

82 82 - 2539

# Unternehmenskrisen – Ursachen, Frühwarnung, Bewältigung

Herausgegeben von Rudolf Bratschitsch/  
und Wolfgang Schnellinger.

Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e. V.  
Bericht über die Pfingsttagung in Innsbruck, Juni 1979

1751)

C.E. Poeschel Verlag Stuttgart

Herausgeber:

Dr. Rudolf Bratschitsch

o. Univ.-Professor, Institut für Industrie und Handel

der Universität Innsbruck, Vorsitzender des Programmkomitees der Tagung  
und

Mag. Wolfgang Schnellinger

Univ.-Assistent, Institut für Industrie und Handel

der Universität Innsbruck, Organisationsleitung der Tagung



CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

**Unternehmenskrisen – Ursachen, Frühwarnung, Bewältigung:**

Bericht über d. Pfingsttagung in Innsbruck, Juni 1979

Verb. d. Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e. V.

Hrsg. von Rudolf Bratschitsch u. Wolfgang Schnellinger. –

Stuttgart: Poeschel, 1981.

ISBN 3-7910-0265-1

NE: Bratschitsch, Rudolf [Hrsg.]; Verband der  
Hochschullehrer für Betriebswirtschaft

© J. B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung  
und Carl Ernst Poeschel Verlag GmbH in Stuttgart 1981

Satz: acomp, Wemding

Druck: aprinta, Wemding

Printed in Germany

# Vorwort

Die traditionelle Pfingsttagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e. V. fand 1979 erneut in Innsbruck statt, nachdem diese Universität die Jahrestagung schon 1972 ausgerichtet hatte.\* Der vorliegende Tagungsgesamtband soll über den Inhalt dieser Tagung informieren. Um den Eindruck der Einheit dieser Veranstaltung auch hier zu betonen, werden alle vorgetragenen Referate angeführt. Dabei ist zwischen solchen Beiträgen, die im Wortlaut abgedruckt werden, und jenen, für die lediglich eine Quellenangabe erfolgt, zu unterscheiden.

Der Gedanke, einmal eine Jahrestagung dem wichtigen Thema der Unternehmenskrisen zu widmen, wurde von den Innsbrucker Betriebswirten bereits 1975 entwickelt und in den nächsten Jahren immer mehr konkretisiert. Da ein Thema wie das ins Auge gefaßte immer auf dem Hintergrund der gesamtwirtschaftlichen Situation im näheren und weiteren Umkreis des Tagungsortes gesehen wird, beinhaltete die Rahmenvorstellung ein besonderes Risiko, weil man nicht vorzeitig absehen konnte, ob die Thematik zum Veranstaltungszeitpunkt überhaupt in die ökonomische Gesamtsituation passen würde. Dabei war insbesondere zu bedenken, daß gerade bei den Pfingsttagungen der Verband als Ganzes in den Blickpunkt der Öffentlichkeit gerückt wird.

Bei der Diskussion unter den Programmverantwortlichen setzte sich aber die Meinung durch, daß das Rahmenthema »Unternehmenskrisen« doch in einer gewissen Unabhängigkeit von der jeweiligen Konjunktursituation zu sehen sei. Zum einen kann es ja auch in guten volkswirtschaftlichen Konjunktursituationen erhebliche Krisen in einzelnen Branchen und Betrieben geben; zum anderen gilt es gerade in guten Situationen die Instrumente zur Frühdiagnose und Therapie von »Unternehmenskrankheiten« zu entwickeln.

So entschied man sich schließlich für das Tagungsthema »Unternehmenskrisen – Ursachen, Frühwarnung und Bewältigung« und brachte in der Ausschreibung zum Ausdruck, daß der thematische Schwerpunkt auf Krisen liegen sollte, die durch technologische, sektorale, gesamtwirtschaftliche oder gesellschaftspolitische Strukturänderungen an das Unternehmen herangetragen werden, wobei die angesprochenen Problemlösungen immer betriebswirtschaftlicher Art sein sollten.

