstums) unseres Modells durch die statistischen Angaben bestätigt werden, desto schlechter können diese Angaben zur eindeutigen Quantifizierung des Modells oder auch nur zur Schätzung der Parameter der Produktionsfunktion dienen.

[1] Unter den Ökonomen der sozialistischen Länder hat sich unseres Wissens *J. Pajestka* (Polen) zum ersten Mal mit der statistischen Bestimmung der Parameter der Produktionsfunktion vom Cobb—Douglas-Typ befaßt (siehe [140]). Sein Werk ist von vielen Gesichtspunkten aus beachtenswert und anregend. Unserer Ansicht nach ist es ihm aber nur scheinbar gelungen, die durch die zwischen den Veränderlichen bestehende Kollinearität verursachten Schwierigkeiten, auf die er auch selbst hinweist, zu umgehen.

Das Verfahren von *Pajestka* kann mit den Bezeichnungen unseres eigenen Modells folgendermaßen charakterisiert werden: Zuerst nimmt er *a priori* an, daß $\mu = 0$, d. h., er bestimmt eine Produktionsfunktion vom Typ $Y = K^{\beta} L^{1-\beta}$. (Bei entsprechender Wahl der Maßeinheit kann der konstante Faktor weggelassen werden.) Das ist die »klassische« Gestalt der Produktionsfunktion nach Cobb—Douglas, ohne die Solowsche Modifizierung, die Abhängigkeit von der Zeit. Derart bestimmt und fixiert er den (offensichtlich äußerst hohen) Wert von β. Dadurch wird β aber zu einer willkürlichen Größe ohne ökonomische Bedeutung.

Danach führt er eine Regressionsrechnung mit der Funktion:

$$Y = A_0 e^{\theta t} K^{\beta} L^{1-\beta}$$

durch. Der Faktor $A_0 e^{\theta t}$ drückt nichts anderes aus als die systematische zeitliche Abweichung der angepaßten Funktion von den empirischen Angaben. Das ist also eine Art Maß für den statistischen Fehler der angepaßten Funktion, ohne jede selbständige ökonomische Bedeutung, worauf auch *W. Sadowski* in seiner Rezension [151] hinweist.

Das θ nach *Pajestka* und das in unserer Produktionsfunktion dargestellte μ spielen formal die gleiche Rolle. Hinsichtlich ihres Inhalts, ihrer ökonomischen Bedeutung sind es aber ganz andere Größen. Unser Parameter wird von einem technischen Entwicklungsmoment bestimmt (dessen zahlenmäßige Größe jedoch nicht eindeutig festgestellt werden kann). Demgegenüber ist der Parameter θ von *Pajestka* der Ausdruck eines systematischen statistischen Fehlers innerhalb einer Produktionsfunktion, deren Parameter auf Grund von *a priori* Erwägungen fixiert wurde.

Statt die Paramter μ und β gleichzeitig zu schätzen, mußten wir uns auf Grund der statistischen Angaben mit der Bestimmung des Zusammenhanges zwischen μ und β begnügen. Entsprechend der für y und k durchgeführten Regressionsrechnung ist nämlich:

$$\log y = \log \hat{y}_0 + (\hat{\varrho}_Y - \hat{\lambda})\, t\,, \tag{F.7}$$

$$\log k = \log \hat{k}_0 + (\hat{\varrho}_K - \hat{\lambda})\, t\,, \tag{F.8}$$

wobei

$\hat{\varrho}_Y$ die Wachstumsrate des Nationaleinkommens

$\hat{\varrho}_K$ die Wachstumsrate des Produktionsfonds

$\hat{\lambda}$ die Wachstumsrate der Beschäftigtenanzahl ist.

Alle zur Unterscheidung mit ($\wedge$) bezeichneten Symbole stellen mit Regressionsrechnungen gewonnene Schätzungen des jeweiligen Parameters dar.

Wenn (F.7) und (F.8) in (F.6) eingesetzt werden, so ergibt sich[1]

$$\hat{\mu} = (\hat{\varrho}_Y - \hat{\lambda}) - \hat{\beta}(\hat{\varrho}_K - \hat{\lambda}) = \begin{cases} 0{,}045 - 0{,}061\,\hat{\beta} \\ \text{für die Volkswirtschaft} \\ \\ 0{,}033 - 0{,}048\,\hat{\beta} \\ \text{für die Industrie} \end{cases} \tag{F.9}$$

bzw.

$$\hat{\beta} = \frac{\hat{\varrho}_Y - \hat{\lambda} - \hat{\mu}}{\hat{\varrho}_K - \hat{\lambda}} = \begin{cases} 0{,}738 - 16{,}393\,\hat{\mu} \\ \text{für die Volkswirtschaft} \\ \\ 0{,}688 - 20{,}833\,\hat{\mu} \\ \text{für die Industrie} \end{cases} \tag{F.10}$$

AufGrund der Formeln (F.9) und (F.10) kann zu jedem Wert von $\hat{\beta}$ der Wert von $\hat{\mu}$ ausgerechnet werden und umgekehrt. Diese Beziehung wird in der Tabelle F.11 dargestellt.

Für die Auswertung der Ergebnisse der Tabelle wenden wir die Hypothese der Standardverteilung des Nationaleinkommens an. Auf Grund der Ist-Angaben der vergangenen Jahre würde sich im volkswirtschaftlichen Maßstab ein β von 0,16 – 0,18 ergeben. Hierzu gehört ein jährliches ca. 3,4 bis 3,5 %iges Wachstum des Faktors $A\,e^{\mu t}$.

[1] Bei dieser Bestimmung der Parameter μ und β stützen wir uns ausschließlich auf die Voraussetzung, daß die Produktionsfunktion die Form (F. 6) besitzt. Die sonstigen Voraussetzungen des Kapitels 18 werden hier nicht angewandt.

TABELLE F. 11

Die Parameter der Produktionsfunktion

$\hat{\beta}$	$\hat{\mu}$ für die Volkswirtschaft (unter Berücksichtigung des Nettoproduktionsfonds)	$\hat{\mu}$ für die Industrie (unter Berücksichtigung des Nettoproduktionsfonds)
0,10	0,039	0,028
0,12	0,038	0,027
0,14	0,036	0,026
0,16	0,035	0,025
0,18	0,034	0,024
0,20	0,033	0,023
0,25	0,030	0,021
0,30	0,027	0,019
0,40	0,021	0,014
0,50	0,014	0,009
0,60	0,008	0,004
0,70	0,002	−0,001
0,75	−0,001	

Anhang G: Überblick über die Diskussion der Produktionsfondsabgabe

G. 1. Das Ziel des Überblicks

Über wenige Fragen unserer Wissenschaft wurden so viele Diskussionen geführt wie über das Zinsproblem. Seit mehr als einem Jahrhundert diskutieren Hunderte von Ökonomen diese Frage bezogen auf die Verhältnisse der kapitalistischen Wirtschaft. Auch über das Problem der in der sozialistischen Planwirtschaft angewandten kalkulatorischen Produktionsfondsabgabe und der Zinsen gab es einen breiten Gedankenaustausch, in dem viele Ansichten geäußert wurden.

Die folgende Darstellung dient vor allem der Wiedergabe der Ansichten und nicht der eingehenden Polemik. Im Kapitel 18 wurde unser Standpunkt dargelegt: Dieser enthält – implizite – die Kritik anderer Ansichten. Wir überlassen dem Leser den eingehenden Vergleich unserer Ansichten mit den Ansichten anderer Autoren, wir weisen nur an einigen Stellen kurz darauf hin.

Unser Ziel ist es vor allem, eine Übersicht der charakteristischen Ansichten zu geben. Die Benennung der einzelnen Vertreter der Ansichten dient nur zur Illustrierung. Der Überblick erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Übrigens beschränken wir uns auf die in der Sowjetunion und in Ungarn vertretenen Standpunkte.[1]

Der Einheitlichkeit halber gebrauchen wir überall unsere eigene, auch an anderen Stellen des Buches angewandte Terminologie und unser eigenes Bezeichnungssystem, nicht aber die Terminologie und Bezeichnungen der jeweiligen Verfasser.

Die Ansichten lassen sich von verschiedenen Gesichtspunkten aus gruppieren. Ein Gruppierungsgesichtspunkt ist der ökonomische Zusammenhang, aus dem der kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor theoretisch abgeleitet wird. Hier gibt es zwei Hauptgruppen: 1. Ansichten, die den kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktor mit der Produktion des Nationaleinkommens, mit den Produktionskategorien und 2. Ansichten, die ihn mit der Verteilung des Nationaleinkommens, mit den Verteilungskategorien in Verbindung bringen.

[1] Für die Wiedergabe der in der Sowjetunion geführten Diskussion haben wir die Studie von *Gy. Simon* und *Gy. Kondor* [158] verwandt.

G. 2. Ansichten, bei denen der Produktionsfondsabgabefaktor von der Produktion des Nationaleinkommens abgeleitet wird

1.1. Der rationale kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor ist gleich der (durchschnittlichen) Effektivität des Produktionsfonds $\gamma = \frac{Y}{K}$.

Einer der Vertreter dieser Ansicht war *T. Chatschaturow*, der berühmte sowjetische Ökonom, der das bedeutende theoretische Verdienst hat, daß diese Frage in der Wirtschaftswissenschaft und Praxis der sozialistischen Länder überhaupt in den Vordergrund getreten ist.[1]

Seine Behauptung wäre begründet, wenn das Wachstum des Nationaleinkommens ausschließlich proportional dem Wachstum des Produktionsfonds sein würde, d. h., wenn es keine Substitutionsmöglichkeit zwischen Produktionsfonds und lebendiger Arbeit gäbe. Letzten Endes bedeutet dies, daß das Wachstum des Nationaleinkommens *ausschließlich* von den Investitionen abhängig und von der zur Verfügung stehenden Beschäftigtenanzahl unabhängig ist.

Dieser Standpunkt 1.1 versucht aus der *durchschnittlichen* Effektivität des Produktionsfonds auf den Produktionsfondsabgabefaktor zu schließen. Zahlreiche andere Ansichten (wie die nachfolgenden unter 1.2, 1.3 und 1.4 angeführten) gehen von irgendeiner *differentiellen* Effektivität aus.

1.2. Der Produktionsfondsabgabefaktor soll gleich der Effektivität der am wenigsten wirksamen Investition sein, die noch Bestandteil der volkswirtschaftlichen Investitionsquote ist. Nach dieser Ansicht sind die Investitionsvarianten nach fallenden Effektivitätskennziffern zu ordnen. Dann werden der Reihe nach so viele Investitionsvarianten in den Plan einbezogen bis die Investitionsquote erschöpft ist. Die Effektivitätskennziffer der letzten, die Quote erschöpfenden Variante ist der kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor.[2]

Das ist eine ungenaue Betrachtung und eine ein wenig naive Annäherung an den richtigen Gedanken, daß zwischen dem Produktionsfondsabgabefaktor und der differentiellen Effektivität des Produktionsfonds bestimmte Zusammenhänge bestehen. Der Begriff der differentiellen Effektivität des Produktionsfonds beinhaltet das Prinzip *ceteris paribus*. Sein mathematischer Ausdruck: $\partial Y/\partial K$ gibt die Änderung des Nationaleinkommens für den Fall an, wenn K sich um eine kleine Einheit ändert und L konstant bleibt. Bei der obigen Reihenfolge beansprucht jedoch die »letzte« Variante nicht nur zusätzliche Produktionsfonds, sondern auch zusätzliche Beschäftigte.

Dabei ist die Vorstellung über die Rangordnung auch nicht real. Im Kapitel 8 wurde eingehend dargelegt, weshalb eine einfache Rangordnung für die praktischen Erfordernisse der Wirtschaftlichkeit nicht geeignet ist. Es ist möglich, daß auf Grund der verschiedenen Gleichgewichtsanforderungen auch die in der Rangordnung hintenstehenden Varianten in den Plan einbezogen wurden. Darüber

[1] Siehe den Artikel [47] von *T. Chatschaturow*.

[2] Diese Ansichten werden z. B. in Ungarn in den Artikeln von *M. Mandel*, *Z. Szunyogh* und *J. Varga* [117] und von *J. Varga* [172] vertreten.

hinaus wurde im Abschnitt 18.5 eingehend auf die grundlegenden Probleme und Schwierigkeiten des »Mechanismus des Kapitalmarktes« hingewiesen.

1.3. Der sowohl für die vorhandenen Produktionsfonds als auch für die neuen Investitionen berechnete Produktionsfondsabgabefaktor wird dem Schattenpreissystem der auf volkswirtschaftlicher Ebene durchgeführten linearen Optimierung entnommen. Die kalkulatorischen Bewertungen werden von den Schattenpreisen der die vorhandenen Produktionsfonds bzw. die Investitionsressourcen begrenzenden Schranken abgeleitet.

In der Sowjetunion vertreten wie schon erwähnt *L. W. Kantorowitsch* und *W. W. Nowoshilow*[1] diesen Standpunkt, in Ungarn entwickelten *Gy. Simon* und *Gy. Kondor* ähnliche Konzeptionen.[2]

Es ist bekannt, daß der Schattenpreis der Ressourcenquote der linearen Optimierungsaufgabe den differentiellen Ertrag der Ressource ausdrückt.

Diese Ansicht kommt dem in unserem Buch dargelegten Standpunkt sehr nahe. Es muß aber betont werden, daß es sich bisher nur um eine *Annäherung* handelt (wenn auch um eine notwendige und unter den gegebenen Umständen um die verhältnismäßig beste Annäherung).[3] Das aus dem linearen Optimierungsmodell gewonnene Schattenpreissystem trägt notwendigerweise »die Muttermale« jenes Modells, aus dem es entstanden ist, die Vereinfachungen der Linearitätsvoraussetzung, die mit der Aggregation verbundene Ungenauigkeit, die Problematik der Auswahl der Zielfunktion usw. Man darf also die so erhaltenen Schattenpreise nicht überschätzen.

1.4. Ein ungarischer Verfasser, *M. Turánszky*, bringt den Produktionsfondsabgabefaktor mit der Wirkung des Produktionsfonds, Arbeitskräfte freizusetzen in Beziehung.[4] Der Gedanke ist unserer Meinung nach richtig, zur Quantifizierung aber muß das Verhältnis zwischen der differentiellen Effektivität des Produktionsfonds und der differentiellen Produktivität der Beschäftigtenzahl ermittelt werden, und zwar bezogen auf jenen günstigsten Punkt, wo sowohl der zur Verfügung stehende Produktionsfonds als auch die zur Verfügung stehende Beschäftigtenanzahl eben ausgeschöpft ist [siehe die Beziehung (18.8)].

Die Proportion kann jedoch auf Grund der bekannten ungarischen statistischen Angaben nicht quantifiziert werden. *Turánszky* will zu zahlenmäßigen Ergebnissen gelangen und operiert deshalb mit willkürlichen Voraussetzungen (z. B. setzt er die Wirkung des Produktionsfonds, Arbeitskräfte freizusetzen, der Wirkung der Mechanisierung des Pflanzenbaus, Arbeitskräfte freizusetzen, gleich usw.). Deshalb sind seine zahlenmäßigen Folgerungen trotz richtiger Ausgangsideen unbegründet.

1.5. Turánszky wirft auch einen anderen wichtigen Gedanken auf. Er will bestimmen, welche Bedeutung der Produktionsfonds und die lebendige Arbeit

[1] Siehe die Werke von *L. W. Kantorowitsch* [62] und von *W. W. Nowoshilow* [136].

[2] Siehe die Arbeiten [158] und [159] von *Gy. Simon* und *Gy. Kondor*.

[3] Deshalb haben wir uns auch bemüht, unsere Untersuchungen gerade in diese Richtung zu lenken, wie das aus dem Teil V dieses Buches hervorgeht.

[4] Siehe die Arbeit [169] von *M. Turánszky*.

bei der Erhöhung des Nationaleinkommens hatten. Hier zeigt sich zweifelsohne eine gewisse Verwandtschaft mit dem, was im Kapitel 18 behandelt wurde. Das Problem der »Belastung«, der Imputation kann er jedoch nicht lösen, sondern – ebenso wie bei der unter 1.4 dargestellten Vorstellung, unterstellt er wiederholt willkürliche Voraussetzungen. Er versucht, das »Wachstum des Nationaleinkommens ohne Investitionen« aus statistischen Zeitreihen der Erhöhung der Arbeitsproduktivität auf Grund von Neuerungen und Erfindungen zu bestimmen. Hieraus kann aber nicht auf die untersuchte Frage, auf die Proportionen der »Zurechnung« unmittelbar geschlußfolgert werden. Mit den so vorgenommenen Schätzungen gelangt er wieder zu unbegründeten Zahlen.[1]

1.6. Der kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor sei gleich der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität $\gamma = \dot{y}/y$. Diese Ansicht wird in der sowjetischen Diskussion von *S. G. Strumilin* und *P. Mstislawskij* vertreten.[2]

Wir haben im Kapitel 18 herausgestellt, daß die Größe des rationalen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors nicht unabhängig von der Entwicklung der Arbeitsproduktivität ist. Der Zusammenhang ist aber von anderem Charakter.

Es ist nicht unmöglich, daß der rationale Produktionsfondsabgabefaktor mit der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität zusammenfällt, jedoch geschieht das nicht notwendigerweise.[3] Wir können auch nicht behaupten, daß dieses Zusammenfallen von irgendeinem Gesichtspunkt aus wünschenswert und zweckmäßig wäre. Diese Bestimmung des rationalen kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors ist also unbegründet.

G. 3. Ansichten, bei denen der Produktionsfondsabgabefaktor von der Verteilung des Nationaleinkommens abgeleitet wird

Vorweg möchten wir betonen, daß die meisten der im folgenden dargestellten Ansichten unserer Meinung nach in ihrem Ausgangspunkt falsch sind. An das rationale Verhältnis des kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors und des kalkulatorischen Lohns ist von der Seite der *Produktion* heranzugehen. Dort zeigen sich die Ersetzungsmöglichkeiten, die Proportion der differentiellen

[1] Es ist das Verdienst von *M. Turánszky*, maßgeblich die Durchführung von Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen in Ungarn angeregt und dabei die Anwendung des kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors empfohlen zu haben. Seine Arbeit beeinflußte in starkem Maße die Gestaltung der offiziellen Investitionswirtschaftlichkeitsmethodologie. Deshalb sind wir darauf auch ausführlicher eingegangen.

Die unter 1.4 und 1.5 dargelegten Ansichten enthalten richtige Vermutungen. Ihre Quantifizierung erfolgte, wenn auch ohne genügende Begründung. Diese, nach unserer Ansicht nicht fundierten Berechnungen bewirkten auch, daß in Ungarn dieser kalkulatorische Produktionsfondsabgabefaktor mit 20 Prozent äußerst hoch ist.

[2] Siehe die Arbeiten von *S. G. Strumilin* [163] und von *P. Mstislawskij* [130].

[3] Bei der Standardverteilung des Nationaleinkommens und der Produktionsfunktion vom Typ (18.38) kann der Produktionsfondsabgabefaktor nur dann mit der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität zusammenfallen, wenn $\lambda = 0$, d. h. die Beschäftigtenanzahl sich nicht erhöht. Das ist eine sehr irreale Annahme.

Effektivität und der differentiellen Produktivität usw. Die Verteilung des Nationaleinkommens ist im wesentlichen davon unabhängig, da diese unter den Verhältnissen der sozialistischen Planwirtschaft von der Entscheidung der Wirtschaftsleitung abhängig ist.

2.1. Der rationale Zinsfuß ist gleich dem Quotienten aus dem Reineinkommen und dem Produktionsfonds. Diesen Gedanken vertritt beispielsweise *I. S. Malischew* in der sowjetischen[1] und *E. Megyeri* in der ungarischen Diskussion.[2]

Der in der Ansicht enthaltene theoretische Irrtum erfordert keinen neuen Kommentar. Hingegen muß erwähnt werden, daß die Verwirklichung dieser Ansicht zu einem absurd hohen, den technischen Fortschritt hemmenden γ führen würde.

2.2. Der Produktionsfondsabgabefaktor sei gleich dem Quotienten aus dem Nationaleinkommen, das zur Akkumulation sowie zur Aufrechterhaltung der Landesverteidigung und des Staatsapparates erforderlich ist, und dem Produktionsfonds. Der andere Teil des Nationaleinkommens, der unmittelbar oder mittelbar zur persönlichen Konsumtion gelangt, ist der lebendigen Arbeit zuzurechnen.

Diesen Standpunkt vertritt *A. Stepankow*.[3]

Diese Ansicht kann in übertragenem Sinne auch so aufgefaßt werden, als ob aus dem »Ertrag« des Produktionsfonds die Akkumulation, die Aufrechterhaltung des Staatsapparates und der Landesverteidigung, aus dem »Ertrag« der Arbeit jedoch die sonstige Konsumtion zu decken sei.

Es ist möglich, daß dieses zu einer solchen Proportion γ/ω führt, die unter gegebenen Umständen zufälligerweise rational ist. Das ist möglich, aber nicht sicher. Es ist möglich, daß es begründet wäre aus dem »Ertrag« des Produktionsfonds auch das Unterrichtswesen zu decken, oder umgekehrt, aus dem »Ertrag« der Arbeit die Aufrechterhaltung des Staatsapparates usw. Der ganze nicht akkumulierte Teil des Reineinkommens dient in irgendeiner unmittelbaren oder mittelbaren Form in weitem Sinne der Konsumtion der Bevölkerung.[4] Hier kann nur eine willkürliche Grenzlinie gezogen werden. Vom Gesichtspunkt der hier untersuchten Frage lohnt es sich auch nicht, nach der Ziehung einer derartigen Grenzlinie zu streben, da dadurch die Proportion γ/ω nicht bestimmt wird.

2.3. Der Produktionsfondsabgabefaktor soll gleich dem Quotienten, gebildet aus dem auf die Akkumulation des Nationaleinkommens entfallenden Teil und dem Produktionsfonds sein.

Diesen Standpunkt vertreten in der sowjetischen Diskussion *W. S. Nemtschinow*, in Ungarn *T. Nagy* und *Zs. Esze*.[5]

[1] Siehe das Buch von *I. S. Malischew* [116]. Die Ansichten von *Malischew* knüpfen nicht unmittelbar an die Investitionswirtschaftlichkeitsdiskussion, sondern an die Probleme der Preisbildung an.

[2] Siehe den Vortrag von *E. Megyeri* [198].

[3] Siehe den Artikel [162] von *A. Stepankow*.

[4] Die mittelbare Konsumtion in Ungarn über die Löhne hinaus wird in dem Buch [61] von *E. Jávorka* und *J. Berényi* detailliert behandelt.

[5] Siehe die Artikel von *W. S. Nemtschinow* [137] sowie von *T. Nagy* und *Zs. Esze* [131].

Das vorgeschlagene Prinzip der Bestimmung des Produktionsfondsabgabefaktors bedeutet praktisch, daß man, ausgesprochen oder unausgesprochen, die Hypothese der Standardverteilung des Nationaleinkommens sowie die Hypothese der vollen Zurechnung anwendet. In diesem Fall fällt nämlich der rationale Wert für γ mit der Wachstumsrate des Produktionsfonds zusammen, d. h. (gleichmäßiges Wachstum vorausgesetzt) mit der Proportion der Akkumulation und des Produktionsfonds. (Siehe Satz 18.8. B.)

In Ermangelung einer besseren Hypothese haben wir diese auch bei unseren Optimierungsberechnungen angewandt. (Siehe die Verrechnungsprinzipien 18.2 und 18.3) Das ist, unserer Meinung nach, zulässig, wenn wir uns dessen bewußt sind, und so haben es auch die zitierten ungarischen Verfasser betrachtet, daß die Verrechnung bloß auf provisorischen Hypothesen beruht, die einer späteren Überprüfung bedürfen.

G. 4. Verteilung und Optimalität

Ein neuerer Standpunkt soll eingehender behandelt werden, da es hierbei möglich ist, einige bisher nicht behandelte prinzipielle Probleme zu diskutieren.

Gy. Simon und *Gy. Kondor* teilen im wesentlichen die Standpunkte 1.3 und 2.3, doch gehen sie eigentlich von anderen Vorstellungen aus.[1] Ihrer Meinung nach ist die Standardverteilung des Nationaleinkommens (die ich als provisorische, Hilfshypothese betrachte) ausdrücklich wünschenswert und zweckmäßig. Ihr Gedankengang ist in diesem Zusammenhang folgender:

Jeder Teil des zur Verteilung gelangenden Nationaleinkommens dient letzten Endes der Erhöhung des neueren Nationaleinkommens; nicht nur der Teil für Akkumulation, sondern auch der für die Konsumtion bereitgestellte Teil. Die Erhöhung des Lebensstandards, der Gesundheitsschutz, das Unterrichtswesen usw. – tragen alle dazu bei, daß die Werktätigen wirkungsvoller zur Erhöhung des Nationaleinkommens beitragen können.

Daraus folgt, das Nationaleinkommen ist so zu verteilen, daß seine Verwendung auf jedem Gebiet zu gleichem Nationaleinkommenzuwachs führt. Der differentielle Ertrag der »Arbeitskraft erzeugenden« Verwendung muß gleich dem differentiellen Ertrag der »Produktionsfonds erzeugenden« Verwendung sein. Diese Zuordnung des Nationaleinkommens ist damit verbunden, daß jeder Produktionsfaktor, ob der »menschliche« oder der »gegenständliche« seinen eigenen differentiellen Ertrag erhält, die Werktätigen den Konsumtionsteil des Nationaleinkommens und der Produktionsfonds den Akkumulationsteil des Nationaleinkommens. Das schon optimal zugeordnete Nationaleinkommen vermehrt sich selbst, mit der Rate ϱ. Es ist offensichtlich, daß der zur Akkumulation gelangende Teil des Nationaleinkommens für die zusätzlichen Produktionsfonds auch einen Ertrag ϱ sichert.

[1] Siehe [159].

In diesem bemerkenswerten Gedankengang werden unserer Meinung nach wichtige und richtige Erkenntnisse mit einer Art von eingeengtem »Ökonomismus« und Utilitarismus vermischt.

Es ist wichtig, daß auch der der Konsumtion dienende Teil des Nationaleinkommens, letzten Endes, auf die Produktion zurückwirkt. Ein moderner Industriestaat kann nicht mit armen und unkultivierten Werktätigen funktionieren. Ohne die Entwicklung des Unterrichtswesens, der Wissenschaft, des Gesundheitsschutzes, des Bildungswesens, ohne bessere materielle Lebensverhältnisse ist eine regelmäßige und dauerhafte Erhöhung der Arbeitsproduktivität, der technischen Entwicklung unmöglich. Ihre Vernachlässigung wirkt, wie sich das im Zeitraum von 1949 bis 1953 auch in Ungarn zeigte, schädlich auf die Entwicklung der Wirtschaft ein.

Die Auswirkung der »Arbeitskraft erzeugenden« Verwendung auf die Erhöhung des Nationaleinkommens ist praktisch nicht meßbar. Es kann nicht angegeben werden, um wieviel genau eine 1–2 Prozent betragende Reallohnerhöhung das Nationaleinkommen erhöhen würde.

Das ist unter anderem auch deswegen nicht möglich, da die Arbeitsdisziplin, die Lernlust, die Initiative der Menschen, die Entwicklung der Kultur und Wissenschaft nicht nur von der Erhöhung des Reallohns, der Konsumtion und nicht nur unmittelbar von wirtschaftlichen Faktoren abhängig sind, obwohl sie eine bestimmende Bedeutung haben, sondern auch von vielen sonstigen – politischen, soziologischen, kulturellen, moralischen usw. – Faktoren. Aus der Menge der gemeinsam wirkenden Einflüsse ist es praktisch unmöglich, die Wirkung des Anstiegs der Konsumtion »zu isolieren«. Es kann extreme Beispiele geben: so können Perioden im Leben eines Landes vorkommen (z. B. ein vaterländischer Krieg), wo die Menschen auch bei abnehmendem Lebensstandard mit maximaler Kraftanstrengung arbeiten, und umgekehrt können sie trotz ansteigendem Wohlstand lustlos und gleichgültig sein.

Und noch ein moralischer Gesichtspunkt: die sozialistische Gesellschaft »entwickelt« nicht deshalb »die Arbeitskräfte«, damit sie besser produzieren. Nicht der Mensch ist für die Produktion da, sondern umgekehrt. Ein Teil des Nationaleinkommens muß, aus moralischen Gründen, für solche Zwecke verwendet werden, die praktisch nicht auf die Erhöhung des Nationaleinkommens zurückwirken (die Blinden- und Invalidenfürsorge, Verschönerung der Städte, Denkmalschutz usw.).

Unserer Ansicht nach ist in der sozialistischen Planwirtschaft notwendigerweise die Entscheidung über die *Verteilung* des Nationaleinkommens von der Frage, was der differentielle Ertrag der einzelnen Faktoren der Produktion in der Produktion ist, zu trennen. Die Verteilung des Nationaleinkommens (in erster Linie für die zwei Hauptverwendungszwecke, für die Akkumulation und Konsumtion) ist ein komplexes politisches, wirtschaftliches, soziologisches und moralisches Problem, das in der zentral gelenkten sozialistischen Planwirtschaft eine *politische Entscheidung* erfordert.

G. 5. Sonstige Fragen der Diskussion

In den Abschnitten G.2 bis G.4 haben wir die verschiedenen Standpunkte danach gruppiert, mit welchen ökonomischen Kategorien das kalkulatorische γ in Beziehung gesetzt wird. Es gibt aber auch andere Gesichtspunkte für eine Gruppierung.

A) Ein Teil der Diskussionsteilnehmer will einfach den mit dem aktuellen Preissystem verknüpften für die neuen Investitionen angewandten kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktor verwenden. Andere hingegen erkennen, daß die konsequente Behandlung des Problems bloß innerhalb eines Preissystems vorstellbar ist, das in jeder Phase der Produktion Zinsen auf Grund der in Anspruch genommenen (alten oder neuen) Produktionsfonds berechnet. Diese Ansicht vertritt ein bedeutender Teil der in anderem Zusammenhang schon erwähnten Verfasser: *L. W. Kantorowitsch* und *W. S. Nemtschinow*[1] in der Sowjetunion, *M. Turánszky*, *T. Nagy* und *Zs. Esze*, *Gy. Simon* und *Gy. Kondor* in Ungarn.

B) Eine andere Diskussionsfrage war, ob man einen zweiglich abweichenden, oder volkswirtschaftlich einheitlichen Produktionsfondsabgabefaktor anwenden soll. Den ersten Standpunkt vertritt in der sowjetischen Diskussion *T. Chatschaturow*, in Ungarn *Gy. Gerle*,[2] den zweiten in der sowjetischen Diskussion *I. S. Malischew*, in Ungarn *M. Turánszky*.

In der Sowjetunion und in Ungarn weicht auch die bei den Investitionswirtschaftlichkeitsberechnungen angewandte offizielle kalkulatorische Bewertung in der vorgeschriebenen Methodologie voneinander ab.[3] In der Sowjetunion werden je Zweig abweichende Produktionsfondsabgabefaktoren angewandt, in Ungarn gebraucht man einen einheitlichen Produktionsfondsabgabefaktor.

Wir halten das einheitliche γ in jedem Modell für richtig, in dem der Produktionsfonds bzw. die den Produktionsfonds erhöhenden Investitionen zusammengefaßt enthalten sind, und in dem wir die kalkulatorischen Preise entsprechend der Preisformel (18.1) zur Berücksichtigung der inländischen Aufwendungen anwenden. (Diese Frage berührt übrigens auch Abschnitt 26.1 des Buches.)

Die Anhänger des zweiglich abweichenden Produktionsfondsabgabefaktors argumentieren hauptsächlich damit, daß der einheitliche Produktionsfondsabgabefaktor eventuell die Entwicklung der Industriezweige, die im Interesse der allgemeinen Proportionen der Volkswirtschaft von primärer Bedeutung sind, *vom Gesichtspunkt der Rentabilität* als nachteilig beurteilt.[4]

Diese Befürchtung ist aber nur insofern begründet, als die Planung der Proportionalitäten der Volkswirtschaft (mit Hilfe der Bilanzmethode) und die Investitionswirtschaftlichkeitsberechnung (mit Hilfe der Wirtschaftlichkeitskennziffern)

[1] In diesem Zusammenhang müssen wir die Vorschläge von *W. S. Nemtschinow* besonders unterstreichen, die sich unter anderem auch auf die Anwendung von Renten für knappe Naturressourcen erstrecken (siehe [137]). Dieses Problem mußten wir, obwohl wir seine Bedeutung klar erkennen, in unseren Untersuchungen außer acht lassen.

[2] Siehe das Buch [44] von *Gy. Gerle*.

[3] Siehe die offizielle sowjetische Methodologie [180] und das ungarische Investitionsgesetz [195].

[4] Siehe z. B. den Artikel [47] von *T. Chatschaturow*.

isoliert voneinander erfolgt. Die Optimierung ermöglicht es, worauf wir schon hingewiesen haben, diese Problematik zu lösen, da das Modell ab ovo mit den erforderlichen Proportionen zwischen dem untersuchten Zweig und den anderen volkswirtschaftlichen Zweigen rechnen kann. Hierzu dienen die externen Produktionsvorschriften im System der beschränkenden Bedingungen. Durch die Tatsache, daß das Optimierungsmodell von vornherein, in Form von Produktionsvorschriften, Produktbilanzen usw. bestimmte Produktionsproportionen vorschreibt, *wird die Funktion des Produktionsfondsabgabefaktors eingeengt.* Unter solchen Umständen beeinflußt γ in erster Linie die Kombinationen und Proportionen der verschiedenen Aufwandsarten – hauptsächlich die mit Investitionen zu beschaffende modernere Technologie, Maschinen, Ausrüstungen und die der lebendigen Arbeit.

C) Die Diskussionsteilnehmer fundieren ihre zahlenmäßigen Vorschläge mit abweichenden Methoden. Die Mehrzahl experimentiert mit aggregierten makroökonomischen statistischen Ergebnissen. Das kann aber, wie wir erkannt haben, nach unseren bisherigen Kenntnissen nicht zu einem eindeutigen Resultat führen.

Manche Ökonomen meinen, es sollten aus makroökonomischen Angaben Folgerungen gezogen werden, und sie versuchen, die begründete Größe des kalkulatorischen Produktionsfondsabgabefaktors auf Grund der Wirtschaftlichkeitskennziffern zu bestimmen, die bei den einzelnen Investitionsvarianten ermittelt werden.

Schließlich schlagen manche Verfasser vor, den kalkulatorischen Zinsfuß mit Hilfe der mathematischen Optimierung zahlenmäßig zu bestimmen. Auch unserer Ansicht nach ist dies die beste Möglichkeit.

Anhang H: Das allgemeine mathematische Modell der »Zweiebenenplanung«: die Optimierung auf zwei Ebenen

Von : TAMÁS LIPTÁK

H. 1. Einleitung

Bei der Erarbeitung der Methode der Zweiebenenplanung stellte sich heraus, daß die Gedanken und Ideen der speziellen Planungsaufgabe mathematisch viel einfacher und übersichtlicher dargestellt werden können, wenn man das Modell verallgemeinert. Nach der oft zu beobachtenden Erscheinung, daß »das schwerere leichter zu beweisen ist«, werden in einem solchen Modell die mathematischen Ableitungen einfacher. Schließlich gelang es, eine Zerlegungstechnik zu finden, die bei jeder (lösbaren) linearen Optimierungsaufgabe zu einer konvergenten Iteration des fiktiven Abspielens führt. Das Verfahren wird in diesem allgemeinen Fall »Zweiebenenoptimierung« genannt.

In diesem Anhang wird die Methode folgendermaßen dargestellt: In den Abschnitten H.2 bis H.11 wird vorausgesetzt, daß das als »volle zentrale Informationsaufgabe« bezeichnete ursprüngliche lineare Optimierungsproblem auf irgendeine Weise in »Sektoren« genannte Teile zerlegt ist, deren Optimierung von einer »Zentrale« koordiniert wird. Nach Einführung weiterer Bezeichnungen und Definitionen werden gewisse »Regularitäts«-Voraussetzungen gemacht und Sätze abgeleitet, die unter diesen Bedingungen gültig sind und die Lösung der ursprünglichen Aufgabe mit beliebiger Genauigkeit durch getrennte iterative Lösung der Teilaufgaben ermöglichen. Wir skizzieren die Schritte der Iteration und befassen uns mit der allgemeinen »Angleichungs«-Tendenz der gemischten Schattenpreise. Zum Schluß geben wir im Abschnitt H.12 eine Zerlegungs- und »Einbettungs«-Technik an, deren Anwendung bei jeder (lösbaren) linearen Optimierungsaufgabe die Verwirklichung der im Abschnitt H.8 erläuterten und zur Anwendung der Zweiebenenoptimierung erforderlichen Regularitäts-Bedingungen gestattet. Bei der Anwendung dieser Technik sind in der Zentrale nur triviale, durch Rangordnung der Koeffizienten lösbare lineare Optimierungen erforderlich.

Da in diesem Anhang nicht die ausführliche Abhandlung der mathematischen Einzelheiten beabsichtigt ist, wird im letzten Abschnitt nur angestrebt, die Zerlegungs- und Einbettungs-Technik sowie den Algorithmus der Zweiebenenoptimierung klar und eindeutig zu beschreiben. Der Leser, der sich für exakte Beweise interessiert, wird auf andere Publikationen verwiesen.[1]

[1] Siehe [82], [103]. Die Arbeit [104] beschreibt die Anwendung der »Zweiebenenoptimierung« für eine kurzfristige Außenhandelsoptimierung, die von dem im Kapitel 24 beschriebenen Modell hinsichtlich des ökonomischen Inhalts vollkommen abweicht.

H. 2. Die volle zentrale Informationsaufgabe

Es sei

$$\begin{cases} \mathbf{Ax} \leqq \mathbf{b}, & \mathbf{x} \geqq \mathbf{0}, & \mathbf{c}'\mathbf{x} \to \max! \\ \mathbf{y}'\mathbf{A} \geqq \mathbf{c}' & \mathbf{y}' \geqq \mathbf{0}, & \mathbf{y}'\mathbf{b} \to \min! \end{cases} \tag{H.1}$$

die kanonische[1] Form der primalen bzw. dualen Variante der *vollen zentralen Informationsaufgabe* (abgekürzt VZI-Aufgabe) des allgemeinen Modells. Wir nennen die primale Variable (den Vektor $\mathbf{x}$) der VZI-Aufgabe *VZI-Programm*, die duale Variable (den Vektor $\mathbf{y}$) *VZI-Schattenpreissystem*. Wir bezeichnen X als die Menge der *zulässigen VZI-Programme*, X^* als die Menge der *optimalen VZI-Programme*, ferner Y als die Menge der *zulässigen VZI-Schattenpreissysteme* und Y^* als die Menge der *optimalen VZI-Schattenpreissysteme:*

$$\mathsf{X} = \{\mathbf{x} : \mathbf{Ax} \leqq \mathbf{b}, \quad \mathbf{x} \geqq \mathbf{0}\},$$

$$\mathsf{X}^* = \{\mathbf{x}^* : \mathbf{x}^* \in \mathsf{X}, \quad \mathbf{c}'\mathbf{x}^* = \max_{\mathbf{x} \in \mathsf{X}} \mathbf{c}'\mathbf{x}\}, \tag{H.2}$$

$$\mathsf{Y} = \{\mathbf{y} : \mathbf{y}'\mathbf{A} \geqq \mathbf{c}', \quad \mathbf{y} \geqq \mathbf{0}\},$$

$$\mathsf{Y}^* = \{\mathbf{y}^* : \mathbf{y}^* \in \mathsf{Y}, \quad \mathbf{y}^{*\prime}\mathbf{b} = \min_{\mathbf{y} \in \mathsf{Y}} \mathbf{y}'\mathbf{b}\}. \tag{H.3}$$

Nehmen wir an, daß die VZI-Aufgabe *lösbar* ist, das heißt es existiert ein optimales VZI-Programm: $\mathsf{X}^* \neq \mathsf{O}$. Es ist bekannt,[2] daß dann auch ein optimales VZI-Schattenpreissystem existiert: $\mathsf{Y}^* \neq \mathsf{O}$, ferner stimmt der maximale Zielfunktionswert der primalen Variante mit dem minimalen Zielfunktionswert der dualen Variante überein; ihr gemeinsamer Wert ist das Optimum Φ der VZI-Aufgabe:

$$\Phi = \max_{\mathbf{x} \in \mathsf{X}} \mathbf{c}'\mathbf{x} = \min_{\mathbf{y} \in \mathsf{Y}} \mathbf{y}'\mathbf{b} = \mathbf{c}'\mathbf{x}^* = \mathbf{y}^{*\prime}\mathbf{b} \qquad \mathbf{x}^* \in \mathsf{X}^*, \mathbf{y}^* \in \mathsf{Y}^* . \tag{H.4}$$

Die Lösbarkeit der VZI-Aufgabe ist übrigens mit der Voraussetzung äquivalent, daß es mindestens ein zulässiges VZI-Programm und ein zulässiges VZI-Schattenpreissystem gibt:[3]

$$\mathsf{X} \neq \mathsf{O} \quad \text{und} \quad \mathsf{Y} \neq \mathsf{O}. \tag{H.5}$$

H. 3. Die Sektorenzerlegung

Es sei

$$\mathbf{A} = [\mathbf{A}_1, \ldots, \mathbf{A}_n], \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n \end{bmatrix}, \quad \mathbf{c}' = [\mathbf{c}_1', \ldots, \mathbf{c}_n'] \tag{H.6}$$

[1] Die primal-duale Variante jeder linearen Optimierungsaufgabe kann auf die symmetrische Form (H. 1) transformiert werden.

[2] Siehe z. B.: *A. J. Goldman* und *A. W. Tucker* ([46], Corollary 1A, Seite 60).

[3] Siehe z. B.: *A. J. Goldman* und *A. W. Tucker* ([46], Theorem 2, Seite 61).

eine einander entsprechende Zerlegung der Matrix $\mathbf{A}$, des VZI-Programms $\mathbf{x}$ und des VZI-Zielfunktionsvektors $\mathbf{c}'$ der primalen Variante der VZI-Aufgabe. An Stelle von (H.1) können wir dann die äquivalente Form

$$\left\{\begin{array}{l} \mathbf{A}_1\mathbf{x}_1 + \ldots + \mathbf{A}_n\mathbf{x}_n \leqq \mathbf{b} \\ \mathbf{x}_1 \qquad\qquad\qquad \geqq \mathbf{0} \\ \qquad \ddots \\ \qquad\qquad \mathbf{x}_n \geqq \mathbf{0} \\ \mathbf{c}_1'\mathbf{x}_1 + \ldots + \mathbf{c}_n'\mathbf{x}_n \to \max! \end{array}\right\} \text{ bzw. } \left\{\begin{array}{l} \mathbf{y}'\mathbf{A}_1 \qquad\qquad \geqq \mathbf{c}_1' \\ \qquad \ddots \\ \qquad\qquad \mathbf{y}'\mathbf{A}_n \geqq \mathbf{c}_n' \\ \qquad\qquad \mathbf{y} \quad \geqq \mathbf{0} \\ \qquad\qquad \mathbf{y}'\mathbf{b} \to \min! \end{array}\right\} \tag{H.7}$$

benutzen.