Leider konnte die geplante Podiumsdiskussion mit dem Vorsitzenden des Bundesverbandes der deutschen Industrie, Prof. Dr. R. Rodenstock, und dem Vorsitzenden des Deutschen Gewerkschaftsbundes, H. O. Vetter, über die Absichten des DGB in Verbindung mit der erweiterten Arbeitnehmermitbestimmung ein eigenes Frühwarnsystem einzuführen, nicht realisiert werden. Der Praxisbezug der Tagung ließ sich aber auch hier durch die Mitwirkung einer Reihe namhafter Praktiker als Referenten und Diskussionspartner erreichen.

Ich möchte nicht versäumen, den Dank all jenen auszusprechen, die sich der inhaltli-

\* Vgl. hier den Bericht über die Innsbrucker Tagung 1972 mit dem Thema »Unternehmensführung und Organisation«, Wiesbaden 1973

chen Vorbereitung dieser Tagung besonders angenommen haben. Wenn die Innsbrucker Tagung 1979 ein Erfolg wurde, ist das nicht zuletzt ihnen zu danken.

In allen wissenschaftlichen Veranstaltungen wurde profunde Arbeit geleistet, und es war für viele oft schwer, Entscheidungen für oder gegen den Besuch von Veranstaltungen zu treffen, die parallel geführt werden mußten.

Gerade die Wahl des Tagungsortes Innsbruck hat den internationalen Charakter des Verbandes besonders dokumentiert. Das Gebotene traf auch in örtlicher Hinsicht die Intentionen vieler Verbandsmitglieder, die auf einer solchen übernationalen Basis Wesentliches zur gemeinsamen Bewältigung anstehender Probleme in der Gegenwart und zur Wegleitung für die Zukunft erhofften.

Innsbruck, Mai 1980

*Rudolf Bratschitsch*

# Inhaltsverzeichnis

Rudolf Bratschitsch

Vorwort . . . . . V

Peter Mertens

Eröffnung der Jahrestagung 1979 des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft in Innsbruck . . . . . 1

Eberhard Witte

Die Unternehmenskrise – Anfang vom Ende oder Neubeginn? . . . . . 7

Ernst Dürr

Konjunktur-, Struktur- oder Wachstumskrise? . . . . . 25

Ludwig Berekoven

Krisenhafte Nachfrageentwicklungen in Konsumgütermärkten – Ursachen, Lösungsansätze . . . . . 43

Heribert Meffert/Simone Pfeiffer

Die Akzeptanz von Produktinnovationen im Handel – Implikationen für das Marketing . . . . . 63

Werner-Michael Esser

Technologiefolgen – Abschätzung und Unternehmensplanung . . . . . 85

Hermann Krallmann

Das Instrumentarium des Modell-Methoden-Verbundes zur Innovations- und Investitionsplanung . . . . . 123

Norbert Szyperski

Unternehmensgründungen in der Krisendynamik . . . . . 149

Wilhelm Uhlenbruck

Krise, Konkurs, Vergleich und Sanierung als neue Aufgabe der Betriebswirtschaft . . . . . 173

Joachim Niedereichholz

Auswirkungen des verstärkten Einsatzes von Mikroprozessor-Techniken auf die Personalpolitik . . . . . 215

Hans-Ulrich Küpper

Dynamische Produktionsfunktionen als Grundlage für eine Analyse von Interdependenzen in der Produktion . . . . . 225

Joachim Zentes  
Datenschutz: Krise der Informationsgewinnung? . . . . . 241

Klaus Hansen  
Medizinisch-ökonomische Entscheidungsvorbereitung mit Hilfe der Systemfor-  
schung im schrumpfenden Krankenhausbetrieb . . . . . 255

Wolfgang Scholl  
Der Einfluß der Mitbestimmung auf die Planung und Durchführung von Personal-  
maßnahmen in der Rezession . . . . . 281

Wolfgang Gerke  
Liquidation und Konzentration innovativer Unternehmen – Schuld der bestehen-  
den Finanz-Institutionen . . . . . 301

Peter Horváth  
Einsatzmöglichkeiten des Zero-Base Budgeting als Krisenbewältigungsinstru-  
ment . . . . . 319