Wenn die Summe der in der Dimension mit dem Schrankenvektor $\mathbf{b}$ übereinstimmenden Vektoren $\mathbf{u}_1, \ldots, \mathbf{u}_n$ $\mathbf{b}$ ist, wenn diese also die *Schrankenverteilungsbedingung*

$$\mathbf{u}_1 + \ldots + \mathbf{u}_n = \mathbf{b} \tag{H.8}$$

befriedigen, dann nennen wir den aus diesen zusammengesetzten Vektor

$$\mathbf{u} = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{u}_n \end{bmatrix} \tag{H.9}$$

zentrales Programm, den Teilvektor $\mathbf{u}_i$ *i*-te *Sektorenkomponente* des zentralen Programms $\mathbf{u}$ ($i = 1, \ldots, n$). Unter der *i-ten Sektorenaufgabe* mit dem zentralen Programm $\mathbf{u}$ (oder mit der Sektorenkomponente $\mathbf{u}_i$) verstehen wir die lineare Optimierungsaufgabe.

$$\left\{\begin{array}{l} \mathbf{A}_i\mathbf{x}_i \leqq \mathbf{u}_i\,, \quad \mathbf{x}_i \geqq \mathbf{0}\,, \quad \mathbf{c}_i'\mathbf{x}_i \to \max! \\ \text{bzw. } \mathbf{y}_i'\mathbf{A}_i \geqq \mathbf{c}_i'\,, \quad \mathbf{y}_i \geqq \mathbf{0}\,, \quad \mathbf{y}_i'\mathbf{u}_i \to \min! \end{array}\right. \tag{H.10}$$

In (H.10) ist $\mathbf{x}_i$ das *i-te Sektorenprogramm*, $\mathbf{y}_i$ das *i-te Sektorenschattenpreissystem*. In der *i*-ten Sektorenaufgabe mit der Sektorenkomponente $\mathbf{u}_i$ bezeichnen wir $\mathsf{X}_i(\mathbf{u}_i)$ als die Menge der *zulässigen Sektorenprogramme*, $\mathsf{X}_i^*(\mathbf{u}_i)$ als die Menge der *optimalen* Sektorenprogramme, ferner Y_i als die Menge der *zulässigen Sektorenschattenpreissysteme* und $\mathsf{Y}_i^*(\mathbf{u}_i)$ als die Menge der *optimalen Sektorenschattenpreissysteme:*

$$\begin{aligned} \mathsf{X}_i(\mathbf{u}_i) &= \{\mathbf{x} : \mathbf{A}_i\mathbf{x}_i \leqq \mathbf{u}_i\,, \ \mathbf{x}_i \geqq \mathbf{0}\}\,, \\ \mathsf{X}_i^*(\mathbf{u}_i) &= \left\{\mathbf{x}_i^* : \mathbf{x}_i^* \in \mathsf{X}_i(\mathbf{u}_i)\,, \quad \mathbf{c}_i'\mathbf{x}_i' = \max_{\mathbf{x}_i \in \mathsf{X}_i(\mathbf{u}_i)} \mathbf{c}_i'\mathbf{x}_i\right\}, \end{aligned} \tag{H.11}$$

$$\begin{aligned} \mathsf{Y}_i &= \{\mathbf{y}_i : \mathbf{y}_i'\mathbf{A}_i \geqq \mathbf{c}_i', \quad \mathbf{y}_i \geqq \mathbf{0}\}\,, \\ \mathsf{Y}_i^*(\mathbf{u}_i) &= \left\{\mathbf{y}_i^* : \mathbf{y}_i^* \in \mathsf{Y}_i\,, \quad \mathbf{y}_i^{*\prime}\mathbf{u}_i = \min_{\mathbf{y}_i \in \mathsf{Y}_i} \mathbf{y}_i'\mathbf{u}_i\right\} \end{aligned} \tag{H.12}$$

($i = 1, \ldots, n$).

H. 4. Bewertbare zentrale Programme

Wir suchen die Bedingung dafür, daß sämtliche Sektorenaufgaben gelöst werden können. Da sich aus der Kombination von (H.12) und (H.3)

$$\mathsf{Y} = \mathsf{Y}_1 \cap \ldots \cap \mathsf{Y}_n \tag{H.13}$$

ergibt, so folgt wegen der Voraussetzung $\mathsf{Y} \neq \mathsf{O}$ für die Lösbarkeit der VZI-Aufgabe nach (H.5), daß

$$\mathsf{Y}_i \neq \mathsf{O}, \qquad i = 1, \ldots, n \tag{H.14}$$

gelten muß. Hieraus können wir zwei notwendige und hinreichende Bedingungen für die Lösbarkeit der i-ten Sektorenoptimierung mit $\mathbf{u}_i$ ableiten. Die erste folgt aus dem auf Seite 455 vor Formel (H.5) zitierten Satz:

$$\mathbf{X}_i(\mathbf{u}_i) \neq \mathsf{O}. \tag{H.15}$$

Die zweite Bedingung lautet: $\mathbf{y}_i' \mathbf{u}_i$ ist auf der Menge Y_i nach unten beschränkt.[1] Es ist zweckmäßig, diese Bedingung in einer anderen Form wiederzugeben. Es sei

$$\mathsf{Y}_i = \mathbf{Y}_i^{\triangle} + \overline{\mathbf{Y}}_i^{<} = \tag{H.16}$$

$$= \{\mathbf{Y}_i \mathbf{q}_i + \mu_i \overline{\mathbf{Y}}_i \bar{\mathbf{q}}_i : \mathbf{1}'\mathbf{q}_i = \mathbf{1}'\bar{\mathbf{q}}_i = 1, \quad \mathbf{q}_i \geqq \mathbf{0}, \quad \bar{\mathbf{q}}_i \geqq \mathbf{0}, \quad \mu_i \geqq 0\}$$

die kanonische Zerlegung[2] der konvexen polyedrischen Menge Y_i. Dann kann die Beschränktheit von $\mathbf{y}_i'\mathbf{u}_i$ auf der Menge Y_i in der Form

$$\overline{\mathbf{Y}}_i' \mathbf{u}_i \geqq \mathbf{0} \tag{H.17}$$

geschrieben werden.

Bewertbare zentrale Programme nennen wir diejenigen zentralen Programme, für die sämtliche Sektorenaufgaben gelöst werden können. Nach (H.8) und (H.17) können wir die Menge der bewertbaren zentralen Programme $\dot{\mathsf{U}}$ folgendermaßen schreiben:

$$\dot{\mathsf{U}} = \left\{ \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{u}}_1 \\ \vdots \\ \dot{\mathbf{u}}_n \end{bmatrix} : \dot{\mathbf{u}}_1 + \ldots + \dot{\mathbf{u}}_n = \mathbf{b}, \ \overline{\mathbf{Y}}_1' \dot{\mathbf{u}}_1 \geqq \mathbf{0}, \ldots, \overline{\mathbf{Y}}_n' \dot{\mathbf{u}}_n \geqq \mathbf{0} \right\}. \tag{H.18}$$

$\dot{\mathsf{U}}$ ist folglich eine konvexe polyedrische Menge.

[1] Siehe z. B.: *A. J. Goldman* und *A. W. Tucker* ([46], Corollary 1B, Seite 60.)

[2] Nach *A. J. Goldman* [45], (Seite 44—49), ist $\mathbf{Y}_i$ die aus den extremalen Punkten von Y_i bestehende Matrix. Wenn Y_i beschränkt ist, so ist nach Definition $\overline{\mathbf{Y}}_i = \mathbf{O}$. Andernfalls ist $\overline{\mathbf{Y}}_i$ die aus den extremalen Punkten der Menge $\overline{\mathsf{Y}}_i$ bestehende Matrix, die Menge $\overline{\mathsf{Y}}_i$ besteht aus den Wahrscheinlichkeitsvektoren, die den reduzierten homogenen Ungleichungssystemen $\overline{\mathbf{y}}_i'\mathbf{A}_i \geqq \mathbf{0}'$, $\overline{\mathbf{y}}_i \geqq \mathbf{0}$ genügen.

H. 5. Erzeugendenmengen

Wir bezeichnen $\mathsf{X}(\dot{\mathbf{u}})$ als die Menge derjenigen VZI-Programme, die aus den zum bewertbaren zentralen Programm $\dot{\mathbf{u}} = [\dot{\mathbf{u}}_1', \ldots, \dot{\mathbf{u}}']'$ gehörenden zulässigen Sektorenprogrammen zusammengesetzt werden können:

$$\mathsf{X}(\dot{\mathbf{u}}) = \mathsf{X}_1(\dot{\mathbf{u}}_1) \times \ldots \times \mathsf{X}_n(\dot{\mathbf{u}}_n) =$$

$$= \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n \end{bmatrix} : \mathbf{x}_1 \in \mathsf{X}_1(\dot{\mathbf{u}}_1), \ldots, \mathbf{x}_n \in \mathsf{X}_n(\dot{\mathbf{u}}_n) \right\}. \tag{H.19}$$

Von einer (echten oder unechten) Teilmenge U der aus sämtlichen bewertbaren Programmen bestehenden Menge $\dot{\mathsf{U}}$ sagen wir, daß sie X *erzeugt* oder daß U eine *Erzeugendenmenge* von X ist, wenn

$$\mathsf{X} = \bigcup_{\mathbf{u} \in \mathsf{U}} \mathsf{X}(\mathbf{u}). \tag{H.20}$$

Im Falle $\mathsf{U} = \dot{\mathsf{U}}$ trifft (H.20) zu, das heißt, die aus sämtlichen bewertbaren zentralen Programmen bestehende nicht-leere konvexe polyedrische Menge $\dot{\mathsf{U}}$ erzeugt die aus den zulässigen VZI-Programmen bestehende Menge X. Das kann in zwei Schritten bewiesen werden.

1. Wegen (H.5) ist $\mathsf{X} \neq \mathsf{O}$. Es sei $\mathbf{x} = [\mathbf{x}_1', \ldots, \mathbf{x}_n']' \in \mathsf{X}$ und $\dot{\mathbf{u}}_1 = \mathbf{A}_1 \mathbf{x}_1, \ldots, \dot{\mathbf{u}}_{n-1} = \mathbf{A}_{n-1} \mathbf{x}_{n-1}$, $\dot{\mathbf{u}}_n = \mathbf{b} - (\dot{\mathbf{u}}_1 + \ldots + \dot{\mathbf{u}}_{n-1})$. Offensichtlich ist $\mathbf{x}_i \in \mathsf{X}_i(\dot{\mathbf{u}}_i)$, folglich ist $\mathsf{X}_i(\dot{\mathbf{u}}_i) \neq \mathsf{O}$ $(i = 1, \ldots, n)$, und deshalb wegen (H.15) $\dot{\mathbf{u}} = [\dot{\mathbf{u}}_1', \ldots, \dot{\mathbf{u}}_n']'$ ein bewertbares zentrales Programm und $\dot{\mathsf{U}} \neq \mathsf{O}$, $\dot{\mathsf{U}}$ ist folglich eine *nicht-leere* konvexe polyedrische Menge. Darüber hinaus ist $\mathbf{x} \in \mathsf{X}(\dot{\mathbf{u}})$, und da zu jedem VZI-Programm $\mathbf{x} \in \mathsf{X}$ die obige Konstruktion ein solches zentrales Programm $\dot{\mathbf{u}} \in \dot{\mathsf{U}}$ liefert, folgt, daß $\mathsf{X} \subset \bigcup_{\dot{\mathbf{u}} \in \dot{\mathsf{U}}} \mathsf{X}(\dot{\mathbf{u}})$.

2. Wenn $\dot{\mathbf{u}} = [\dot{\mathbf{u}}_1', \ldots, \dot{\mathbf{u}}_n']' \in \dot{\mathsf{U}}$ und $\mathbf{x}_i \in \mathsf{X}_i(\dot{\mathbf{u}}_i)$, das heißt $\mathbf{A}_i \mathbf{x}_i \leqq \dot{\mathbf{u}}_i$, $\mathbf{x}_i \geqq \mathbf{0}$ $(i = 1, \ldots, n)$, dann gilt für den Vektor $\mathbf{x} = [\mathbf{x}_1', \ldots, \mathbf{x}_n']'$ wegen der Schrankenverteilungsbedingung (H.8) $\mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{A}_1 \mathbf{x}_1 + \ldots + \mathbf{A}_n \mathbf{x}_n \leqq \dot{\mathbf{u}}_1 + \ldots + \dot{\mathbf{u}}_n = \mathbf{b}$, $\mathbf{x} = [\mathbf{x}_1', \ldots, \mathbf{x}_n']' \geqq \mathbf{0}$, folglich ist $\mathbf{x} \in \mathsf{X}$. Deshalb ist $\mathsf{X}(\dot{\mathbf{u}}) \subset \mathsf{X}$ und $\bigcup_{\dot{\mathbf{u}} \in \dot{\mathsf{U}}} \mathsf{X}(\dot{\mathbf{u}}) \subset \mathsf{X}$.

Aus 1. und aus 2. ergibt sich $\mathsf{X} = \bigcup_{\dot{\mathbf{u}} \in \mathsf{U}} \mathsf{X}(\dot{\mathbf{u}})$.

Auch eine echte Teilmenge U der Menge aller bewertbaren zentralen Programme, die eine nicht-leere konvexe polyedrische Menge bildet, kann die Eigenschaft für eine Erzeugendenmenge (H.20) besitzen.

Im Falle einer Matrix **A** von spezieller Form (vgl. [27], [28]) kann (H.7) die Form

$$\mathbf{A}_1^{\square}\mathbf{x}_1 + \ldots + \mathbf{A}_n^{\square}\mathbf{x}_n \leqq \mathbf{b}^{\square} \tag{H.21}$$

$$\begin{cases} \mathbf{A}_1^0\mathbf{x}_1 & & \leqq \mathbf{b}_1^0 \\ & \ddots & \vdots \\ & & \mathbf{A}_n^0\mathbf{x}_n \leqq \mathbf{b}_n^0 \end{cases} \tag{H.22}$$

$$\mathbf{x}_1 \geqq \mathbf{0}, \ldots, \mathbf{x}_n \geqq \mathbf{0} \tag{H.23}$$

$$\mathbf{c}_1'\mathbf{x}_1 + \ldots + \mathbf{c}_n'\mathbf{x}_n \longrightarrow \max! \tag{H.24}$$

annehmen (hier faßt $\mathbf{A}_i^0\mathbf{x}_i \leqq \mathbf{b}_i^0$ die Einschränkungen der VZI-Aufgabe zusammen, die sich nur auf den i-ten Sektor beziehen, diese Einschränkungen können wir als die *speziellen Sektorenschränkungen* des i-ten Sektors bezeichnen). Es ist hier zweckmäßig, auch das zentrale Programm in der Form

$$\mathbf{u} = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{u}_n \end{bmatrix} \qquad \mathbf{u}_i = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_i^{\square} \\ \mathbf{u}_{i1}^0 \\ \vdots \\ \mathbf{u}_{in}^0 \end{bmatrix}, \quad (i = 1, \ldots, n) \tag{H.25}$$

darzustellen, und in diesem Fall wird die Schrankenverteilungs-Bedingung durch die Gleichungen

$$\begin{cases} \mathbf{u}_1^{\square} + \ldots + \mathbf{u}_n^{\square} = \mathbf{b}^{\square} \\ \mathbf{u}_{1i}^0 + \ldots + \mathbf{u}_{ni}^0 = \mathbf{b}_i^0, \qquad i = 1, \ldots, n \end{cases} \tag{H.26}$$

ausgedrückt. Wir bezeichnen $\dot{\mathsf{U}}$ als die Menge sämtlicher bewertbaren zentralen Programme, U als diejenige Teilmenge von $\dot{\mathsf{U}}$, in der jeder Sektor vollständig die in den speziellen Sektorbedingungen dargestellten Schranken »ausschöpft«, das heißt, es sei

$$\mathsf{U} = \left\{\mathbf{u} = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{u}_n \end{bmatrix} : \mathbf{u} \in \dot{\mathsf{U}}, \mathbf{u}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1^{\square} \\ \mathbf{b}_1^0 \\ \mathbf{0} \\ \vdots \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}, \ldots, \mathbf{u}_n = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_n^{\square} \\ \mathbf{0} \\ \vdots \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{b}_n^0 \end{bmatrix}\right\}. \tag{H.27}$$

Es ist klar, daß U eine nicht-leere konvexe polyedrische Teilmenge von $\dot{\mathsf{U}}$ ist, die nicht notwendigerweise jedes bewertbare zentrale Programm enthält: z. B. für $\mathbf{b}^{\square} \geqq 0$, $\mathbf{b}_i^0 > 0$ $(i = 1, \ldots, n)$ ist $\mathsf{U} \subset \dot{\mathsf{U}}$.

H. 6. Die Zweiebenenaufgabe

U sei eine nicht-leere konvexe polyedrische Teilmenge von $\dot{\mathsf{U}}$, die X erzeugt. Wir halten U fest und bezeichnen ihre Elemente als *zulässige zentrale Programme.* Für ein beliebiges zulässiges zentrales Programm $\mathbf{u} = [\mathbf{u}_1', \ldots, \mathbf{u}_n']'$ können die zu U gehörigen *Sektoroptima*

$$\varphi_i(\mathbf{u}_i) = \max_{\mathbf{x}_i \in \mathsf{X}_i(\mathbf{u}_i)} \mathbf{c}_i' \mathbf{x}_i = \min_{\mathbf{y}_i \in \mathsf{Y}_i} \mathbf{y}_i' \mathbf{u}_i, \qquad i = 1, \ldots, n \tag{H.28}$$

und deren Summe, das *Gesamtoptimum*

$$\varphi(\mathbf{u}) = \varphi_1(\mathbf{u}_1) + \ldots + \varphi_n(\mathbf{u}_n) \tag{H.29}$$

definiert werden. Diese sind quasi-lineare, stetige konkave Funktionen von $\mathbf{u}_i$ bzw. $\mathbf{u}$. Wenn nämlich $\mathbf{y}_{i1}, \ldots, \mathbf{y}_{iN_i}$ die extremalen Punkte von Y_i bezeichnen, wenn folglich in (H.16) $\mathsf{Y}_i = [\mathbf{y}_{i1}, \ldots, \mathbf{y}_{iN_i}]$ geschrieben werden kann, so ist wegen der Bewertbarkeit von $\mathbf{u}$

$$\varphi_i(\mathbf{u}_i) = \min_{\mathbf{y}_i \in \mathsf{Y}} \mathbf{y}_i' \mathbf{u}_i = \min \{\mathbf{y}_{i1}' \mathbf{u}_i, \ldots, \mathbf{y}_{iN_i}' \mathbf{u}_i\}, \tag{H.30}$$

$\varphi_i(\mathbf{u}_i)$ $(i = 1, \ldots, n)$ ist also die untere Einhüllende von endlich vielen linearen Funktionen und das gleiche gilt auch für $\varphi(\mathbf{u})$.

Unter der aus der VZI-Aufgabe durch die Sektorenzerlegung (H.6) und durch die auf die obige Weise festgelegte Auswahl der zulässigen zentralen Programmmenge entstehenden *Zweiebenenaufgabe* verstehen wir die untenfolgende eingehend beschriebene Aufgabe:

1. Auf »zentraler Ebene« sind die das maximale Gesamtoptimum erzeugenden zulässigen zentralen Programme zu bestimmen, mit anderen Worten, es ist die konkave Programmierungsaufgabe

$$\mathbf{u} \in \mathsf{U}, \ \varphi(\mathbf{u}) \to \max! \tag{H.31}$$

zu lösen oder die aus den *optimalen zentralen Programmen* bestehende Menge

$$\mathsf{U}^* = \{\mathbf{u}^* : \varphi(\mathbf{u}^*) = \max_{\mathbf{u} \in \mathsf{U}} \varphi(\mathbf{u})\} \tag{H.32}$$

zu bestimmen.

2. Auf »Sektorebene« sind in jedem Sektor die zu den optimalen zentralen Programmkomponenten gehörenden optimalen Sektorprogramme zu bestimmen, mit anderen Worten, mit jedem $\mathbf{u}^* = [\mathbf{u}_1^{*\prime}, \ldots, \mathbf{u}_n^{*\prime}]' \in \mathsf{U}^*$ sind die Sektorenaufgaben

$$\mathbf{A}_i \mathbf{x}_i \leqq \mathbf{u}_i^*, \ \mathbf{x}_i \geqq \mathbf{0}, \ \mathbf{c}_i' \mathbf{x}_i \to \max! \tag{H.33}$$

zu lösen, also die unter (H.11) definierten Mengen $\mathsf{X}^*(\mathbf{u}_i^*)$ $(i = 1, \ldots, n)$ zu bestimmen.

3. Es sind die aus den optimalen Sektorprogrammen mit den optimalen zentralen Programmen sich ergebenden VZI-Programme zusammenzusetzen, d. h. es ist die Vereinigung der Mengen

$$\mathsf{X}^*(\mathbf{u}^*) = \mathsf{X}_1^*(\mathbf{u}_1^*) \times \ldots \times \mathsf{X}_n^*(\mathbf{u}_n^*) =$$

$$= \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^* \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^* \end{bmatrix} : \mathbf{x}_1^* \in \mathsf{X}_1^*(\mathbf{u}_1^*), \ldots, \mathbf{x}_n^* \in \mathsf{X}_n^*(\mathbf{u}_n^*) \right\}, \tag{H.34}$$

also die Menge $\bigcup_{\mathbf{u}^* \in \mathsf{U}^*} \mathsf{X}^*(\mathbf{u}^*)$ zu bilden.