Hans Lexa  
Stagnation und Besteuerung . . . . . 335

Friedrich Hanssmann  
Zur Quantifizierung der Unternehmensstrategie auf der Ebene strategischer Ge-  
schäftseinheiten . . . . . 341

Reinhart Schmidt  
Diagnose von Unternehmensentwicklungen auf Basis computergestützter Inhalts-  
analyse . . . . . 353

Verzeichnis der Beiträge, die nicht in diesem Tagungsband abgedruckt sind . . . 381

Wolfgang Schnellinger  
Organisatorische Aspekte der Tagung . . . . . 383

Angaben zu den Autoren . . . . . 387

Stichwortregister . . . . . 389

## Dynamische Produktionsfunktionen als Grundlage für eine Analyse von Interdependenzen in der Produktion

- A. Notwendigkeit dynamischer Ansätze in der Produktionstheorie
- B. Entwicklung dynamischer Produktionsfunktionen auf der Basis des Input-Output-Modells
  - I. Grundlegende Komponenten des dynamischen Ansatzes
  - II. Herleitung dynamischer Produktionsfunktionen
- C. Abbildung ablauforganisatorischer Tatbestände in einem interdependenten Produktionsmodell
  - I. Einführung von Reihenfolgevariablen
  - II. Verbindung von Produktionsfunktion und Nebenbedingungen in einem interdependenten Produktionsmodell
- D. Strukturmerkmale des interdependenten Produktionsmodells
  - I. Eigenschaften der Input-Output-Beziehungen
  - II. Interdependenz der Einflußgrößen
  - III. Gesichtspunkte für die Formulierung einer Zielfunktion
- E. Thesenartige Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Anmerkungen

## A. Notwendigkeit dynamischer Ansätze in der Produktionstheorie

Die betriebswirtschaftliche *Produktionstheorie* bildet die Beziehungen zwischen Gütereinsatz und Güterausbringung in Unternehmungen ab. Sie sollte als theoretisches Aussagensystem eine Grundlage für die *Produktionsplanung* sowie für *Kostentheorie* und *Kostenrechnung* liefern. Hierzu ist es erforderlich, daß in produktionstheoretische Aussagensysteme die verschiedenartigen Einflußgrößen der Produktion eingehen und die Beziehungen zwischen diesen Einflußgrößen erfaßt werden.

Eine Klasse von Einflußgrößen bilden die Entscheidungstatbestände der *Ablauforganisation*. Durch die Festlegung von Losgrößen, Arbeitsverteilung und Reihenfolgen wird der Vollzug des Produktionsprozesses im Zeitablauf bestimmt. Will man den Einfluß der Ablauforganisation auf die Input-Output-Beziehungen abbilden, erscheint es notwendig, von einem dynamischen Ansatz der Produktionstheorie auszugehen. Unumgänglich ist ein solcher Ansatz für die Produktionsplanung, wenn zeitliche Interdependenzen bestehen, weil die Absatzmengen nicht stationär oder die Lagerkosten in der Zielfunktion enthalten sind. [1]

Daher wird in Teil B. dieses Beitrags eine dynamische Produktionsfunktion entwickelt. In Teil C. wird gezeigt, wie sich diese in ein interdependentes Produktionsmodell zur Abbildung variabler Arbeitsverteilungen, Losgrößen und Reihenfolgen einfügen läßt. Dann werden in Teil D. die wichtigsten Strukturmerkmale dieses Modells herausgearbeitet.

## B. Entwicklung dynamischer Produktionsfunktionen auf der Basis des Input-Output-Modells

### I. Grundlegende Komponenten des dynamischen Ansatzes

Ausgangspunkt der folgenden Analyse ist die Entwicklung einer dynamischen Produktionsfunktion auf der Basis des Input-Output-Modells. [2] Die im Produktionsprozeß eingesetzten und erstellten Güter werden in bezug auf drei *Dimensionen* abgebildet: Güterart, Gütermenge und zeitliche Anordnung. Hierzu wird der gesamte Produktionsprozeß methodisch in zweifacher Hinsicht unterteilt:

- (1) In *sachlicher* Hinsicht gliedert man ihn in derart viele Teilprozesse, daß jede Einsatz- oder Ausbringungsgüterart beispielsweise an Stoffen, menschlicher oder maschineller Arbeit als Output eines Teilprozesses interpretiert werden kann. Die originären Einsatzgüter faßt man als Ausbringungsgüter von Beschaffungsprozessen auf.