Die Beziehung zwischen der VZI-Aufgabe und der oben definierten Zweiebenenaufgabe gibt der folgende Satz an:

Satz 1. Jede aus einer lösbaren VZI-Aufgabe sich ergebende Zweiebenenaufgabe ist lösbar, und ihre Lösung ist mit der Lösung der VZI-Aufgabe äquivalent:

$$\mathsf{U}^* \neq \mathsf{O} \text{ und } \mathsf{X}^* = \bigcup_{\mathbf{u}^* \in \mathsf{U}^*} \mathsf{X}^*(\mathbf{u}^*). \tag{H.35}$$

Der maximale Wert des Gesamtoptimums ist gleich dem Optimum der VZI-Aufgabe:

$$\max_{\mathbf{u} \in \mathsf{U}} \varphi(\mathbf{u}) = \max_{\mathbf{x} \in \mathsf{X}} \mathbf{c}'\mathbf{x} = \Phi\,. \tag{H.36}$$

Beweis:

Die Behauptungen des Satzes lassen sich aus folgenden Beziehungen ablesen:

$$\Phi = \max_{\mathbf{x} \in \mathsf{X}} \mathbf{c}'\mathbf{x} = \max \{\mathbf{c}'\mathbf{x} : \mathbf{x} \in \bigcup_{\mathbf{u} \in \mathsf{X}} \mathsf{X}(\mathbf{u})\} = \max_{\mathbf{u} \in \mathsf{U}} \left(\max_{\mathbf{x} \in \mathsf{X}(\mathbf{u})} \mathbf{c}'\mathbf{x} \right) =$$

$$= \max_{\mathbf{u} \in \mathsf{U}} \left\{ \sum_{i=1}^{n} \max_{\mathbf{x}_i \in \mathsf{X}_i(\mathbf{u}_i)} \mathbf{c}_i'\mathbf{x}_i \right\} = \max_{\mathbf{u} \in \mathsf{X}} \varphi(\mathbf{u})\,. \tag{H.37}$$

H. 7. Das zugehörige polyedrische Spiel

Die Zielfunktion der auf der »zentralen Ebene« als Zweiebenenaufgabe zu lösenden konkaven Optimierungsaufgabe ist das Gesamtoptimum $\varphi(\mathbf{u})$. Diese Funktion ist durch die Daten der VZI-Aufgabe und durch die Sektorenzerlegung nur in impliziter Form gegeben. Deshalb bringen wir die Zweiebenenaufgabe auf eine Form, die zur Lösung geeigneter ist. Bezeichne V die Menge der aus den *zulässigen Sektorschattenpreissystemen* nach (H.12) zusammengesetzten Vektoren:

$$\mathsf{V} = \mathsf{Y}_1 \times \ldots \times \mathsf{Y}_n = \{\mathbf{v} = \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{y}_n \end{bmatrix} : \mathbf{y}_1 \in \mathsf{Y}_1, \ldots, \mathbf{y}_n \in \mathsf{Y}_n\}\,, \tag{H.38}$$

dann erhalten wir für das Gesamtoptimum folgende Darstellung:

$$\varphi(\mathbf{u}) = \sum_{i=1}^{n} \varphi_i(\mathbf{u}_i) = \sum_{i=1}^{n} \min_{\mathbf{y}_i \in Y_i} \mathbf{y}_i' \mathbf{u}_i =$$

$$= \min_{\mathbf{y}_i \in Y_i} \sum_{i=1}^{n} \mathbf{y}_i' \mathbf{u}_i = \min_{\mathbf{v} \in V} \mathbf{v}'\mathbf{u}, \quad i = 1,\ldots,n. \tag{H.39}$$

Daraus ergibt sich für das VZI-Optimum auf Grund von (H.36)

$$\Phi = \max_{\mathbf{u} \in U} \min_{\mathbf{v} \in V} \mathbf{v}'\mathbf{u}. \tag{H.40}$$

Definieren wir hiernach ein polyedrisches Spiel[1] folgendermaßen: U sei die Strategiemenge des maximierenden, V jedoch die Strategiemenge des minimierenden Spielers, die homogene bilineare Funktion $\mathbf{v}'\mathbf{u}$ ($\mathbf{u} \in U$, $\mathbf{v} \in V$) sei die Auszahlungsfunktion des Spieles. Den maximierenden Spieler kann man mit der »Zentrale«, den minimierenden Spieler mit der »Sektorengesamtheit« identifizieren;[2] dementsprechend kann man statt zulässiges zentrales Programm *zentrale Strategie*, statt Vektor der zulässigen Sektorenschattenpreissysteme *Sektorengesamtheit-Strategie* sagen und für beide Strategien kann von den auf die einzelnen Sektoren entfallenden *Komponenten* dieser Strategie gesprochen werden. Das derart definierte Spiel nennen wir das zu der entsprechenden Zweiebenenaufgabe gehörende oder das zu der VZI-Aufgabe mit gegebener Sektorenzerlegung und gegebener Auswahl der zulässigen zentralen Programmenge *gehörende polyedrische Spiel* und bezeichnen es kurz mit (U, V). Die Relation (H.40) bringt zum Ausdruck, daß das Optimum der VZI-Aufgabe der untere Maximin-Wert des daraus abgeleiteten polyedrischen Spieles ist. Mit dem Zusammenhang zwischen der VZI-Aufgabe, der aus ihr abgeleiteten Zweiebenenaufgabe und dem polyedrischen Spiel befaßt sich der folgende

Satz 2. Das zu einer lösbaren VZI-Aufgabe gehörende polyedrische Spiel ist ebenfalls lösbar, und sein Wert ist gleich dem VZI-Optimum. Die optimalen Strategien des »zentralen Spielers« sind die in der entsprechenden Zweiebenenaufgabe auftretenden optimalen zentralen Programme. Unter den optimalen Strategien des »Spielers der Sektorengesamtheit« gibt es immer eine Strategie, deren Sektorenkomponenten übereinstimmen; die notwendige und hinreichende Bedingung dafür, daß eine Sektorenstrategie mit für die Sektoren übereinstimmenden Komponenten optimal ist, besteht darin, daß zu einer beliebigen zentralen Strategie eine optimale Gegenstrategie existiert;[3] *bei einer optimalen Sektorenstrategie mit überein-*

[1] Vgl. *Ph. Wolfe* [179]. Für unseren Fall gilt $m = n$, $X = U$, $Y = V$, $A =$ Einheitsmatrix.

[2] Zur Definition des »Spielers« siehe z. B. das Buch von *J. C. C. McKinsey* ([124] Seite 4, Absatz 3).

[3] $\hat{\mathbf{v}} \in V$ ist eine optimale Gegenstrategie zur zentralen Strategie $\mathbf{u} \in U$, wenn

$$\hat{\mathbf{v}}'\mathbf{u} = \min_{\mathbf{v} \in V} \mathbf{v}'\mathbf{u} = \varphi(\mathbf{u}) \quad \text{ist.}$$

stimmenden Sektorenkomponenten bildet diese gemeinsame Sektorenkomponente ein optimales VZI-Schattenpreissystem und umgekehrt ist jede aus einem optimalen VZI-Schattenpreissystem konstruierte Sektorenstrategie mit in allen Sektoren übereinstimmenden Komponenten im zugehörigen polyedrischen Spiel optimal.

Beweis:

1. Für eine lösbare VZI-Aufgabe existiert das VZI-Optimum Φ und ist endlich, andererseits ist es nach (H.34) gleich dem Maximin-Wert des polyedrischen Spiels (U, V). Daraus folgt nach dem Satz von *Wolfe* [177], daß Φ zugleich auch der obere Minimax-Wert des Spieles ist,

$$\Phi = \max_{\mathbf{u}\in\mathsf{U}} \min_{\mathbf{v}\in\mathsf{V}} \mathbf{v}'\mathbf{u} = \min_{\mathbf{v}\in\mathsf{V}} \sup_{\mathbf{u}\in\mathsf{U}} \mathbf{v}'\mathbf{u}\,, \tag{H.41}$$

folglich ist (U,V) lösbar, sein Wert ist Φ und beide Spieler besitzen optimale Strategien.

2. Da nach (H.39) $\varphi(\mathbf{u})$ das Minimum der Auszahlungsfunktion $\mathbf{v}'\mathbf{u}$ auf der Menge V ist, stimmt die aus den optimalen Strategien des zentralen Spielers bestehende Menge mit der Menge U^* von (H.32) überein.

3. Mit der Bezeichnung von (H.3) bis (H.12) wird zuerst gezeigt, daß

$$\mathsf{Y}_1^*(\mathbf{u}_1) \cap \ldots \cap \mathsf{Y}_n^*(\mathbf{u}_n) = \begin{cases} \mathsf{Y}^* & \text{, wenn } \mathbf{u}\in\mathsf{U}^* \\ \mathsf{O} & \text{, wenn } \mathbf{u}\notin\mathsf{U}^*\,, \end{cases} \tag{H.42}$$

folglich gibt es nur zu den optimalen zentralen Strategien – hier jedoch immer – eine optimale Gegenstrategie mit in allen Sektoren übereinstimmenden Komponenten, und die gemeinsame Komponente ist ein optimales VZI-Schattenpreissystem. Zum Beweis von (H.42) wird einerseits gezeigt, daß für $\mathbf{y}^* \in \mathsf{Y}^*$ und $\mathbf{u}^*\in\mathsf{U}^*$ die Beziehung $\mathbf{y}^*\in\mathsf{Y}_i^*(\mathbf{u}_i^*)$ $(i = 1, \ldots, n)$ gilt.
Sonst wäre nämlich

$$\Phi = \varphi(\mathbf{u}^*) = \sum_{i=1}^{n} \min_{\mathbf{y}_i\in\mathsf{Y}_i} \mathbf{y}_i'\mathbf{u}_i^* < \sum_{i=1}^{n} \mathbf{y}^{*\prime}\mathbf{u}_i^* =$$

$$= \mathbf{y}^{*\prime} \sum_{i=1}^{n} \mathbf{u}_i^* = \mathbf{y}^{*\prime}\mathbf{b} = \Phi\,,$$

was aber unmöglich ist. Andererseits gelten umgekehrt für $\hat{\mathbf{y}}\in\mathsf{Y}_i^*$ $(\hat{\mathbf{u}}_i,$ $(i = 1, \ldots, n)$ die Beziehungen $\hat{\mathbf{y}}\in\mathsf{Y}^*$ und $\hat{\mathbf{u}}\in\mathsf{U}^*$. Es sei nämlich $\mathbf{y}\in\mathsf{Y}$ beliebig) dann ist

$$\mathbf{y}'\mathbf{b} = \mathbf{y}' \sum_{i=1}^{n} \hat{\mathbf{u}}_i = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{y}'\hat{\mathbf{u}}_i \geqq \sum_{i=1}^{n} \min_{\mathbf{y}_i\in\mathsf{Y}_i} \mathbf{y}_i'\,\hat{\mathbf{u}}_i =$$

$$= \sum_{i=1}^{n} \varphi_i(\hat{\mathbf{u}}_i) = \varphi(\hat{\mathbf{u}}) = \sum_{i=1}^{n} \hat{\mathbf{y}}'\hat{\mathbf{u}}_i = \hat{\mathbf{y}}' \sum_{i=1}^{n} \hat{\mathbf{u}}_i = \hat{\mathbf{y}}'\mathbf{b},$$

folglich gilt $\mathbf{y}'\mathbf{b} \geqq \hat{\mathbf{y}}'\mathbf{b}$, das heißt $\hat{\mathbf{y}} \in \mathsf{Y}^*$. Hieraus folgt weiter, daß $\varphi(\hat{\mathbf{u}}) = \hat{\mathbf{y}}'\,\mathbf{b} = \Phi$, also $\hat{\mathbf{u}} \in \mathsf{U}^*$. Damit wurde (H.42) bewiesen. Zur Vervollständigung des Beweises von Satz 2 muß nur noch bestätigt werden, daß für ein beliebiges optimales VZI-Schattenpreissystem $\mathbf{y}^*$ die Sektorenstrategie $\tilde{\mathbf{v}}^* = [\mathbf{y}^{*\prime}, \ldots, \mathbf{y}^{*\prime}]'$ mit für alle Sektoren übereinstimmenden Komponenten $\mathbf{y}^*$ eine optimale Sektorenstrategie ist. Hierzu genügt es, nachzuweisen, daß $\tilde{\mathbf{v}}^*$ zusammen mit einer beliebigen optimalen zentralen Strategie $\mathbf{u}^* \in \mathsf{U}^*$ den Sattelpunkt $(\mathbf{u}^*, \mathbf{v}^*)$ der Funktion $\mathbf{v}'\mathbf{u}$ auf (U, V) bildet. Es sei folglich $\mathbf{u}^* = [\mathbf{u}_1^{*\prime}, \ldots, \mathbf{u}_n^{*\prime}]'$ die gewählte optimale zentrale Strategie, $\mathbf{u} = [\mathbf{u}_1', \ldots, \mathbf{u}_n']' \in \mathsf{U}$, bzw. $\mathbf{v} = [\mathbf{y}_1', \ldots, \mathbf{y}_n']' \in \mathsf{V}$ seien beliebig. Dann gilt

$$\mathbf{v}^{*\prime}\mathbf{u} = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{y}^{*\prime}\mathbf{u}_i = \mathbf{y}^{*\prime} \sum_{i=1}^{n} \mathbf{u}_i = \mathbf{y}^{*\prime}\mathbf{b} = \Phi = \mathbf{y}^{*\prime} \sum_{i=1}^{n} \mathbf{u}_i^* =$$

$$= \sum_{i=1}^{n} \mathbf{y}^{*\prime}\mathbf{u}_i^* = \tilde{\mathbf{v}}^{*\prime}\mathbf{u}^* \leqq \sum_{i=1}^{n} \mathbf{y}_i'\,\mathbf{u}_i^* = \mathbf{v}'\mathbf{u}^*,$$

das heißt $\tilde{\mathbf{v}}^{*\prime}\mathbf{u} \leqq \tilde{\mathbf{v}}^{*\prime}\mathbf{u}^* \leqq \mathbf{v}'\mathbf{u}^*$. Damit ist der Beweis des Satzes 2 beendet.

H. 8. Die Regularität

Im vorigen Abschnitt wurde die VZI-Aufgabe auf die Lösung des aus ihr abgeleiteten polyedrischen Spieles (U, V) zurückgeführt. Zur Lösung wird eine Methode gesucht, die die Zerlegung der Aufgabe ausnutzt und die aus Teilberechnungen aufgebaut ist, die in der Zentrale bzw. in den Sektoren getrennt ausgeführt werden können. Hierzu müssen einige Regularitäts-Bedingungen eingeführt werden. (Abschnitt H.12 zeigt, daß jede lineare Optimierungsaufgabe so zerlegbar ist, daß das zu ihr gehörende polyedrische Spiel im angegebenen Sinne regulär ist.) Wir definieren den Begriff der *bewertbaren Sektorenstrategie* oder des *bewertbaren Sektorenschattenpreissystem-Vektors*. Darunter verstehen wir eine Sektorenstrategie, $\mathbf{v} \in \mathsf{V}$, zu der eine optimale zentrale Gegenstrategie existiert, für die also die lineare Optimierungsaufgabe

$$\mathbf{u} \in \mathsf{U},\ \mathbf{v}'\mathbf{u} \to \max! \tag{H.43}$$

lösbar ist. Wir nennen ein polyedrisches Spiel regulär, wenn alle seine Sektorenstrategien bewertbar sind. Dabei muß beachtet werden, daß nach der Definition der Zweiebenenaufgabe jedes Element von U eine bewertbare zentrale Strategie, also ein zentrales Programm $\mathbf{u}$ ist, für das die lineare Optimierungsaufgabe

$$\mathbf{v} \in \mathsf{V},\ \mathbf{v}'\mathbf{u} \to \min! \tag{H.44}$$

lösbar ist. Für ein reguläres polyedrisches Spiel existiert folglich zu jeder Strategie beider Spieler eine optimale Gegenstrategie. Hieraus folgt, daß jedes reguläre

polyedrische Spiel strategisch auf ein Matrixspiel[1] reduzierbar[2] ist. Es sei nämlich $\mathbf{U} = \mathbf{U}^{\triangle} + \overline{\mathbf{U}}^{<}$ bzw. $\mathbf{V} = \mathbf{V}^{\triangle} + \overline{\mathbf{V}}^{<}$ die kanonische Zerlegung der dargestellten Strategiemengen. Hierbei haben die Elemente von $\mathbf{U}$ die Form $\mathbf{u} = \mathbf{Up} + \lambda\,\overline{\mathbf{U}}\overline{\mathbf{p}}$ ($\mathbf{p}$ und $\overline{\mathbf{p}}$ sind Wahrscheinlichkeitsvektoren, λ ist eine nicht-negative Zahl), die Elemente von $\mathbf{V}$ die Form $\mathbf{v} = \mathbf{Vq} + \mu\,\overline{\mathbf{V}}\overline{\mathbf{q}}$ ($\mathbf{q}$ und $\overline{\mathbf{q}}$ sind Wahrscheinlichkeitsvektoren, μ ist eine nicht-negative Zahl), die Zielfunktion der Optimierungsaufgaben (H.43) und (H.44) kann also in der Form

$$\mathbf{v}'\mathbf{u} = (\mathbf{q}'\mathbf{V}' + \mu\,\overline{\mathbf{q}}'\overline{\mathbf{V}}')(\mathbf{Up} + \lambda\overline{\mathbf{U}}\overline{\mathbf{p}}) = \mathbf{q}'\mathbf{V}'\mathbf{Up} + \lambda\mathbf{q}'\mathbf{V}'\mathbf{Up} +$$

$$+ \mu\overline{\mathbf{q}}'\overline{\mathbf{V}}'\mathbf{Up} + \lambda\mu\overline{\mathbf{q}}'\overline{\mathbf{V}}'\overline{\mathbf{U}}\overline{\mathbf{p}} \tag{H.45}$$

geschrieben werden. Daraus folgt:

$$\sup_{\mathbf{u}\in\mathbf{U}} \mathbf{v}'\mathbf{u} = \sup_{\mathbf{p},\lambda,\overline{\mathbf{p}}} (\mathbf{q}'\mathbf{V}' + \mu\,\overline{\mathbf{q}}'\overline{\mathbf{V}}')(\mathbf{Up} + \lambda\,\overline{\mathbf{U}}\overline{\mathbf{p}}) =$$

$$= \max_{\mathbf{p}} (\mathbf{q}'\mathbf{V}'\mathbf{U}' + \mu\,\overline{\mathbf{q}}\,\overline{\mathbf{V}}'\mathbf{U})\mathbf{p} + \tag{H.46}$$

$$+ \sup_{\lambda \geqq 0} \lambda\cdot\{\max (\mathbf{q}'\mathbf{V}'\mathbf{U} + \mu\,\overline{\mathbf{q}}'\overline{\mathbf{V}}'\overline{\mathbf{U}})\overline{\mathbf{p}}\}.$$

Da alle $\mathbf{v}$ bewertbar sind, ist die Summe (H.46) bei jeder Wahl von $\mathbf{q}$, μ und $\overline{\mathbf{q}}$ endlich. Hieraus folgt auch, daß bei jeder Wahl von $\mathbf{q}$, μ, $\overline{\mathbf{q}}$

$$\max_{\overline{\mathbf{p}}} (\mathbf{q}'\mathbf{V}'\mathbf{U} + \mu\,\overline{\mathbf{q}}'\overline{\mathbf{V}}'\overline{\mathbf{U}})\overline{\mathbf{p}} \leqq 0 \;\Rightarrow\; \mathbf{q}'\mathbf{V}'\overline{\mathbf{U}} + \mu\,\overline{\mathbf{q}}'\overline{\mathbf{V}}'\overline{\mathbf{U}} \leqq \mathbf{0} \tag{H.47}$$

gilt. Mit $\mu = 0$ gilt $\mathbf{q}'\mathbf{V}'\overline{\mathbf{U}} \leqq \mathbf{0}$, für jedes $\mathbf{q}'$, das heißt

$$\mathbf{V}'\overline{\mathbf{U}} \leqq \mathbf{O}. \tag{H.48}$$

Andererseits gilt $\mathbf{q}'\mathbf{V}'\mathbf{U} \leqq \mathbf{0}$ für jedes $\mathbf{q}'$, sonst würde für hinreichend große positive μ (H.47) nicht mehr zutreffen. Daraus folgt

$$\overline{\mathbf{V}}'\overline{\mathbf{U}} \leqq \mathbf{O}. \tag{H.49}$$

Ähnlich folgt aus (H.44), daß

$$\overline{\mathbf{V}}'\mathbf{U} \geqq \mathbf{O} \tag{H.50}$$

und

$$\overline{\mathbf{V}}'\overline{\mathbf{U}} \geqq \mathbf{O}. \tag{H.51}$$

Aus der Gegenüberstellung von (H.49) und (H.51) folgt also zusammenfassend:

$$\mathbf{V}'\overline{\mathbf{U}} \leqq \mathbf{O}, \quad \overline{\mathbf{V}}'\overline{\mathbf{U}} = \mathbf{O}, \quad \overline{\mathbf{V}}'\mathbf{U} \geqq \mathbf{O}. \tag{H.52}$$

[1] Die Definition des Matrixspiels siehe z. B. im Buche von *S. Karlin* ([63] Seite 17).

[2] Wir sagen, daß ein Spiel auf ein anderes Spiel *strategisch reduzierbar* ist, wenn letzteres lösbar und jede Lösung (optimales Strategie-Paar) zugleich auch Lösung des ursprünglichen Spiels ist.