(2) In *zeitlicher* Hinsicht wird der gesamte Betrachtungs- oder Planungszeitraum in eine vorgegebene Zahl unmittelbar aufeinanderfolgender Intervalle unterteilt. [3]

Die Güterarten werden im folgenden durch einen tiefgestellten Index  $i$  bzw.  $j = 1, \dots, J$ , die Zeitintervalle durch einen hochgestellten Index  $t = 0, \dots, T$  bezeichnet. Grundlegende Elemente des Ansatzes sind *Mengengleichungen* für jede im Produktionsprozeß enthaltene Güterart  $i$  und dynamische *Transformationsfunktionen* für die Input-Output-Beziehungen in den Teilprozessen. Bezeichnet man die Ausbringungsmenge der  $i$ -ten Güterart im Intervall  $t$  mit  $r_i^t$ , die Wiedereinsatzmenge dieser Güterart  $i$  in einem anderen Teilprozeß  $j$  in  $t$  mit  $r_{ij}^t$ , die Absatzmenge von  $i$  in  $t$  mit  $x_i^t$  und den Lagerbestand von Güterart  $i$  am Ende des Intervalls  $t$  mit  $l_i^t$ , so kann für jeden Teilprozeß bzw. jede Güterart  $i$  folgende *Mengengleichung* aufgestellt werden:

$$r_i^t = \sum_j r_{ij}^t + x_i^t + l_i^t - l_i^{t-1} \quad \text{stets } i \text{ und } t \quad (1)$$

Sie beschreibt, welche Menge der  $i$ -ten Güterart im Intervall  $t$  hervorgebracht ( $r_i^t$ ), zur Herstellung einer anderen Güterart wiedereingesetzt ( $r_{ij}^t$ ) oder am Markt abgesetzt ( $x_i^t$ ) wird sowie am Ende von  $t$  ( $l_i^t$ ) bzw. zu Beginn von  $t$  und Ende von  $t-1$  gelagert ( $l_i^{t-1}$ ) ist. Der gesamte Produktionsprozeß wird durch  $J$  Gleichungen der Art (1) für jedes Intervall erfaßt.

Die *dynamischen Transformationsfunktionen* geben die mengenmäßigen und zeitlichen Beziehungen zwischen der in einem Prozeß  $j$  erzeugten Gütermenge  $r_j$  und den für diese Erzeugung notwendigen Einsatzmengen  $r_{ij}$  an. Verzichtet man im allgemeinen Ansatz auf eine exakte Angabe der Art mengenmäßiger Beziehungen zum Beispiel in Form einer Leontieffunktion oder einer Gutenberg-Verbrauchsfunktion und unterstellt man für jedes Einsatzgut  $i$  im Prozeß  $j$  eine vorgegebene konstante Verweilzeit  $\tau$ , dann lassen sich die dynamischen Transformationsfunktionen wie folgt formulieren:

$$r_{ij}^t = f_{ij}^t(\dots) \cdot r_j^{t+\tau} \quad \text{stets } i, j \text{ und } t \quad (2)$$

Die Verweilzeit  $\tau$  gibt an, wieviel Intervalle vor Fertigstellung des  $j$ -ten Gutes das  $i$ -te Einsatzgut bereitgestellt werden muß.