Wir bemerken, daß aus diesen mit der Regularität des polyedrischen Spiels äquivalenten Bedingungen folgt, daß zu einer beliebigen Strategie $\mathbf{u} = \mathbf{Up} + \lambda \overline{\mathbf{Up}} \in \mathsf{U}$ eine Strategie $\mathbf{u}^{\Delta} = \mathbf{Up} \in \mathsf{U}^{\Delta}$ zu finden ist, für die

$$\mathbf{v}'\mathbf{u} \leqq \mathbf{v}'\mathbf{u}^{\Delta} \quad \text{wenn} \quad \mathbf{v} \in \mathsf{V} \tag{H.53}$$

und zur beliebigen Strategie $\mathbf{v} = \mathbf{Vq} + \mu \overline{\mathbf{Vq}} \in \mathsf{V}$ eine Strategie $\mathbf{v}^{\Delta} = \mathbf{Vq} \in \mathsf{V}^{\Delta}$ zu finden ist, für die

$$\mathbf{v}'\mathbf{u} \geqq \mathbf{v}^{\Delta\prime}\mathbf{u} \quad \text{wenn} \quad \mathbf{u} \in \mathsf{U}, \tag{H.54}$$

das heißt, die Elemente von U außerhalb $\mathbf{U}^{\Delta}$ bzw. die Elemente von V außerhalb $\mathbf{V}^{\Delta}$ werden von Elementen innerhalb $\mathbf{U}^{\Delta}$ bzw. $\mathbf{V}^{\Delta}$ (in weiterem Sinne) dominiert.

Deshalb ist das polyedrische Spiel (U, V) strategisch auf das polyedrische Spiel $(\mathbf{U}^{\Delta}, \mathbf{V}^{\Delta})$ reduzierbar; dieses ist jedoch zum Matrixspiel mit der Auszahlungsmatrix $\mathbf{V}'\mathbf{U}$ isomorph.

H. 9. Das fiktive Abspielen

Hier muß darauf hingewiesen werden, daß das Matrixspiel $\mathbf{V}'\mathbf{U}$ nur in impliziter Form angegeben ist, da wir ja die Matrix $\mathbf{V}'\mathbf{U}$ nicht unmittelbar kennen; wir wissen nur, daß $\mathbf{U}$ aus den extremalen Punkten der durch die zentralen Ungleichungssysteme bestimmten konvexen polyedrischen Menge U und V aus den extremalen Punkten der durch die Ungleichungssysteme der Sektoren bestimmten konvexen polyedrischen Menge V zusammengestellten Matrizen besteht.

Wenn wir also eine Lösung eines regulären polyedrischen Spiels (U, V) durch die Lösung dieses Matrixspiels mit der Matrix $\mathbf{V}'\mathbf{U}$ bestimmen wollen, können die direkten Rechenverfahren – abgesehen von den Schwierigkeiten einer Berechnung, die mindestens ebenso umfangreich ist wie die der ursprünglichen VZI-Aufgabe – nicht angewandt werden. Dagegen ist die Anwendung der *Brown–Robinson*schen Methode *des fiktiven Abspielens* möglich.[1] Wie oben gezeigt, kann zu jeder zentralen Strategie $\mathbf{u} \in \mathsf{U}$ eines regulären polyedrischen Spiels eine optimale Gegenstrategie $\mathbf{v}^*(\mathbf{u}) \in \mathbf{V}^{\Delta}$ und zu jeder Sektorenstrategie $\mathbf{v} \in \mathsf{V}$ eine optimale Gegenstrategie $\mathbf{u}^*(\mathbf{v}) \in \mathbf{U}^{\Delta}$ angegeben werden, für die also

$$\mathbf{v}^*(\mathbf{u})'\mathbf{u} = \min_{\mathbf{v} \in \mathsf{V}} \mathbf{v}'\mathbf{u} \quad \text{und} \quad \mathbf{v}'\mathbf{u}^*(\mathbf{v}) = \max_{\mathbf{u} \in \mathsf{U}} \mathbf{v}'\mathbf{u} \tag{H.55}$$

gilt. Die Bestimmung von $\mathbf{v}^*(\mathbf{u})$ nennen wir *reguläre Bewertung* von $\mathbf{u}$, die Bestimmung von $\mathbf{u}^*(\mathbf{v})$ reguläre Bewertung von $\mathbf{v}$ (die reguläre Bewertung bedeutet jedesmal die Lösung einer linearen Optimierungsaufgabe, genauer die Bestimmung einer Basislösung). Wir verstehen unter dem *regulären fiktiven Abspielen*

[1] *G. W. Brown* [16], [17]; *Julia Robinson* [150], ausführliche Diskussion bei *S. Karlin* ([63] Seite 179–189).

eines regulären polyedrischen Spiels $(\mathbf{U}, \mathbf{V})$ die Konstruktion von Strategiefolgen $\mathbf{u}^*\langle 1\rangle$, $\mathbf{u}^*\langle 2\rangle, \ldots, \mathbf{u}^*\langle N\rangle, \ldots$ aus $\mathbf{U}^\Delta$ bzw. von Strategiefolgen $\mathbf{v}^*\langle 1\rangle$, $\mathbf{v}^*\langle 2\rangle, \ldots, \mathbf{v}^*\langle N\rangle, \ldots$ aus $\mathbf{V}^\Delta$ nach folgender Regel:

1. Phase

1. Schritt: wir wählen eine beliebige zentrale Strategie $\mathbf{u}^{(1)} \in \mathbf{U}^\Delta$.
2. Schritt: (in dieser Phase nach Definition) $\mathbf{u}^*\langle 1\rangle = \mathbf{u}^{(1)}$.
3. Schritt: (Die reguläre Bewertung von $\mathbf{u}^*\langle 1\rangle$): Bestimmung von $\mathbf{v}^{(1)} = \mathbf{v}^*(\mathbf{u}^*\langle 1\rangle)$.
4. Schritt: (in dieser Phase nach Definition) $\mathbf{v}^*\langle 1\rangle = \mathbf{v}^{(1)}$.

Sodann gehen wir zur 2., 3., ... Phase über.

N-te Phase $(N = 2, 3, \ldots)$

1. Schritt (reguläre Bewertung von $\mathbf{v}^*\langle N-1\rangle$): bestimme $\mathbf{u}^{(N)} = \mathbf{u}^*(\mathbf{v}^*\langle N-1\rangle)$.
2. Schritt (»Mischen« mit der Strategie voriger Phase): berechne $\mathbf{u}^*\langle N\rangle =$

$$= \frac{N-1}{N}\,\mathbf{u}^*\langle N-1\rangle + \frac{1}{N}\,\mathbf{u}^{(N)}.$$

3. Schritt (reguläre Bewertung $\mathbf{u}^*\langle N\rangle$): bestimme $\mathbf{v}^{(N)} = \mathbf{v}^*(\mathbf{u}^*\langle N\rangle)$.
4. Schritt (»Mischen« mit der Strategie der vorigen Phase): berechne $\mathbf{v}^*\langle N\rangle =$

$$= \frac{N-1}{N}\,\mathbf{v}^*\langle N-1\rangle + \frac{1}{N}\,\mathbf{v}^{(N)}.$$

Da jedes reguläre polyedrische Spiel strategisch auf ein Matrixspiel reduzierbar ist, kann in der Minimax-Relation (H.41) max an Stelle von sup geschrieben werden. Aus dieser Relation läßt sich auf Grund der Definition der Bewertungen leicht ableiten, daß das *obere Optimum* im N-ten Abschnitt

$$\Phi^*\langle N\rangle = \max_{\mathbf{u}\in\mathbf{U}} \mathbf{v}^*\langle N-1\rangle'\mathbf{u} = \max_{\mathbf{u}\in\mathbf{U}^\Delta} \mathbf{v}^*\langle N-1\rangle'\mathbf{u} = \mathbf{v}^*\langle N-1\rangle'\mathbf{u}^{(N)}$$

$(N = 2, 3, \ldots)$ eine obere Abschätzung, das *untere Optimum*

$$\varphi^*\langle N\rangle = \min_{\mathbf{v}\in\mathbf{V}} \mathbf{v}'\mathbf{u}^*\langle N\rangle = \min_{\mathbf{v}\in\mathbf{V}^\Delta} \mathbf{v}'\mathbf{u}^*\langle N\rangle = \mathbf{v}^{(N)\prime}\,\mathbf{u}^*\langle N\rangle$$

$(N = 1, 2, \ldots)$ jedoch eine untere Abschätzung für das VZI-Optimum Φ geben:

$$\Phi^*\langle N\rangle \geqq \Phi \quad (N = 2, 3, \ldots), \quad \varphi^*\langle N\rangle \leqq \Phi \quad (N = 1, 2, \ldots); \tag{H.56}$$

denn

$$\Phi^*\langle N\rangle = \max_{\mathbf{u}\in\mathbf{U}} \mathbf{v}^*\langle N-1\rangle'\,\mathbf{u} \geqq \min_{\mathbf{v}\in\mathbf{V}} \max_{\mathbf{u}\in\mathbf{U}} \mathbf{v}'\mathbf{u} = \Phi \tag{H.57}$$

und

$$\varphi^*\langle N\rangle = \min_{\mathbf{v}\in\mathbf{V}} \mathbf{v}'\mathbf{u}^*\langle N^*\rangle \leqq \max_{\mathbf{u}\in\mathbf{U}} \min_{\mathbf{v}\in\mathbf{V}} \mathbf{v}'\mathbf{u} = \Phi\,. \tag{H.58}$$

Da ferner die Folgen wegen ihrer Konstruktion auch das fiktive Abspielen des Matrixspiels $\mathbf{V}'\,\mathbf{U}$ bedeuten, gilt der Brown–Robinsonsche Satz. Deshalb ist

$$\lim_{N\to\infty} \Phi^*\langle N\rangle = \lim_{N\to\infty} \varphi^*\langle N\rangle = \Phi \tag{H.59}$$

und die Häufungspunkte der Folgen $\{\mathbf{u}^*\langle N\rangle\}$ bzw. $\{\mathbf{v}^*\langle N\rangle\}$ sind optimale zentrale bzw. Sektorenstrategien.

H. 10. Der Abschluß der Iteration, δ-optimale Lösung

Unter dem δ-Abschluß der Iteration des regulären fiktiven Abspielens (δ ist eine beliebig kleine positive Zahl) verstehen wir den folgenden Abschluß der oberen Konstruktion: es sei N_δ die kleinste positive ganze Zahl, für die

$$\Phi^*\langle N_\delta\rangle - \varphi^*\langle N_\delta\rangle \leqq \delta \quad \text{oder} \quad \Phi^*\langle N_\delta + 1\rangle - \varphi^*\langle N_\delta\rangle \leqq \delta \tag{H.60}$$

erfüllt wird; auf Grund von (H.56) und (H.59) läßt sich zu beliebig kleinem positiven δ ein derartiges N_δ finden. Dann verfahren wir folgendermaßen: 1. Wir hören mit der Iteration nach dem 3. Schritt der N-ten Phase oder nach dem 1. Schritt der $(N_\delta + 1)$-ten Phase auf (je nachdem, ob in (H.60) die erste oder die zweite Ungleichung erfüllt wird). 2. In den Sektoren lösen wir die linearen Optimierungsaufgaben

$$\mathbf{A}_i\,\mathbf{x}_i \leqq \mathbf{u}_i^*\langle N_\delta\rangle,\ \mathbf{x}_i \geqq \mathbf{0}, \quad \mathbf{c}_i'\mathbf{x}_i \to \max!,\ i = 1,\ldots,n. \tag{H.61}$$

3. Aus den so gewonnenen Sektorenprogrammen $\mathbf{X}_i^{\delta*}$ setzen wir das zulässige VZI-Programm $\mathbf{x}^{\delta*} = [\mathbf{x}_1^{\delta*\prime},\ldots,\mathbf{x}_n^{\delta*\prime}]'$ zusammen. Da

$$\mathbf{c}'\mathbf{x}^{\delta*} = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{c}_i'\mathbf{x}_i^{\delta*} = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{y}_i^*(\mathbf{u}_i^*\langle N_\delta\rangle)'\,\mathbf{u}_i^*\langle N_\delta\rangle =$$

$$= \mathbf{v}^*(\mathbf{u}^*\langle N_\delta\rangle)'\,\mathbf{u}^*\langle N_\delta\rangle = \varphi^*\langle N_\delta\rangle$$

ist, gilt auf Grund von (H.60)

$$\Phi - \delta \leqq \mathbf{c}'\mathbf{x}^{\delta*} \leqq \Phi. \tag{H.62}$$

Beim Bestehen von (H.62) bezeichnen wir $\mathbf{x}^{\delta*}$ als *δ-optimales* VZI-Programm.

H. 11. Die Angleichung der Schattenpreise

Als Ergänzung befassen wir uns mit dem Fall, daß das polyedrische Spiel $(\mathbf{U}, \mathbf{V})$ für den Spieler der Sektorengesamtheit eindeutig lösbar ist. In diesem Fall hat auch das zugehörige Matrixspiel mit der Matrix $\mathbf{V}'\mathbf{U}$ diese Eigenschaft; die Folge $\{\mathbf{v}^*\langle N\rangle\}$ ist nach dem zitierten Brown–Robinsonschen Satz konvergent und ihr Grenzwert ist die eindeutige optimale Sektorenstrategie. Auf Grund des 3. Teils des Satzes 2 ist dieser Grenzwert nichts anderes als der Sektorenschatten-

preissystem-Vektor, von dem jede Sektorenkomponente (als Folge der obigen Bedingungen) das eindeutige optimale VZI-Schattenpreissystem ist.

Die Ergebnisse der Abschnitte H.8 bis H.11 können in folgendem Satz zusammengefaßt werden:

Satz 3. Mit dem regulären fiktiven Abspielen des zu einer lösbaren VZI-Aufgabe gehörenden, regulären polyedrischen Spiels kann die VZI-Aufgabe mit beliebiger Genauigkeit in endlich vielen Schritten in dem Sinne gelöst werden, daß für ein beliebig kleines positives δ der δ-Abschluß des regulären fiktiven Abspielens zu einem δ-optimalen VZI-Programm führt. Wenn dabei das reguläre polyedrische Spiel für den Spieler der Sektorengesamtheit eindeutig lösbar ist, »gleichen sich« in der im Laufe des regulären fiktiven Abspielens gewonnenen gemischten Sektorenstrategie-Folge die auf die einzelnen Sektoren entfallenden Komponenten »an«, das heißt, sie konvergieren gegen einen gemeinsamen Grenzwert, und zwar gegen das optimale VZI-Schattenpreissystem.

H. 12. Eine allgemeine Zerlegungs- und Einbettungstechnik

1. Wir zerlegen die Matrix $\mathbf{A}$, gegebenenfalls nach Vertauschung der Spalten, in Teile $\mathbf{A}_i$ mit Zeilenvektoren von konstantem Vorzeichen. Genauer, $\mathbf{A} = [\mathbf{A}_1, \ldots, \mathbf{A}_n]$ und wenn

$$\mathbf{A}_i = \begin{bmatrix} \mathbf{a}'_{i1} \\ \vdots \\ \mathbf{a}'_{im} \end{bmatrix}, \quad i = 1, \ldots, n \tag{H.63}$$

ist, dann fordern wir, daß sämtliche Vektoren $\mathbf{a}_{ik}$ entweder $\mathbf{0}$, oder von $\mathbf{0}$ verschiedene nicht-negative bzw. nicht-positive Vektoren sind. Das bedeutet, daß die Indexmengen I_k^+, I_k^0, I_k^- $(k = 1, \ldots, m)$ und $\mathsf{K}_i^+, \mathsf{K}_i^0, \mathsf{K}_i^-$ $(i = 1, \ldots, m)$ durch nachstehende Beziehungen definiert werden können:[1]

$$\mathbf{a}_{ik} \begin{Bmatrix} \geq \\ = \\ \leq \end{Bmatrix} \mathbf{0}, \quad \text{wenn} \quad i \in \begin{Bmatrix} \mathsf{I}_k^+ \\ \mathsf{I}_k^0 \\ \mathsf{I}_k^- \end{Bmatrix}, \qquad 1 \leq k \leq m, \tag{H.64}$$

bzw.

$$\mathbf{a}_{ik} \begin{Bmatrix} \geq \\ = \\ \leq \end{Bmatrix} \mathbf{0}, \quad \text{wenn} \quad k \in \begin{Bmatrix} \mathsf{K}_i^+ \\ \mathsf{K}_i^0 \\ \mathsf{K}_i^- \end{Bmatrix}, \qquad 1 \leq i \leq n. \tag{H.65}$$

[1] $\mathbf{a} \geq \mathbf{0}$ bedeutet, daß alle Komponenten nicht-negativ sind, mindestens eine aber positiv ist (d. h. $\mathbf{a} \geq \mathbf{0}$, $\mathbf{a} \neq \mathbf{0}$). Im gleichen Sinne gebrauchen wir auch die Relation $\mathbf{a} \leq \mathbf{0}$.

2. Wir führen für jeden Sektor eine primale Hilfsvariable ein und betten so die VZI-Aufgabe in eine neue, durch $\mathbf{A}^0$, $\mathbf{x}^0$, $\mathbf{c}^0$ charakterisierbare Aufgabe ein, wobei

$$\mathbf{A}^0 = [\mathbf{A}_1^0, \ldots, \mathbf{A}_n^0] \quad \mathbf{A}_i^0 = [\mathbf{a}_{i1}^{0\prime} \ldots \mathbf{a}_{im}^{0\prime}]$$

$$\mathbf{a}_{ik}^{0\prime} = \begin{cases} [-1, \mathbf{a}_{ik}'] & \text{wenn } k \in \mathsf{K}_i^- \\ [0, \quad \mathbf{a}_{ik}'] & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\mathbf{x}^{0\prime} = [\mathbf{x}_1^{0\prime}, \ldots, \mathbf{x}_n^{0\prime}]', \qquad \mathbf{x}_i^0 = [\mathbf{x}_i^0, \mathbf{x}_i']'$$

$$\mathbf{c}^{0\prime} = [\mathbf{c}_1^{0\prime}, \ldots, \mathbf{c}_n^{0\prime}], \qquad \mathbf{c}_i^{0\prime} = [-c_0, \mathbf{c}_i'] \tag{H.66}$$

ist. Die Zahl $\mathbf{c}_0$ muß hinreichend groß gewählt werden. Es genügt, wenn z. B.

$$c_0 > \max_{\mathbf{y} \in \mathbf{Y}^\triangle} \mathbf{1}'\mathbf{y}. \tag{H.67}$$

ist.

Die i-te Sektoraufgabe lautet jetzt in primaler bzw. dualer Form

$(\mathbf{u}_i = [u_{i1}, \ldots, u_{im}]', \ \mathbf{y}_i = [y_{i1}, \ldots, y_{im}]')$:

$$\begin{cases} \mathbf{a}_{ik}\, \mathbf{x}_i \leqq u_{ik}, & \text{wenn } k \in \mathsf{K}_i^+ \\ x_i^0 + (-\mathbf{a}_{ik})'\, \mathbf{x}_i \geqq -u_{ik}, & \text{wenn } k \in \mathsf{K}_i^- \\ \mathbf{x}_i \geqq \mathbf{0}, \ x_i^0 \geqq 0 \\ -c_0\, x_i^0 + \mathbf{c}_i' \mathbf{x}_i \to \max! \end{cases} \tag{H.68}$$

$$\begin{cases} \sum\limits_{k \in \mathsf{K}_i^+} \mathbf{a}_{ik}\, y_{ik} - \sum\limits_{k \in \mathsf{K}_i^-} (-\mathbf{a}_{ik})\, y_{ik} \geqq \mathbf{c}_i \\ \sum\limits_{k \in \mathsf{K}_i^-} y_{ik} \leqq c_0 \\ y_{ik} \geqq 0 \qquad k \in \mathsf{K}_i^+ \cup \mathsf{K}_i^- \\ \sum\limits_{k \in \mathsf{K}_i^+} u_{ik}\, y_{ik} - \sum\limits_{k \in \mathsf{K}_i^-} (-u_{ik})\, y_{ik} \to \min! \end{cases} \tag{H.69}$$

3. Zum zentralen Programm gehören folgende Einschränkungen ($\mathbf{b} = [b_1, .., b_m]'$):

$$\sum_{i \in \mathsf{I}_k^+} u_{ik} - \sum_{i \in \mathsf{I}_k^-} (-u_{ik}) = b_k$$

$$\sum_{i \in \mathsf{I}_k^-} (-u_{ik}) \leqq u_k^0 \quad k = 1, \ldots, m, \tag{H.70}$$

$$u_{ik} \geqq 0, \text{ wenn } i \in \mathsf{I}_k^+, \ -u_{ik} \geqq 0, \text{ wenn } i \in \mathsf{I}_k^-.$$

Die Zahl u_k^0 muß hinreichend groß gewählt werden. Wenn N_k den größten absoluten Wert der negativen Koeffizienten, die in der k-ten Zeile der Matrix $\mathbf{A}$ stehen, bedeutet, dann genügt es, wenn

$$u_k^0 > \max\{-b_k, N_k \cdot \max_{\mathbf{x}\in\mathbf{X}^\Delta} \mathbf{1}'\mathbf{x}\}, \qquad k = 1, \ldots, m \tag{H.71}$$

ist.

4. Unter den obigen Bedingungen ist die zu der neuen VZI-Aufgabe mit dieser Zerlegung gehörende Zweiebenenaufgabe bzw. das zugehörige polyedrische Spiel im Sinne von (H.8) regulär; folglich kann der in den vorigen Abschnitten geschilderte Algorithmus angewandt werden. Wegen (H.67) und (H.71) ist ferner in den optimalen primalen Programmen der neuen VZI-Aufgabe $x_1^0 = \ldots = x_n^0 = 0$, mit anderen Worten: diese Programme sind im wesentlichen auch in der ursprünglichen Aufgabe optimal.