## II. Herleitung dynamischer Produktionsfunktionen

Um die *Produktionsfunktion der Unternehmung* herzuleiten, sind die dynamischen Transformationsfunktionen (2) in die Mengengleichungen (1) einzusetzen. Betragen die Verweilzeiten  $\tau$  für alle Güterarten und Prozesse genau eine Intervalldauer, so setzt man die dynamischen Transformationsfunktionen für  $\tau = 1$

$$r_{ij}^t = f_{ij}^t(\dots) \cdot r_j^{t+1} \quad \text{stets } i, j \text{ und } t \quad (3)$$

in die Mengengleichungen (1) ein und erhält als  
*Grundgleichungen des Input-Output-Modells:*

$$r_i^t = \sum_j f_{ij}^1(\dots) \cdot r_j^{t+1} + x_i^t + l_i^t - l_i^{t-1} \quad \text{stets } i \text{ und } t \quad (4)$$

Faßt man diese Gleichungen intervallweise zusammen, dann gilt für jedes Intervall  $t$  in Matrixschreibweise ein Gleichungssystem der Art (5):

$$r^t = F_1 \cdot r^{t+1} + x^t + l^t - l^{t-1} \quad \text{stets } t \quad (5)$$

In (5) sind die direkten funktionalen Beziehungen  $f_{ij}^1(\dots)$  in einer Direktverbrauchsmatrix  $F_1$  angeordnet. Ihr tiefgestellter Index besagt, daß die Verweilzeiten aller Elemente eine Intervalldauer umfassen. Die Vektoren  $r^t$ ,  $x^t$ ,  $l^t$  bzw.  $l^{t-1}$  geben die Ausbringung-, Absatz- sowie Lagerbestandsmengen der Güterarten  $i = 1, \dots, J$  wieder.

Für den gesamten Betrachtungszeitraum erhält man ein System aus Gleichungssystemen der Art (6)

$$\begin{bmatrix} 0 \\ r^1 \\ r^2 \\ \vdots \\ r^{T-1} \\ r^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1 \cdot r^1 \\ F_1 \cdot r^2 \\ F_1 \cdot r^3 \\ \vdots \\ F_1 \cdot r^T \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ x^1 \\ x^2 \\ \vdots \\ x^{T-1} \\ x^T \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l^0 \\ l^1 \\ l^2 \\ \vdots \\ l^{T-1} \\ l^T \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} l^0 \\ l^0 \\ l^1 \\ \vdots \\ l^{T-2} \\ l^{T-1} \end{bmatrix} \quad (6)$$

In diesem ist berücksichtigt, daß zu Beginn des ersten Intervalls die Einsatzgütermengen  $F_1 \cdot r^1$  aus dem Lageranfangsbestand  $l^0$  für die im ersten Intervall herzustellenden Gütermengen  $r^1$  bereitgestellt werden müssen. Durch die Variablen  $l^0$  werden die Lagerbestände wiedergegeben, über die zu Beginn des ersten Intervalls noch nicht disponiert ist.

In der betriebswirtschaftlichen Produktionstheorie werden im allgemeinen die Gütereinsatzmengen in Abhängigkeit von den Absatz- und Lagermengen angegeben. Deshalb sind die Gleichungssysteme (6) nach den Vektoren  $r^t$  aufzulösen, welche die originären Gütereinsatzmengen als Ausbringungsmengen von Beschaffungsprozessen enthalten. Hierzu setzt man die Gleichungen für  $r^T$  des letzten Intervalls  $T$  in die Gleichungen des vorletzten Intervalls  $T-1$  ein und anschließend die erhaltenen Gleichungen für  $r^{T-1}$  in die Gleichungen des vorhergehenden Intervalls  $T-2$ . Auf diese Weise läßt sich der gesamte Ansatz rekursiv auflösen. [4] Allgemein gilt für die Ausbringungsmengen  $r^t$  eines jeden Intervalls  $t$  die Beziehung (7):

$$r^t = \sum_{\theta=0}^{T-t} F_1^\theta \cdot (x^{t+\theta} + l^{t+\theta} - l^{t+\theta-1}) \quad t = 0, \dots, T \quad (7)$$

$$r^0 = 0; F_1^0 = E; l^{-1} = l^0$$

Sie kann als *dynamische Produktionsfunktion der Unternehmung bei Transformationsfunktionen für Verweilzeiten von einem Intervall* bezeichnet werden. [5] Mit ihr läßt sich ermitteln, welche Gütermengen die Unternehmung in unterschiedlichen Intervallen einsetzen und fertigen muß, sofern sie bestimmte, zeitlich verteilte Absatzmengen sowie Mindestlagerbestände plant. Diese Produktionsfunktion bildet neben den Gütermengen die Alternativen der Unternehmung hinsichtlich der zeitlichen Verteilung von Gütereinsatz und Fertigung ab.