Die zentrale Optimierungsaufgabe, d. h. die Maximierungsaufgabe mit den Einschränkungen (H.70) mit einer aus Schattenpreiskoeffizienten gebildeten Zielfunktion zerfällt in sehr einfach lösbare »Mikrooptimierungen«. Denn, wenn die Indizes i_k^+ und i_k^- durch die Beziehungen

$$y_{i_k^+,k} = \max_{i\in I_k^+} y_{ik}, \qquad y_{i_k^-,k} = \min_{i\in I_k^-} y_{ik} \tag{H.72}$$

definierte Indexe sind, dann gilt für das »optimale« zentrale Programm mit den Schattenpreisen y_{ik}

a) für alle Indizes k mit $y_{i_k^+,k} \geqq y_{i_k^-,k}$

$$u_{ik} = \begin{cases} u_k^0 + b_k, & \text{wenn} \quad i = i_k^+ \\ -u_k^0, & \text{wenn} \quad i = i_k^- \\ 0 & \text{sonst,} \end{cases} \tag{H.73}$$

b) für alle Indizes k mit $y_{i_k^+,k} < y_{i_k^-,k}$ gilt,

$$u_{ik} = \begin{cases} \max\{0, b_k\}, & \text{wenn} \quad i = i_k^+ \\ \min\{0, b_k\}, & \text{wenn} \quad i = i_k^- \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \tag{H.74}$$

Literaturverzeichnis

Dieses Verzeichnis kann nicht als volle Bibliographie der Perspektivplanung, der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Investitionen oder der mathematischen Optimierung betrachtet werden. Es enthält ausschließlich die im Buch angeführte Literatur.

Bei den Zeitschriftenartikeln verweist die Zahl vor der Jahreszahl auf den Jahrgang, die Zahl hinter der Jahreszahl auf die Seite. Bei Zeitschriften, die ihre innerhalb eines Jahres erscheinenden Hefte nicht mit fortlaufenden Seitenzahlen versehen, ist auch die Nummer des Heftes angegeben. Dieser Hinweis erfolgt mit »Nr.«, oder es wird das genaue Erscheinungsdatum angegeben.

Bücher, Artikel, Studien

[1] Ackoff, R. L. (Red.): *Progress in Operation Research.* Vol. 1. New York—London: Wiley, 1961.

[2] Arnoff, E. L.—Sengupta, S. S.: »Mathematical programming«. Siehe [1] 105—210.

[3] Arrow, K. J.: »Alternative approaches to the theory of choice in risk-taking situations«. *Econometrica* 19 (1951) 404—437.

[4] Arrow, K. J.—Debreu, G.: »Existence of an equilibrium for a competitive economy«. *Econometrica* 22 (1954) 265—290.

[5] Arrow, K. J.—Hurwicz, L.—Uzawa, H.: *Studies in Linear and Non-Linear Programming.* Stanford: Stanford University Press, 1958.

[6] Arrow, K. J.—Chenery, H. B.—Minhas, B. S.—Solow, R. M.: »Capital-labor substitution and economic efficiency«. *The Review of Economics and Statistics* 43 (1961) 225—250.

[7] Arrow, K. J.—Hurwicz, L.: »Decentralization and computation in resource allocation«. *Essays in Economics and Econometrics.* Chapel Hill, N. C.: University of North Carolina Press, 1960.

[8] Augustinovics, M.: »The chessboard-type-table for the year 1965«. Siehe [109] 182—192.

[9] Baumol, W. J.: *Economic Theory and Operational Analysis.* Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1962.

[10] Berk, J. M.—Haselbarth, J. E.: »Cost capacity data.« *Chemical Engineering* 67 (12. Dez. 1960) 172; 68 (23. Jan. 1961) 161.

[11] Bodewig, E.: *Matrix Calculus.* Amsterdam: North-Holland Publishing Co., 1956.

[12] Bognár, J.: *Kereslet és keresletkutatás a szocializmusban* (Nachfrage und Nachfragenforschung im Sozialismus). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1961.

[13] Boulding, K. E.: »Welfare Economics«. Siehe [50] 1—36.

[14] Bródy, A.: »Az ágazati kapcsolatok mérlege és a közvetett beruházások« (Bilanz der zweiglichen Beziehungen und unmittelbare Investitionen). *Közgazdasági Szemle* 7 (1960) 561—580.

[15] BRÓDY, A.: *Az ágazati kapcsolatok modellje* (Das Modell der zweiglichen Beziehungen). Budapest: Akadémiai Kiadó, 1964.
[16] BROWN, G. W.: »Some notes on computation of games solutions«. RAND Corporation D-436, 1949.
[17] BROWN, G. W.: »Iterative solution of games by fictitious play«. Siehe [69], 374—376.
[18] CHARNES, A.—LEMKE, C. E.: *Minimization of Nonlinear Separable Functions.* Pittsburgh: Carnegie Institute of Technology, 1954.
[19] CHARNES, A.—COOPER, W. W.—HENDERSON, A.: *An Introduction to Linear Programming.* New York: Wiley, 1953.
[20] CHERNOFF, H.: »Rational selection of decision functions«. *Econometrica* 22 (1954) 422—443.
[21] CHURCHMAN, C. W.—ACKOFF, R. L.—ARNOFF, E. L.: *Introduction to Operations Research.* New York: Wiley, 1957 (in Deutsch: Berlin: Verlag Die Wirtschaft, 1966, und Wien: R. Oldenbourg, Verlag, 1966).
[22] COURTILLIOT, M.: »Programmation linéaire. Étude de la modification de tous les paramètres«. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 247 (1958) 670—673.
[23] CRAMÉR, H.: *Mathematical Methods of Statistics.* Princeton: Princeton University Press, 1957.
[24] CSEPINSZKY, A.: »Some problems of the interdependence of the producing branches in agriculture«. Siehe [109] 112—121.
[25] CSIKÓS NAGY, B.: *A szocialista árképzés* (Sozialistische Preisgestaltung). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1961.
[26] CUKOR, GY.—ROMÁN, Z.: »Az ágazati kapcsolatok mérlegének felhasználása az ipar ágazati szerkezetének vizsgálatára és tervezésére« (Die Anwendung der Verflechtungsbilanz zur Untersuchung und Planung der zweiglichen Struktur der Industrie). *Magyar Tudományos Akadémia Közgazdaságtudományi Intézetének Közleményei* (1960) Nr. 9.
[27] DANTZIG, G. B.: »On the significance of solving linear programming problems with some integer variables«. *Econometrica* 28 (1960) 30—44.
[28] DANTZIG, G. B.—WOLFE, P.: »Decomposition principle for linear programs«. *Operations Research* 8 (1960) 101—111.
[29] DANTZIG, G. B.—WOLFE, P.: »The decomposition algorithm for linear programs«. *Econometria* 29 (1961) 767—778.
[30] DAVIES, M.—VERHULST, M. (Red.): *Operational Research in Practice.* London: Pergamon, 1958.
[31] DEAN, J.: *Managerial Economics.* Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1959.
[32] DEÁK, A.: *Egyes vegyi folyamatok termelési költségeinek elemzési módszere* (Methoden zur Analyse der Produktionskosten einzelner chemischer Prozesse). (Dissertation, Manuskript) Budapest: 1962.
[33] DEÁK, J.—NEMES, F.: »A beruházások utólagos vizsgálata« (Nachträgliche Prüfung der Investitionen). *Figyelő* 5 (1961) Nr. 23.
[34] DEÁK, J.: »A termelés közvetlen és közvetett állóeszközigényességi mutatójáról« (Über die direkten und indirekten Grundmittelintensitätskennziffern der Produktion). *Pénzügyi Szemle* 7 (1963) Nr. 7, 13—21.
[35] DEBREU, G.: *Theory of Value.* New York: Wiley, 1959.
[36] DOMAR, E. D.: *Essays in the Theory of Economic Growth.* New York: Oxford University Press, 1957.
[37] DORFMAN, R.—SAMUELSON, P. A.—SOLOW, R. M.: *Linear Programming and Economic Analysis.* New York: McGraw Hill, 1958.
[38] DOUGLAS, P. H.: *The Theory of Wages.* New York: MacMillan, 1934.
[39] DÖME, J.—HOÓS, J.—KATÓCS, A.: »A szintétikus anyagmérleg« (Die synthetische Materialbilanz). *Közgazdasági Szemle* 11 (1964) 899—911.
[40] FRISCH, R.: *A Survey of Types of Economic Forecasting and Programming, and a Brief Description of the Oslo Channel Model.* Oslo: University of Oslo, 1961.

[41] FRISS, I. (Red.): *A Magyar Tudományos Akadémia Közgazdaságtudományi Intézetének Évkönyve, III. 1960—1961* (Jahrbuch des Ökonomischen Institutes der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, III.). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1962.

[42] GANCZER, S.: *Árszámítások modern matematikai módszerekkel* (Preisberechnungen mit modernen mathematischen Methoden). (Dissertation, Manuskript) Budapest: 1962.

[43] GASS, S. I.: *Linear Programming.* New York: McGraw Hill, 1958.

[44] GERLE, GY.: »A beruházások gazdaságosságának vizsgálata« (Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Investitionen). In: *Beruházások gazdasági hatékonysága* (Wirtschaftliche Effektivität der Investitionen). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1959.

[45] GOLDMAN, A. J.: »Resolution and separation theorems for polyhedral convex tests«. Siehe [93] 41—51.

[46] GOLDMAN, A. J.—TUCKER, A. W.: »Theory of linear programming«. Siehe [93] 53—97.

[47] (CHATSCHATUROW, T.) Хачатуров, Т.: »Проблемы экономической эффективности капиталовложений в социалистическом хозяйстве« (Probleme der ökonomischen Effektivität der Kapitalinvestitionen in der sozialistischen Wirtschaft) *Вопросы экономики* (1957) Nr.2, 106—121.

[48] (CHATSCHATUROW, T.) Хачатуров, Т.: »Экономическая эффективность комплексной механизации и автоматизации производства«(Ökonomische Effektivität der komplexen Mechanisierung und Automatisierung der Industrie). *Вопросы экономики* (1959) Nr. 12, 61—74.

[49] HADLEY, G.: *Linear Programming.* Reading—London: Addison-Wesley, 1962.

[50] HALEY, B. F. (Red.): *A Survey of Contemporary Economics.* Homewood: Irwin, 1952.

[51] HAVAS, P.: »Az ágazati kapcsolatok mérlegének felhasználása exportgazdaságossági számításokhoz« (Die Anwendung der Verflechtungsbilanz bei den Exportwirtschaftlichkeitsberechnungen). *Statisztikai Szemle* 38 (1960) 352—363.

[52] HAVAS, P.: »Az exportgazdaságosság átlagos színvonala és határértékei« (Das durchschnittliche Niveau und die Grenzwerte der Exportwirtschaftlichkeit). *Közgazdasági Szemle* 9 (1962) 1346—1364.

[53] HAYEK, F. A. (Red.): *Collectivist Economic Planning.* London: Routledge, 1935.

[54] HICKS, J. R.: *Value and Capital.* Oxford: Clarendon Press, 1957.

[55] HICKS, J. R.: »Thoughts on the theory of capital — The Corfu conference«. *Oxford Economic Papers* 12 (1960) 123—132.

[56] HOCH, R.: »Az indifferencia felületekről szóló tanítás elméleti alapjainak bírálata« (Die Kritik der theoretischen Grundlagen der Lehre der Indifferenzflächen). Siehe [41] 331—362.

[57] HOUTHAKKER, H. S.: »The present state of consumption theory«. *Econometrica* 29 (1961) 704—740.

[58] HURWICZ, L.: »Optimality criteria for decision making under ignorance«. *Cowles Commission Discussion Paper, Statistics* (1951) Nr. 370.

[59] HURWICZ, L.: »Programming in linear spaces«. Siehe [5] 38—102.

[60] ISARD, W.—SCHOOLER, E. W.—VIETORISZ, T.: *Industrial Complex Analysis and Developments. A Case Study of Refinery-Petrochemical-Synthetic Fibre Complexes.* New York: Wiley, 1959.

[61] JÁVORKA, E.—BERÉNYI, J.: *Jövedelmek a munkabéren felül* (Nicht aus Lohn entstehendes Einkommen). Budapest: Kossuth Könyvkiadó, 1960.

[62] (KANTOROWITSCH, L. W.) Канторович, Л. В.: *Экономический расчет наилучшего использования ресурсов* (Ökonomische Berechnung der besten Ausnutzung der Ressourcen). Москва Издательство АН СССР, 1959.

[63] KARLIN, S.: *Mathematical Methods and Theory in Games, Programming and Economics.* Reading—London: Addison-Wesley, 1959.

[64] KATAOKA, S.: »A stochastic programming model«. *Econometrica* 31 (1963) 181—196.
[65] KÁDAS, K.: *Az emberi munka termelékenységének statisztikai vizsgálata a magyar gyáriparban. A Cobb—Douglas-féle statisztikai törvény kiegészítése* (Die statistische Untersuchung der Produktivität der menschlichen Arbeit in der ungarischen Industrie. Eine Ergänzung des statistischen Cobb-Douglas-Gesetzes). Budapest: Hornyánszky, 1944.
[66] KÁDÁR, I.: »On the application of the input-output table in building industry«. Siehe [109] 235—243.
[67] KNIGHT, F. H.: *Risk, Uncertainty and Profit.* Boston: Houghton-Mifflin, 1921.
[68] KOOPMANS, T. C.: »Analysis of production as an efficient combination of activities«. Siehe [69] 33—97.
[69] KOOPMANS, T. C. (Red.): *Activity Analysis of Production and Allocation.* New York—London: Wiley—Chapman, 1951.
[70] KORNAI, J.: *A gazdasági vezetés túlzott központosítása* (Übertriebene Zentralisation bei der Wirtschaftsleitung). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1957.
[71] KORNAI, J.: *Overcentralization in Economic Administration.* Oxford: Oxford University Press, 1959.
[72] KORNAI, J.: »A műszaki fejlesztés és a beruházások gazdaságosságának számítása.« (Wirtschaftlichkeitsberechnung der technischen Entwicklung und der Investitionen). *Közgazdasági Szemle* 7 (1960) 670—684.
[73] KORNAI, J.: »Egy iparág optimális beruházási tervének meghatározása lineáris programozással« (Die Bestimmung des optimalen Investitionsplanes eines Industriezweiges mit linearer Optimierung). *Közgazdasági Szemle* 8 (1961) 570—585.
[74] KORNAI, J.: *A központi és ágazati programozások összekapcsolása* (Die Verknüpfung der zentralen und der zweiglichen Optimierungen). (Manuskript) Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai Központja, 1961.
[75] KORNAI, J.: *A beruházások matematikai programozása* (Mathematische Optimierung der Investitionen). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1962.
[76] KORNAI, J.—HOLLÓ, J.—MARCSÁNYI, Z.—SIMÁN, M.—RIMLER, J.—WELLISCH, P.: *A ruházati ipar ágazati kapcsolatainak mérlege* (Verflechtungsbilanz der Kleidungsindustrie). (Vervielfältigt) Budapest: Textilipari Kutató Intézet, 1960.
[77] KORNAI, J.—KOTÁNYI, F.—PAPP, Z.—PÉCSI, J.—SZABÓ, L.—WELLISCH, P.: *A pamutszövőipar optimális beruházási programjának meghatározása* (Die Bestimmung des optimalen Investitionsprogramms der Baumwollwebindustrie). (Vervielfältigt) Budapest: Textilipari Kutató Intézet, 1960.
[78] KORNAI, J.—LIPTÁK, T.: *A nyereségérdekeltség matematikai vizsgálata* (Mathematische Untersuchung der Gewinnbeteiligung). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1959.
[79] KORNAI, J.—LIPTÁK, T.: »A mathematical investigation of some economic effects of profit sharing in socialist firms«. *Econometrica* 30 (1962) 140—161.
[80] KORNAI, J.—LIPTÁK, T.: *Kétszintű tervezés* (Zweiebenenplanung). (Vervielfältigt) Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai Központja, 1962.
[81] KORNAI, J.—LIPTÁK, T.: »Kétszintű tervezés: Játékelméleti modell és iteratív számítási eljárás népgazdasági távlati tervezési feladatok megoldására« (Die Zweiebenenplanung: Spieltheoretisches Modell und iteratives Rechenverfahren zur Lösung von Aufgaben der volkswirtschaftlichen Perspektivplanung). *Magyar Tudományos Akadémia Matematikai Kutató Intézet Közleményei* 7 (1962) 577—621.
[82] KORNAI, J.—LIPTÁK, T.: »Two-Level Planning«. *Econometrica* 33 (1965) 141—169.
[83] KORNAI, J.—LIPTÁK, T.—VIDOS, T.: *Gazdasági számítás a magyar műszálgyártás fejlesztési programjának meghatározására* (Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Bestimmung des Entwicklungsprogramms der ungarischen Chemiefaserindustrie). (Vervielfältigt) Budapest: Szervesvegyipari és Műanyagipari Kutatóintézet, 1960.
[84] KORNAI, J.—MARTOS, B.: »The application of the input-output table to determine the optimum development program of the aluminium industry«. Siehe [109] 224—234.

[85] KORNAI, J.—TARDOS, M.—VERDEN, F.—FREY, T.: *A magyar műszálgyártás fejlesztésének matematikai programozása* (Die mathematische Optimierung der Entwicklung der ungarischen Chemiefaserproduktion). (Vervielfältigt) Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai Központja, 1963.

[86] KORNAI, J.—WELLISCH, P.: »A kalkulatív kamatláb és bértarifa a hosszúlejáratú gazdaságossági számításokban« (Der kalkulatorische Zinsfuß und der kalkulatorische Lohntarif in den langfristigen Wirtschaftlichkeitsberechnungen). *Közgazdasági Szemle* 10 (1963) 1456—1475; 11 (1964) 76—91.

[87] (KORNAI, J.—WELLISCH, P.) Корнаи, Й.—Веллиш, П.: »Процентная ставка в перспективных расчетах по экономической эффективности« (Der Zinsfuß bei perspektivischen Berechnungen der ökonomischen Effektivität). *On political economy and econometrics — Essays in honour of Oskar Lange.* Warszawa: PWN — Polish Scientific Publishers (1964,) 247—286.

[88] (KOROTKEWITSCH, W. S.) Короткевич, В. С.: »Развитие производства синтетических каучуков» (Die Entwicklung der Produktion des künstlichen Kautschuks). *Журнал Всесоюзного Химического Общества им. Д. И. Менделеева* 6 (1961) Nr. 1, 69—74.

[89] KÖLBEL, H.—SCHULZE, J.: *Projektierung und Vorkalkulation in der chemischen Industrie.* Berlin—Göttingen—Heidelberg: Springer, 1960.

[90] KREKÓ, B.: *Lineáris programozás* (Lineare Optimierung). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1962 (in Deutsch: Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1966).

[91] KREKÓ, B.: *Matrixszámítás* (Matrizenrechnung). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1964.

[92] KUHN, N. W.—TUCKER, A. W.: »Nonlinear Programming«. Siehe [135] 481—492.

[93] KUHN, H. W.—TUCKER, A. W. (Red.): *Linear Inequalities and Related Systems.* Princeton: Princeton University Press, 1956.

[94] KÜNZI, H. P.—KRELLE, W.: *Nichtlineare Programmierung.* Berlin—Göttingen—Heidelberg: Springer, 1962.

[95] LANGE, O.: *Price Flexibility and Employment.* Bloomington: Principia, 1944.

[96] LANGE, O.: *Introduction to Econometrics.* Oxford—Warszawa: Pergamon—PWN, 1962.

[97] LANGE, O.: *Ekonomia Polityczna.* Vol. I. Warszawa: Panstwowe Wydawnictwo Naukowo, 1959.

[98] (LENIN, W. I.) Ленин, В. И.: »Аграрный вопрос и „критики Маркса“« (Das Agrarproblem und die »Kritiker von Marx«). *Сочинения, Том 5.* 87—202. Москва: Госполитиздат, 1949.

[99] LEONTIEF, W.: *The Structure of American Economy, 1919—1939.* New York: Oxford University Press, 1953.

[100] LEONTIEF, W. (Red.): *Studies in the Structure of the American Economy.* New York: Oxford University Press, 1953.

[101] LERNER, A. P.: *The Economics of Control.* New York: Mac Millan, 1947.

[102] LIPTÁK, T.: *Kétszintű tervezés (Módosított matematikai rész)* (Zweiebenenplanung [Modifizierter mathematischer Teil]). (Vervielfältigt) Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai Központja, 1962.

[103] LIPTÁK, T.: »*Two-Levél Programming*«. (Zweiebenenplanung) *Colloquium on Applications of Mathematics to Economics, Budapest, 1963.* Budapest: Akadémiai Kiadó, 1965, 243—253.

[104] LIPTÁK, T.—NAGY, A.: *A magyar pamutszövet-kivitel rövidlejáratú optimumszámításának modellje* (Das Modell der kurzfristigen Optimierung des ungarischen Baumwollstoff-Exports). (Vervielfältigt) Budapest: Hungarotex—Magyar Kereskedelmi Kamara, 1962. Kurzgefaßte englische Abfassung: »A short-run optimization model of Hungarian cotton fabric exports«. *Economics of Planning* 3 (1963) 117—140.