Der Ansatz läßt sich erweitern, indem man in den dynamischen Transformationsfunktionen unterschiedliche Verweilzeiten  $\tau$  von  $\tau = 0$  bis  $\tau = \Omega$  berücksichtigt. Dann sind die Transformationsfunktionen (8)

$$r_{ij}^t = \sum_{\tau=0}^{\Omega} f_{ij}^{\tau}(\dots) \cdot r_j^{t+\tau} \quad (8)$$

in die Mengengleichungen (1) einzusetzen. Löst man das Gleichungssystem für alle Intervalle rekursiv nach den Vektoren der Ausbringungsmengen  $r^t$  auf [6], so erhält man die *dynamische Produktionsfunktion der Unternehmung bei Transformationsfunktionen für Verweilzeiten unterschiedlicher Dauer*:

$$r^t = \sum_{\theta=0}^{T-t} F_{\theta}^* \cdot (x^{t+\theta} + l^{t+\theta} - l^{t+\theta-1}) \quad t = 0, \dots, T \quad (9)$$

$$r^0 = 0; l^{-1} = \bar{l}.$$

$$\text{wobei} \quad F_{0\cdot}^* = (E - F_0)^{-1}$$

$$F_{\theta\cdot}^* = \sum_{v=1}^{\theta} (E - F_0)^{-1} \cdot F_v \cdot F_{\theta-v}^*$$

Eine wichtige Einschränkung des entwickelten Ansatzes besteht in der Voraussetzung, daß die Verweilzeiten  $\tau$  nur von den eingesetzten bzw. hergestellten Güterarten abhängig sind. [7] Der Einfluß von variablen Produktionsgeschwindigkeiten und Losgrößen auf die Verweilzeit in einem Teilprozeß oder Arbeitsgang ist in ihnen nicht berücksichtigt. Deshalb kann der vorgetragene Ansatz die realen Gegebenheiten lediglich näherungsweise wiedergeben.

## C. Abbildung ablauforganisatorischer Tatbestände in einem interdependenten Produktionsmodell

### I. Einführung von Reihenfolgevariablen

Durch die Abbildung des zeitlichen Vollzugs von Produktionsprozessen soll eine Basis für die Erfassung von Interdependenzen zwischen Ablauforganisation und Produktionstheorie gelegt werden. Um den Einfluß der *Arbeitsverteilung* von Aufträgen

auf Produktiveinheiten, der *Losgrößen* und der *Reihenfolgen* je Produktiveinheit wiederzugeben, erscheint es nach Vorschlägen von W. Dinkelbach [8], D. Adam [9] und D. B. Pressmar [10]) in einem Modell mit diskreten Zeitintervallen zweckmäßig, binäre intervallbezogene *Zuordnungsvariablen*  $z_{im}^t$  einzuführen. Diese geben an, ob die Produktart  $i$  im Intervall  $t$  von der Produktiveinheit  $m$  erzeugt wird oder nicht. Sie sind wie folgt definiert:

$$z_{im}^t = \begin{array}{ll} 1, & \text{sofern die } m\text{-te Produktiveinheit im Intervall } t \text{ die } i\text{-te Produktart} \\ & \text{erzeugt und fertigstellt} \\ 0, & \text{sonst} \end{array} \quad (10)$$

Ferner wird vorausgesetzt, daß jede Produktiveinheit  $m$  in jedem Intervall höchstens eine Produktart erzeugt. Es gelten also die Nebenbedingungen (11)

$$\sum_i z_{im}^t \leq 1 \quad \text{ganzzahlig} \quad \text{stets } m \text{ und } t \quad (11)$$