[105] LIPTÁK, T.—NAGY, A.: *A külkereskedelmi optimumszámítások eredményének összehasonlísása hányad és összegtípusú célfüggvények alkalmazása esetén* (Der Vergleich der

Ergebnisse der Außenhandelsoptimierungen bei Anwendung der Anteil- und Summentypenzielfunktion). (Vervielfältigt) Budapest: Magyar Kereskedelmi Kamara, 1963.
[106] Luce, R. D.—Raiffa, H.: *Games and Decisions.* New York: Wiley, 1958.
[107] Lukács, L.: »Összefüggések a beruházások gazdaságossága és az érdekeltség között« (Zusammenhänge zwischen der Wirtschaftlichkeit und der Interessiertheit). Siehe [41] 237—248.
[108] Lukács, O.: »Az első magyar ágazati kapcsolati mérleg összeállítása és felhasználása« (Zusammenstellung und Anwendung der ersten ungarischen Verflechtungsbilanz). *Közgazdasági Szemle* 7 (1960) 168—175.
[109] Lukács, O. (Red.): *Input-Output Tables, Their Compilation and Use.* Budapest: Akadémiai Kiadó, 1962.
[110] Lukács, O.: »Hungarian input-output tables and the statistical basis of their compilation«. Siehe [109] 19—27.
[111] Lutz, F.—Lutz, V.: *The Theory of the Investment of the Firm.* Princeton: Princeton University Press, 1951.
[112] Macskássy, H.—Vidos, T.: *A műanyagok szerepe hazánk és a világ anyaggazdálkodásában* (Die Rolle der Kunststoffe in der Materialwirtschaft Ungarns und der Welt). (Vervielfältigt) Budapest: Szervesvegyipari és Műanyagipari Kutatóintézet, 1960.
[113] Magyar, J.: *A saját források szerepe a beruházások finanszírozásában* (Die Rolle der eigenen Ressourcen bei der Finanzierung der Investitionen). (Vervielfältigt) Budapest: Magyar Beruházási Bank, 1963.
[114] Malinvaud, E.: »Programmes d'expansion et taux d'intérêt«. *Econometrica* 27 (1959) 215—227.
[115] Malinvaud, E.: *Decentralised Procedures for Planning.* (Vervielfältigt) Cambridge: International Economic Association, 1963.
[116] (Malischew, I. S.) Малищев, И. С.: »*Общественный учет труда и цена при социализме*« (Die soziale Registrierung der Arbeit und die Preise im Sozialismus). Москва: Соцэкгиз, 1960.
[117] Mandel, M.—Szunyogh, Z.—Varga, J.: »A termelő beruházások gazdaságossági számításának módszere« (Die Methode der Wirtschaftlichkeitsberechnungen der produktiven Investitionen). *Közgazdasági Szemle* 5 (1958) 257—272.
[118] Markowitz, H. M.: *Portfolio Selection.* New York—London: Wiley-Chapman, 1959.
[119] Martos, B.—Kornai, J.—Nagy, A.: »Linearis programozási modell a magyar alumíniumipar távlati tervezéséhez« (Das lineare Optimierungsmodell in der Perspektivplanung der ungarischen Aluminiumindustrie). Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai Központjának Tájékoztatója (1961) Nr. 7, 53—74.
[120] Máriás, A.: *A termelés mennyisége és a termelési költségek közötti összefüggések iparvállalatokban* (Die Zusammenhänge zwischen den Produktionsmengen und den Produktionskosten in Industriebetrieben). (Dissertation, Manuskript) Budapest, 1962.
[121] Marx, K.: *Das Kapital, Bd. I, II, III.* Berlin: Dietz Verlag, 1948.
[122] Massé, P.: »Économie et stratégie«. Siehe [30] 114—131.
[123] McKenzie, L.: »Turnpike theorems for a generalized Leontief model«. *Econometrica* 31 (1963) 165—180.
[124] McKinsey, J. C. C.: *Introduction to the Theory of Games.* New York: McGraw Hill, 1952.
[125] Mendershausen, H.: »On the significance of Professor Douglas „Production Function"«. *Econometrica* 6 (1938) 143—153.
[126] Merk, G.: »Wahrscheinlichkeitstheorie und Investitionstheorie«. *Weltwirtschaftliches Archiv* 81—1 (1958) 66—78.
[127] Milnor, J.: »Games against Nature« (Spiele wider die Natur). Siehe [165] 49—59.
[128] Montias, J. M.: »On the consistency and efficiency of central plans«. *The Review of Economic Studies* 29 (1962) 280—290.

[129] MORVA, T.: *A társadalmi termék-mérleg szerepe a népgazdasági tervezésben* (Die Rolle der gesellschaftlichen Produktenbilanz in der Volkswirtschaftsplanung). Dissertation, Manuskript. Budapest: 1962.
[130] MSTIWSLAVSKIJ, P.: »A beruházások hatékonyságának néhány kérdéséről« (Über einige Fragen der Effektivität der Investitionen). *Magyar—Szovjet Közgazdasági Szemle* 3 (1949) 724—727.
[131] NAGY, T.—ESZE, Zs.: »A többcsatornás ipari termelői ártípus« (Das industrielle Mehrkanal-Produzenten-Preissystem). *Közgazdasági Szemle* 10 (1963) 15—29.
[132] NEMÉNYI, I. (Red.): *A beruházások és felújítások finanszírozása* (Die Finanzierung der Investitionen und Erneuerungen). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1959.
[133] NEUMANN, J. v.: »A model of general economic equilibrium«. *The Review of Economic Studies* 13 (1945—46) 1—9.
[134] NEUMANN, J. v.—MORGENSTERN, O.: *Theory of Games and Economic Behaviour*. Princeton: Princeton University Press, 1953.
[135] NEYMAN, F. (Red.): *Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Methematical Statistics and Probability*. Berkeley—Los Angeles: University of California Press, 1951.
[136] (NOWOSHILOW, W. W.) Новожилов, В. В.: »Измерение затрат и их результатов в социалистическом хозяйстве« (Die Messung der Kosten und ihrer Konsequenzen in der sozialistischen Wirtschaft). Siehe [138] 42—213.
[137] (NEMTSCHINOW, W. S.) Немчинов, В. С.: »Стоимость и цена при социализме« (Wert und Preis im Sozialismus). *Вопросы экономики* (1960) Nr. 12, 85—103.
[138] (NEMTSCHINOW, W. S. [Red.]) Немчинов. В. С.: *Применение математики в экономических исследованиях, Том 1.* (Die Anwendung der Mathematik in der ökonomischen Forschung). Москва: Издательство социально-экономической литературы, 1961.
[139] NYITRAI, V.: »Inversion of the input-output Table«. Siehe [109] S. 91—99.
[140] PAJESTKA, J.: *Zatrudnienie i inwestycje a wzrost gospodarczy* (Beschäftigung, Investitionen und ökonomisches Wachstum). Warszawa: Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, 1961.
[141] PETERS, S. M.: *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York: McGraw Hill, 1958.
[142] PIGOU, A. C.: *The Economics of Welfare*. London: MacMillan, 1946.
[143] RADNÓTI, É.: *A fogyasztási szerkezet sajátosságai a háztartásstatisztikai adatok tükrében és azok felhasználása a keresleti prognózis készítésénél* (Die Besonderheiten der Konsumtionsstruktur im Spiegel der haushaltstatistischen Angaben und deren Anwendung bei der Nachfrageprognose). (Vervielfältigt) Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Közgazdaságtudományi Intézete, 1962.
[144] RÁCZ, A.—ÚJLAKI, L.: »Az ágazati kapcsolatok 1957. évi mérlegének inverze« (Die Inversion der zweiglichen Verflechtungsbilanz des Jahres 1957). *Statisztikai Szemle* 38 (1960) 1216—1230.
[145] RÁCZ, A.—ÚJLAKI, L.: »A népgazdasági költségszint és termelékenység alakulásának elemzése az ágazati kapcsolatok mérlege alapján« (Die Analyse des volkswirtschaftlichen Kostenniveaus und der Produktivität auf Grund der zweiglichen Verflechtungsbilanz). *Statisztikai Szemle* 40 (1962) 533—549, 643—658.
[146] RÁCZ, J.: *Állóalap-számítások a hosszútávlati tervezésben* (Grundfondsberechnungen bei der langfristigen Planung). (Vervielfältigt) Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Közgazdaságtudományi Intézete, 1962.
[147] RADNER, R.: »Paths of economic growth that are optimal with regard only to final states: A turnpike theorem«. *Review of Economic Studies* 28 (1961) 98—104.
[148] RÉNYI, A.: *Valószínűségszámítás* (Wahrscheinlichkeitsrechnung). Budapest: Tankönyvkiadó, 1954 (in Deutsch: Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1962).

[149] RIMLER, J.: »A ruházati ipar ágazati kapcsolatainak mérlegéről« (Über die Bilanz der zweiglichen Beziehungen der Kleidungsindustrie). *Ipari és Statisztikai Értesítő* 12 (1961) 446—452.
[150] ROBINSON, JULIA: »An iterative method of solving a game«. *Annals of Mathematics* 54 (1961) 296—301.
[151] SADOWSKI, W.: »W sprawie ekonometrycznej koncepcji wzrostu gospodarczege« (Zum ökonometrischen Begriff des ökonomischen Wachstums). *Ekonomista* (1962) 824—835.
[152] SAMUELSON, P. A.: *Foundations of Economic Analysis.* Cambridge: Harvard University Press, 1948.
[153] SAVAGE, L. J.: *The Foundations of Statistics.* New York: Wiley, 1954.
[154] SCHNEIDER, E.: *Wirtschaftlichkeitsberechnung.* Tübingen—Zürich: Mohr—Polygraphischer Verlag, 1957.
[155] SHACKLE, G. L. S.: *Expectation in Economics.* Cambridge: Cambridge University Press, 1952.
[156] SIMON, GY.—KONDOR, GY.: »A külkereskedelmi kapcsolatok optimalizálása« (Die Optimierung der Außenhandesbeziehungen). *Közgazdasági Szemle* 7 (1960) 822—839.
[157] SIMON, GY.—KONDOR, GY.: »Partial input-output tables and some questions of their combined application«. Siehe [109] 124—134.
[158] SIMON, GY.—KONDOR, GY.: »A gazdasági optimumszámítások problémái Kantorovics és Novozsilov műveiben« (Die Probleme der Wirtschaftlichkeitsoptimumberechnungen in den Werken von Kantorowitsch und Nowoshilow). *Magyar Tudományos Akadémia Közgazdaságtudományi Intézetének Tájékoztató Közleményei* (1963) No. 2.
[159] SIMON, GY.—KONDOR, GY.: *A gazdasági hatékonyság értékelésének néhány problémája* (Einige Probleme der Bewertung der wirtschaftlichen Effektivität). (Vervielfältigt) Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Közgazdaságtudományi Intézete, 1963.
[160] SOLOW, R. M.: »A contribution to the theory of economic growth«. *Quarterly Journal of Economics* 70 (1956) 65—94.
[161] SOLOW, R. M.: »Technical change and the aggregate production function«. *The Review of Economics and Statistics* 30 (1957) 312—320.
[162] (STEPANKOW, A.) Степанков, А.: »О методике определения экономической эффективности капитальных вложений в промышленность СССР« (Über die Methoden der Bestimmung der wirtschaftlichen Effektivität der Kapitalinvestitionen). *Вопросы экономики* (1960) Nr. 6, 93—100.
[163] (STRUMILIN, S. G.) Струмилин, С. Г.: »Фактор времени в проектировках капитальных вложений« (Der Zeitfaktor bei der Planung der Kapitalinvestitionen). *Известия Академии Наук* (1946) Nr. 3, 195—215.
[164] THEIL, H.: *Economic Forecast and Policy.* Amsterdam: North-Holland Publishing Co., 1958.
[165] THRALL, R. M.—COOMBS, S. H.—DAVIS, R. L. (Red.): *Decision Processes.* New York: Wiley, 1954.
[166] TINBERGEN, J.: *Ökonometria* (Ökonometrie). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1957.
[167] TINBERGEN, J.—BOS, H. S.: *Mathematical Models of Economic Growth.* New York: McGraw Hill, 1962.
[168] TRZECIAKOWSKI, W.: »*A külkereskedelem optimalizálása tervgazdaságban*« (Die Optimierung des Außenhandels in der Planwirtschaft). *Közgazdaségi Szemle* 9 (1962) 577—588.
[169] TURÁNSZKY, M.: »A beruházások gazdaságosságának fogalma és értékelése« (Der Begriff und die Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Investitionen). In: *Beruházások gazdasági hatékonysága* (Wirtschaftliche Effektivität der Investitionen). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1959.
[170] ÚJLAKI, L.: »Az ágazati kapcsolatok mérlege a távlati tervezésben« (Die Verflechtungsbilanz in der Perspektivplanung). *Figyelő* 8 (1964) No. 30.

[171] Uzawa, H.: »Neutral invention and the stability of growth equilibrium«. *The Review of Economic Studies* 28 (1961) 117—124.
[172] Varga, J.: »Felhalmozás és gazdaságosság« (Akkumulation und Wirtschaftlichkeit). *Közgazdasági Szemle* 6 (1959) 522—536.
[173] Vázsonyi, A.: *Scientific Programming in Business and Industry*. New York: Wiley, 1958.
[174] Viner, J.: »Cost curves and supply curves«. *Zeitschrift für Nationalökonomie* 3 (1931) 23—46.
[175] Waelbroeck, J.: »La grande controverse sur la planification et la théorie économique mathématique contemporaine«. *Cahiers de L'ISEA* (1964. février) No. 146, 3—24.
[176] Wald, A.: *Statistical Decision Functions*. New York: Wiley, 1950.
[177] Weckstein, R. S.: »On the use of theory of probability in economics«. *The Review of Economic Studies* 20—3 (1952—1953) 191—198.
[178] Williams, R.: »Six-tenths factor. Aids in approximating costs«. *Chemical Engineering* 54 (1947) Nr. 12, 124.
[179] Wolfe, P.: »Determinateness of polyhydral games«. Siehe [93] 195—198.

Offizielle Dokumente und Material, Mitteilungen

[180] (Akademie der Wissenschaften der UdSSR) Академия Наук СССР: *Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в народном хозяйстве СССР* (Standard-Methoden zur Entscheidung der wirtschaftlichen Effektivität der Kapitalinvestitionen und der neuen Technik in der Nationalökonomie der UdSSR). Москва: Госпланиздат, 1960.
[181] (Statistische Zentralverwaltung) Центральное Статистическое Управление; *Народное хозяйство СССР в 1960 году* (Die Volkswirtschaft der UdSSR 1960.). Москва: Госстатиздат, 1961.
[182] Federal Trade Commission: *Economic Report on Antibiotic Manufacture*. Washington: United States Government Printing Office, 1958.
[183] Komisja Planowaniaprzy Padzie Ministrow: (Plankommission des Ministerrates). *Instrukcja egolna w sprawie metodyki badan ekonomicznej efektywnosci inwestyeji* (Allgemeine Instruktionen über die Methodologie der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Investitionen). Warszawa: 1960.
[184] Központi Statisztikai Hivatal: *Adatok és adalékok a népgazdaság fejlődésének tanulmányozásához, 1949—1955* (Angaben und Beiträge zum Studium der volkswirtschaftlichen Entwicklung, 1949—1955). Budapest: 1957.
[185] Központi Statisztikai Hivatal: *Statisztikai Évkönyv, 1957* (Statistisches Jahrbuch, 1957). Budapest: Statisztikai Kiadó V., 1958.
[186] Központi Statisztikai Hivatal: *Az ágazati kapcsolatok mérlege, 1957* (Verflechtungsbilanz, 1957). Budapest: 1959.
[187] Központi Statisztikai Hivatal: *A magyar népgazdaság ágazati kapcsolatainak mérlege, 1959* (Die Verflechtungsbilanz der ungarischen Volkswirtschaft, 1959). Budapest: 1961.
[188] Központi Statisztikai Hivatal: *Statisztikai Évkönyv, 1961* (Statistisches Jahrbuch, 1961). Budapest: Statisztikai Kiadó V., 1962.
[189] Központi Statisztikai Hivatal: *Ipari és termelői fogyasztói árak és árarányok vizsgálata* (Untersuchung der Industrie- und Produzentenpreise sowie der Preisproportionen), Budapest: 1963.
[190] Központi Statisztikai Hivatal: »A népgazdaság állóeszközei 1959—61« (Die Grundmittel der Volkswirtschaft 1959—61). *Statisztikai Időszaki Közlemények* (1963) Nr. 53.
[191] Központi Statisztikai Hivatal: *A magyar népgazdaság ágazati kapcsolatainak mérlege az 1961. évben* (Die Verflechtungsbilanz der ungarischen Volkswirtschaft, 1961). Budapest: 1964.

[192] MAGYAR GAZDASÁGKUTATÓ INTÉZET (Institut für Wirtschaftsforschung, Ungarn): *Különféle textilipari nyersanyagok termelése és áralakulása* (Produktion und Preisgestaltung der verschiedenen Rohstoffe für die Textilindustrie). Budapest, 1943.
[193] MAGYAR KERESKEDELMI KAMARA (Ungarische Handelskammer): *Tőkés árupiacok. A világ műanyagtermelésének fejlődése* (Kapitalistische Warenmärkte. Die Entwicklung der Kunststoffproduktion der Welt). Vervielfältigt. Budapest: 1960.
[194] ORSZÁGOS ÁRHIVATAL (Landespreisamt): »Az értékár-, a termelési ár és a többcsatornás ipari ártípusszámítások az 1959. évi ÁKM 77 termelő ágazatra egyszerűsített változatával« (Wertpreis-, Produktionspreis- und Mehrkanal-Preistypen-Berechnungen mit vereinfachten Varianten für ÁKM 77 Produktionszweige 1959). *Árpolitikai jelentés* (1964) No. 6.
[195] ORSZÁGOS TERVHIVATAL—PÉNZÜGYMINISZTÉRIUM—ÉPITÉSÜGYI MINISZTÉRIUM: Beruházási Kódex (Investitionsgesetz). Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1963.
[196] STATISTISCHES BUNDESAMT: »Großhandelspreise. Grundstoffe, Preise, Löhne, Wirtschaftsrechnungen.« (1954—1960), Reihe 9, Teil II, III.
[197] —: *A Magyar Szocialista Munkáspárt VII. Kongresszusa* (Der VII. Kongreß der Ungarischen Sozialistischen Arbeiterpartei). Budapest: Kossuth, 1959.
[198] —: »*A Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetem 1960. évi tudományos ülésszaka*« (Wissenschaftliche Jahressitzung der Karl-Marx-Universität für Wirtschaftswissenschaft). Közgazdasági Szemle 7 (1960) 1087—1104.
[199] —: »Markets for materials«. *Modern Plastics* 37 (1959) 89—112.
[200] —: »Prices«. *Chemical Engineering News* (1950—1960).

Tabellen

1.1.	Schema des traditionellen Planbilanz-Systems	31
3.1.	Die ungarischen Input-Output-Tabellen	62
5.1.	Verhältnis des Ausrüstungs- und Bauanteils bei den Investitionen in der Baumwollindustrie	85
5.2.	Die Wirkung der Ausstattung der Vorbereitungsbetriebe in der Baumwollindustrie mit modernen Maschinen	86
5.3.	Die Modernisierung des Webmaschinenparks in der Baumwollindustrie	87
5.4.	Die Kapazität der Vorbereitungsbetriebe der Baumwollindustrie im prozentualen Verhältnis zum Bedarf der Webereien	88
7.1.	Klassifizierung der Kostenfunktionstypen	103
7.2.	Die Degressionsexponenten in der Chemiefaserindustrie	115
7.3.	Die Wirkung der Produktionskonzentration in der Chemiefaserindustrie	117
8.1.	Investitionsvarianten der Baumwollindustrie	125
8.2.	Die Auswahl von Investitionsvorschlägen in der Leichtindustrie	129
9.1.	Die Auflagen der Genehmigungsdokumente und ihre Erfüllung	141
9.2.	Die Erfüllungsproportionen und ihre Häufigkeitsverteilung	143
10.1.	Die kritische Umdrehungszahl der Spulenwechselwebmaschine	155
11.1.	Rangordnung der Chemiefasern nach dem Mittelwert	162
11.2.	Rangordnung der Chemiefasern nach dem »pessimistischen« Wert	163
11.3.	Rangordnung der Chemiefasern nach dem »optimistischen« Wert	164
13.1.	Auswahl zwischen sicheren und unsicheren Varianten	184
13.2.	Ergebnisse der Befragung über Entscheidungen mit unsicheren Konsequenzen	185
13.3.	Schlußfolgerungen hinsichtlich des Sicherheitsniveaus	185
14.1.	Programme der Chemiefaserindustrie nach dem Erwartungswert geordnet	194
14.2.	Sicherheitswerte der Chemiefaserindustrie-Programme	195
14.3.	Programme der Chemiefaserindustrie nach der Streuung geordnet	198
18.1.	Zweigliche Durchschnitte der Kennziffer g_n	247
18.2.	Inanspruchnahme des Investitionskredits	248
18.3.	Parametrische Optimierung in der Baumwollindustrie in Abhängigkeit vom Produktionsfondsabgabefaktor	268
18.4.	Parallele Optimierung in der Baumwollindustrie mit zwei verschiedenen Produktionsfondsabgabefaktoren	270
19.1.	Preisindexzeitreihe von Kunststoffen und Chemiefasern	278
19.2.	Preisindexzeitreihe einiger Arzneimittel	283
20.1.	Die aktuellen Devisenkurse nach Hauptwarengruppen	292
20.2.	Abweichungen der Devisenkurse der Sektoren vom Durchschnitt	293
20.3.	Parametrische Optimierung in der Chemiefaserindustrie in Abhängigkeit vom Dollarkurs	298
21.1.	Durchschnittliche Preisänderung der Sektoren der I-O-Tabelle bei »Zweikanal«-Preisen	300
21.2.	Abweichungen des aktuellen Preissystems von den kalkulatorischen Bewertungen	302
22.1.	Parametrische Optimierung in der Baumwollindustrie in Abhängigkeit von den Produktionsaufgaben	310

22.2. Der Zielfunktionswert in der Baumwollindustrie in Abhängigkeit von den Produktionsaufgaben 313
22.3. Die Folgen der Planmodifizierung in der Baumwollindustrie 315
22.4. Mit dem Modell der Baumwollindustrie durchgeführte Empfindlichkeitsuntersuchungen (Abweichungen vom Grundmodell) 318
22.5. Mit dem Modell der Chemiefaserindustrie durchgeführte Empfindlichkeitsuntersuchungen 320
B.1. Die Preisentwicklung des Benzols 408
B.2. Die Preisentwicklung des Terylens 408
B.3. Die Preisentwicklung des Akrylnitrils 409
B.4. Preisvorhersagen in der Chemiefaserindustrie 410
B.5. Korrelationsschätzungen in der Chemiefaserindustrie 411
F.1. Die Zeitreihen des Nationaleinkommens, des Produktionsfonds und der Beschäftigtenanzahl 428
F.2. Die Zeitreihen der wichtigsten Produktivitätskennziffern 430
F.3. Bestand der unvollendeten Investitionen 432
F.4. Die Wirkung der Änderung der Produktionsstruktur 433
F.5. Die extensive Ausnutzung der industriellen Grundfonds 433
F.6. Zeitreihen des Akkumulationsanteils und des Reallohnindexes 435
F.7. Akkumulationsanteil in kapitalistischen Ländern 436
F.8. Parameter der Regressionsfunktionen 437
F.9. Mittelwerte und Streuungen der Effektivität des Produktionsfonds 440
F.10. Regressionsgleichungen der Änderung der Reallöhne 441
F.11. Die Parameter der Produktionsfunktion 444

Namenverzeichnis

Ackoff, R. L. 378, 473, 474
Allais, M. 253
Arnoff, E. L. 149, 378, 473, 474
Arrow, K. J. 105, 158, 170, 190, 255, 363, 473, 474
Augustinovics, M. 22, 55, 473

Barone, E. 363
Baumol, W. J. 99, 473
Berényi, J. 449, 475
Berk, J. M. 113, 473
Bodewig, E. 40, 473
Bognár, J. 375, 473
Bos, H. C. 380, 480
Boulding, K. E. 366, 388, 473
Bródy 22, 40, 50, 219, 221, 473
Brown, G. W. 466, 468, 474
Bulgakow, N. S. 256

Cauchy, A. L. 416
Charnes, A. 84, 105, 474
Chatschaturow, T. 419, 446, 452, 475
Chenery, H. B. 255, 473
Chernoff, H. 158, 190, 474
Churchman, C. W. 378, 474
Clark, J. B. 251, 252
Cobb, C. W. 251, 254, 259, 261, 442
Coombs, C. H. 480
Cooper, W. W. 84, 474
Courtilliot, M. 156, 474
Cramér, H. 144, 145, 174, 474
Csepinszky, A. 474
Csikós Nagy, B. 301, 474
Cukor, Gy. 22, 219, 474

Dantzig, G. B. 100, 330, 354, 363, 474
Davies, M. 474
Davis, R. L. 480
Dean, J. 99, 114, 281, 474
Deák, A. 110, 218, 474
Deák, J. 139, 474
Debreu, G. 363, 390, 473, 474
Desrousseaux, E. S. 253

Domar, E. D. 436, 474
Döme, J. 60, 474
Dorfman, R. 50, 253, 388, 474
Douglas, P. H. 251, 254, 259, 261, 442, 474

Esze, Zs. 210, 449, 452, 479

Földeák, J. 90
Frey, T. 69, 84, 90, 403, 477
Frisch, R. 330, 336, 358, 474
Friss, J. 475
Frivaldszky, S. 354
Fülöp, S. 69
Futó, L. 90

Ganczer, S. 224, 300, 475
Gass, S. 84, 153, 309, 338, 404, 475
Gerle, Gy. 452, 475
Goldman, A. J. 455, 457, 475

Hadley, G. 84, 475
Haley, B. F. 475
Haselbarth, J. E. 113, 473
Havas, P. 220, 297, 298, 475
Hayek, F. A. 359, 475
Henderson, A. 84, 474
Hicks, J. R. 180, 252, 475
Hoch, R. 390, 475
Holló, J. 476
Hoós, J. 60, 474
Houthakker, H. S. 390, 475
Hurwicz, L. 105, 167, 181, 363, 387, 473, 475

Isard, W. 113, 475

Jávorka, E. 449, 475

Kádár, J. 476
Kádas, K. 427, 476
Kantorowitsch, L. W. 263, 330, 399, 447, 452, 475

Karlin, S. 84, 102, 338, 343, 387, 390, 465, 466, 475
Kataoka, S. 178, 476
Katócs, A. 60, 474
Knight, F. H. 179, 476
Kölbel, H. 113, 477
Kondor, Gy. 263, 305, 329, 399, 445, 447, 450, 452, 480
Koopmans, T. C. 366, 387, 476
Kornai, J. 91, 225, 329, 476, 477, 478
Korotkewitsch, W. S. 120, 477
Kotányi, F. 69, 476
Kováts, G. 90
Krekó, B. 40, 84, 338, 477
Krelle, W. 105, 477
Kuhn, H. W. 105, 387, 477
Künzi, H. P. 105, 477

Lange, O. 17, 50, 180, 477
Laplace, P. S. 167
Lemke, C. E. 474
Lenin, W. I. 256, 477
Leontief, W. 50, 477
Lerner, A. P. 366, 477
Lipták, T. 21, 90, 108, 110, 169, 329, 388, 415, 454, 476, 477
Luce, R. D. 158, 167, 478
Lukács, L. 122, 142, 478
Lukács, O. 478
Lutz, F. 215, 421, 478
Lutz, V. 215, 421, 478

Macskássy, H. 276, 478
Magyar, I. 478
Malinvaud, E. 260, 330, 363, 478
Malischew, I. S. 449, 452, 478
Mandel, M. 274, 446, 478
Marcsányi, Z. 69, 476
Máriás, A. 110, 478
Markowitz, H. M. 197, 478
Martos, B. 22, 91, 219, 476
Marx, K. 17, 478
Massé, P. 69, 478
McKenzie, L. 253, 478
McKinsey, J. C. C. 462, 478
Megyeri, E. 449
Mendershausen, H. 261, 478
Merk, G. 169, 478
Milnor, J. 158, 167, 478
Minhas, B. S. 255, 473
Montias, J. M. 129, 478
Morgenstern, O. 158, 479
Morva, T. 55, 478
Mstislawskij, P. 448, 479

Nagy, A. 22, 91, 388, 477, 478
Nagy, T. 22, 210, 449, 452, 479
Nemény, I. 77, 479
Nemes, F. 474
Nemtschinow, W. S. 449, 452, 479
Neumann, J. von 158, 253, 260, 479
Neymann, F. 479
Nowoshilow, W. W. 447, 479
Nyilas, A. 427
Nyitrai, V. 52, 479

Pajestka, J. 442, 479
Papp, Z. 476
Pareto, V. 388
Pécsi, J. 69, 476
Peters, S. M. 113, 479
Phelps, E. S. 253
Pigou, A. C. 222, 479

Rácz, A. 52, 220, 479
Rácz, J. 427, 429, 432, 433, 479
Radner, R. 253, 479
Radnóti, E. 479
Raiffa, H. 158, 167, 478
Rényi, A. 144, 145, 479
Rimler, J. 22, 225, 476, 479
Robinson, Joan 253
Robinson, Julia 466, 468, 479
Román, Z. 219, 474

Sadowski, W. 442, 480
Samuelson, P. A. 50, 253, 366, 388, 390, 474, 480
Savage, L. J. 158, 190, 480
Schneider, E. 421, 480
Schooler, E. W. 113, 475
Schulze, J. 113, 477
Sengupta, S. S. 149, 473
Shackle, G. L. S. 169, 480
Simán, M. 476
Simon, Gy. 263, 305, 329, 399, 445, 447, 450, 452, 480
Solow, R. M. 50, 233, 253, 255. 388, 473, 474, 480
Somogyi, M. 427
Stepankow, A. 449, 480
Strumilin, S. G. 448, 480
Swan, T. 253
Szabó, L. 69, 476
Szunyogh, Z. 274, 446, 478

Tardos, M. 90, 276, 284, 407, 477
Tarlós, B. 90
Tarnay, Gy. 354

Theil, H. 290, 480
Thrall, R. M. 480
Tinbergen, J. 261, 380, 480
Trzeciakowski, W. 330, 399, 480
Tucker, A. W. 105, 387, 455, 457, 475, 477
Turánszky, M. 46, 447, 448, 452, 480

Ujlaki, L. 52, 59, 220, 479, 480
Uzawa, H. 105, 108, 233, 473, 480

Varga, J. 274, 446, 478, 480
Vázsonyi, A. 105, 480
Verden, F. 90, 477
Verhulst, M. 474
Vidos, T. 90, 276, 476, 477
Vietorisz, T. 113, 475
Viner, J. 222, 480

Waelbroeck, J. 363, 480
Wald, A. 158, 180, 387, 480
Walras, L. 363
Weckstein, R. S. 169, 480
Weizsäcker, C. C. von 253
Wellisch, P. 21, 69, 90, 191, 225, 231, 423, 476, 477
Williams, R. 113, 480
Wolfe, P. 330, 354, 363, 462, 463, 474, 480

Sachverzeichnis

Im folgenden wird kein vollständiges Sachverzeichnis gegeben, sondern nur ein alphabetisches Verzeichnis der Begriffe, die im Buch in einem speziellen Sinne gebraucht und bei ihrem ersten Vorkommen bzw. an der Stelle ihrer Definition mit S p e r r d r u c k hervorgehoben sind. Die Zahlen verweisen auf die Seiten, wo die Begriffe definiert und ausführlich erläutert werden.

Nach einigen Stichwörtern steht die Abkürzung (ZP), ein Hinweis darauf, daß die spezielle Erläuterung des betreffenden Begriffs im Kapitel 24, im Zusammenhang mit der Zweiebenenplanung zu finden ist.

Abschluß der Berechnung (ZP) 343
Adressat 30
Akkumulationsanteil 250
Aktivität 73
Aktuelles Preissystem 48
Anforderung, wirtschaftspolitische 388
Angabenbereich 159
Annehmbare Arbeitshypothese 232
Arbeit, technische Ausrüstung 255
Arbeitshypothese 232
Arbeitskraftquote (ZP) 333
Arbeitsproduktivität 258
Aufgabe, angespannte wirtschaftspolitische 383
—, überspannte wirtschaftspolitische 383
—, weiche wirtschaftspolitische 383
Aufwand 53
Aufwandkoeffizient 53
Aufwandsfunktion 313
Aufwendung, externe 52
Aufwendungsinhalt, voller inländischer 296
Aufwendungskoeffizient, externer 53
Ausgangspreissystem 223
Ausnutzung, extensive 434
Ausstoß, Brutto- 50
—, externer 51
Auswahl, auf Rangordnung beruhende 126
Außenhandelspreis 208
Äußere Schranke 37

Bedarf, indirekter 51
Beendbarkeit, Prüfung (ZP) 343
Berechnung, Abschluß (ZP) 343
Beschäftigtenanzahlkoeffizient (ZP) 337
Beschränkte Sicherheit 179
Betriebskosten 47, 82
Betriebskosten, proportionale 413
Bewertung, offizielle kalkulatorische 48
Bilanz 29
—, synthetische 29
—, spezifizierte 33
Bilanzprodukt 30
Bruttoausstoß 50
Bruttoinvestitionsbedarf 76

Daten, charakteristische des Modells 150
δ-optimales Programm 341
Devisenertrag (ZP) 337
Devisenkurs 48
Differentielle Effektivität des Produktionsfonds 235
— Produktivität der Beschäftigtenanzahl 235
— Proportion der Substitution 236
Direkter Lohnkoeffizient 220
— Materialinputkoeffizient 51
— Produktionsfondskoeffizient 218
Diskontierte Kostensumme 420
Dokumentierte Plangleichung 37
— Planzahl 36
Dominieren 126
Duale parametrische Optimierung 309

Durchschnittliche Effektivität des Produktionsfonds 256
— Arbeitsproduktivität 258

Effektivität, differentielle des Produktionsfonds 235
—, durchschnittliche des Produktionsfonds 256
Effizientes Programm 388
Eingeschränkte Importaktivität (ZP) 335
Einschränkung 75
—, spezielle (ZP) 337
Einschränkungskonstante 84
Elastizität des Nationaleinkommens 254
— — — in bezug auf den Produktionsfonds 254
— — — — — — die Beschäftigtenanzahl 254
Empfindlichkeitsuntersuchung 149
Entscheidungsproblem 69
Erfüllungsproportion 139
Erhaltung 32
Exportaktivität (ZP) 334
Exportpreis 208
Extensive Ausnutzung 434
Externe Aufwendung 52
Externer Aufwendungskoeffizient 53
— Ausstoß 51
— Verbrauch 333

Fertigstellungszeit 419
Forderung, wirtschaftspolitische 379
Form »von-bis« 159
Formel für die Produktionsfondsabgabe 418
Freie Importaktivität (ZP) 335

Genehmigungsdokument 45
Gewicht 377
Grundfonds 47

Hasardstrategie 180
Hilfsplangleichung 37
Hilfsplanzahl 36

Identitätsbereich, qualitativer 152
—, quantitativer 152
Importaktivität (ZP) 335
—, freie (ZP) 335
—, eingeschränkte (ZP) 335
Importpreis 208
Indexsystem 29
Indirekter Materialinputkoeffizient 50
Informationsaufgabe, volle zentrale (ZP) 330
Innerer Produktionsfondsabgabefaktor 47, 246
Inneres Quadrat der technologischen Matrix 51
Input-Output-Tabelle 50
Instandhaltungsaufwand 215
Inverse Matrix 51
Investitionsaktivität (ZP) 334
Investitionsbedarf, Brutto- 76
Investitionskosten 46
—, verzinste 419
Isoquantenkurve 236

Kalkulatorische Lohnsteuer 209
— offizielle Bewertung 48
Kalkulatorischer Lohnfaktor 209
— offizieller Preis 48
— — Produktionsfondsabgabefaktor 47
— Produktionsfondsabgabefaktor 209
— Zinsfuß 213
Kehrmatrix 51
Koeffizient, Materialinput- (ZP) 336
—, direkter Materialinput- 51
—, technologischer 50
Konsistenzuntersuchung 322
Konstruierte Maßeinheit 379
Konventionelle Maßeinheit 379
Kosten, Investitions- 46
—, programmabhängige 81
Kostendegression 107
Kostenniveaugerade 240
Kostenprogression 104
Kostensumme, diskontierte 420

Langfristige Aufwandsfunktion 313
Lohn, rationaler kalkulatorischer 239
Lohnfaktor, kalkulatorischer 209
Lohnkoeffizient, direkter 220
Lohnsummensteuer, kalkulatorische 209

Maschinengruppe 73
Materialinputkoeffizient 50, 336
—, direkter 51
—, indirekter 51
—, voller 51
Materialquote (ZP) 333
Matrix, inverse 51
—, inneres Quadrat der technologischen Matrix 51
Maßeinheit, konstruierte 379
—, konventionelle 379
Maximale Sicherheitsstrategie 180

Nationaleinkommen, Elastizität in bezug auf den Produktionsfonds 254
—, — — — — — die Beschäftigtenanzahl 254
Neuheitspreis 276
Normalpreis 283

Oberes Optimum (ZP) 343
Offizielle kalkulatorische Bewertung 48
Offizieller kalkulatorischer Preis 48
— — Produktionsfondsabgabefaktor 47
— Plan 78
Optimales Programm 84
Optimierung, duale parametrische 309
—, parametrische 151
Optimierungsaufgabe, primale 238
Optimierungssphäre 72
Optimierungsüberschuß 397
Optimum, oberes (ZP) 343
—, unteres (ZP) 343
Optimumkomponent, spezieller (ZP) 346
Output, Input-Output-Tabelle 50
Outputkoeffizient (ZP) 335

Parameter 151
Parametrische Optimierung 151
— —, duale 309
Phase (ZP) 342
Plan, offizieller 78
Plandirektive (ZP) 66, 332
Planer 394
Plangleichung, dokumentierte 37
—, Hilfs- 37
Planjahr 68
Plankoordinierung 40
Planperiode (ZP) 332
Planzahl, dokumentierte 36
—, Hilfs- 36
Planungsmethode, traditionelle 27
Präferenzrelation 389
Präferenzsystem 390
Praxeologie 17
Preis, Export- 208
—, Import- 208
—, kalkulatorischer 48
—, Neuheits- 276
—, Normal- 283
—, offizieller kalkulatorischer 48
—, Schatten- 325
Preissystem, aktuelles 48
Primäre Optimierungsaufgabe 238
Produkt 30
Produktionsaktivität (ZP) 334
Produktbilanz 29
Produktionsfonds 47
—, differentielle Effektivität 235
—, durchschnittliche Effektivität 256
Produktionsfondsabgabe 47
—, Formel 418
Produktionsfondsabgabefaktor, offizieller, kalkulatorischer 47
—, innerer 47, 246
— , rationaler kalkulatorischer 239
Produktionsfondskoeffizient 218
Produktionsfunktion 233
Produktivität, differentielle der Beschäftigtenanzahl 235
Programm 75
—, δ-optimales (ZP) 341
—, effizientes 388
—, optimales 84
—, Struktur 152
—, zulässiges 84
—, wirtschaftspolitisch annehmbares 394
Programme, Menge der in Frage kommenden 393
Proportion, differentielle der Substitution 236
Proportionale Betriebskosten 413
Provisorische Arbeitshypothese 232
Prüfung der Beendbarkeit (ZP) 343

Qualitativer charakteristischer Wert 153
— Identitätsbereich 152
Qualitätsparameter des technischen Niveaus 254
Quantitativer charakteristischer Wert 153
— Identitätsbereich 152

Rangordnung, auf Rangordnung beruhende Auswahl 126
Rationaler kalkulatorischer Lohn 239
— — Produktionsfondsabgabefaktor 239
Resultat, wirtschaftspolitisches 387
Resultatvektor 388
Richtwertzahlen 308
Risikoindifferente Strategie 179

Schachbrettbilanz 55
Schattenpreis 48, 325
Schlupfvariable 83
Schranke, äußere 37
Schritt (ZP) 343
Sicherheit, beschränkte 179
Sicherheitsfaktor 178
Sicherheitsniveau 164, 178
Sicherheitsoptimierung 178
Sicherheitsrangordnung 165

Sicherheitsstrategie 179
—, maximale 180
Sicherheitswert 178
Spezielle Optimumkomponente (ZP) 346
Standardverteilung 250
Strategie, Hasard- 180
—, maximale Sicherheits- 180
—, risikoindifferente 179
—, Sicherheits- 179
Struktur des Modells 149
— der Produktion 19
— des Programms 152
Strukturentscheidung 19

Technische Ausrüstung der Arbeit 255
Technologische Matrix, inneres Quadrat 51
—, Variante 74
Technologischer Koeffizient 50
Teilbarkeit des Umfangs der Aktivität 100
Traditionelle Planungsmethode 27

Unannehmbare Arbeitshypothese 232
Unteres Optimum (ZP) 343
Untersuchung, Konsistenz- 322
—, Empfindlichkeits- 149
Unsicherheitsbuße 165, 179
Uusicherheitsgrad 159
Unsicherheitsprämie 165, 180
Umfang 73
Umlauffonds 47

Variante, technologische 74
Veränderliche des Modells 73
Verbrauch, externer (ZP) 333
Verrechnung als Außenhandelsaufwand 208
— — inländischer Aufwand 208
Verrechnungsperiode 420
Verrechnungsprinzip 207
Versorgungsaufgabe (ZP) 333
Verzinste Investitionskosten 419
Volle zentrale Informationsaufgabe 330
— Zurechnung 259
Voller inländischer Aufwendungsinhalt 296
— externer Aufwand 53
— — Aufwandkoeffizient 53
— Materialinputkoeffizient 51
Vollständiges Präferenzsystem 390
»Von-bis«-Form 159
Vorzugsmaterial 412

Wert, qualitativer charakteristischer 153
—, quantitativer charakteristischer 153
Wirtschaftsleitung 389
Wirtschaftlichkeitskennziffer 46
Wirtschaftspolitisch annehmbares Programm 394
Wirtschaftspolitische Anforderung 388
Wirtschaftspolitische Aufgabe 379
— —, angespannte 383
— —, überspannte 383
— —, weiche 383
— Forderung 379
Wirtschaftspolitisches Ziel 373

Zeitabschnitt (ZP) 332
Zentrale (ZP) 332
— Informationsaufgabe 330
Ziel, wirtschaftspolitisches 373
Zielfunktion 81
Zinsfuß, kalkulatorischer 214
Zulässiges Programm 84
Zurechnung, volle 259
Zuteilungsaufgabe 239
Zuteilungsprogramm 238
Zweiebenenplanung 330

Für die Ausgabe und Herstellung verantwortlich: György Bernát
Direktor des Verlags und der Druckerei der Ungarischen Akademie der Wissenschaften
Für die Redaktion verantwortlich: Wilma Krause
Technischer Redakteur: Mária Meznerics
Umschlag und Einband von: János Erdélyi
Schrift: 10/11 Punkt New Times Roman
Satz und Druck: Akadémiai Nyomda, Budapest

tung der Perspektivpläne, das Modell der sog. Zweiebenenplanung, die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung bei den Wirtschaftsentscheidungen, die Möglichkeit einer Kombination der Programmierungsmodelle mit den Input-Output-Tabellen besprochen, ferner zahlreiche wichtige theoretische Probleme der Volkswirtschaft, wie die Fragen der Unsicherheit, des Risikos, des kalkulatorischen Preissystems, des Produktionsfondsabgabefaktors und des volkswirtschaftlichen Optimumkriteriums, analysiert. Die Mathematiker T. Lipták und P. Wellisch waren die Verfasser bzw. Mitverfasser einiger Kapitel.

AKADÉMIAI KIADÓ

Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

Vertrieb: KULTURA, Budapest 62. Postfach 149