Aus den Werten der Zuordnungsvariablen für eine Produktiveinheit  $m$  in aufeinanderfolgenden Intervallen wird ersichtlich, in welcher Reihenfolge verschiedene Produktarten auf ihr hergestellt werden. Unter Berücksichtigung der Fertigungsmengen je Intervall läßt sich ferner erkennen, welche Zahl an Produkten zu einem Los oder Auftrag gehört. Schließlich ergibt sich aus den Werten der Zuordnungsvariablen für dieselbe Produktart, auf welchen verschiedenen Produktiveinheiten sie erzeugt wird. Demnach kann über die Zuordnungsvariablen auch die Arbeitsverteilung ausgedrückt werden.

Naheliegend ist der Versuch, die Zuordnungsvariablen in die dynamische Produktionsfunktion als weitere unabhängige Variablen aufzunehmen. Dieser Versuch ist jedoch nicht gelungen. Vielmehr erscheint es notwendig, den Einfluß von Arbeitsverteilung, Losgrößen und Reihenfolgen auf Gütereinsatz und Güterausbringung nicht innerhalb der Produktionsfunktion, sondern in einem eigenen, mit ihr verbundenen System von Nebenbedingungen zu berücksichtigen.

## II. Verbindung von Produktionsfunktion und Nebenbedingungen in einem interdependenten Produktionsmodell

In dem zu entwickelnden Produktionsmodell werden die Güterarten  $i$  in die Zwischen- und Endproduktarten  $p$  bzw.  $q = 1, \dots, Q$  sowie die originären Einsatzgüter Stoffe  $S$  und (maschinelle bzw. menschliche) Arbeit  $A$  gegliedert. Der gesamte Betrachtungszeitraum mit einer Dauer von  $D$  wird in  $T$  aufeinanderfolgende Intervalle mit den variablen Intervalldauern  $d^t$  eingeteilt.

Für die Wiedergabe der Fertigung von Zwischen- und Endprodukten  $p$  werden die *Fertigungszeitvariablen*  $d_{pm}^t$  eingeführt. Sie geben an, wie lange die Produktart  $p$  im Intervall  $t$  von der  $m$ -ten Produktiveinheit erzeugt wird. Die gesamte Fertigungsmenge  $r_p$  erhält man durch Multiplikation der Fertigungszeitvariablen mit Koeffizienten  $q_{pm}$

der Produktionsgeschwindigkeit für jede Produktiveinheit  $m$  und Produktart  $p$ . [11]  
Unter Verwendung dieser Variablen und Koeffizienten gilt für Zwischen- und Endprodukte anstelle von (4) die Grundgleichung (12), sofern man von Verweilzeiten  $\tau = 1$  für alle Produkte ausgeht:

$$r_p^t = \sum_m Q_{pm} \cdot d_{pm}^t = \sum_{q=1}^Q \sum_m f_{pq}^t \cdot Q_{qm} \cdot d_{qm}^{t+1} + x_p^t + I_p^t - I_p^{t-1} \quad \text{stets } p \text{ und } t \quad (12)$$

Diese *Produktgleichung* enthält die Möglichkeit, daß dieselbe Produktart auf verschiedenen Produktiveinheiten  $m$  erzeugt wird. Hierdurch wird die Arbeitsverteilung berücksichtigt. Um die Alternativen bei der Festlegung von Arbeitsverteilung und Reihenfolgen abzubilden, werden die oben eingeführten Zuordnungsvariablen  $z_{im}^t$  beibehalten und die (11) entsprechenden *Maschinenbelegungsbedingungen*

$$\sum_p z_{pm}^t \leq 1 \quad \text{ganzzahlig} \quad \text{stets } m \text{ und } t \quad (13)$$

aufgestellt. Die Beziehungen zwischen den *Fertigungszeitvariablen*  $d_{pm}^t$  und den *Zuordnungsvariablen*  $z_{pm}^t$  bringen die Nebenbedingungen (14) zum Ausdruck:

$$d_{pm}^t \leq z_{pm}^t \cdot D \quad \text{stets } p, m \text{ und } t \quad (14)$$

Eine wichtige ablauforganisatorische Einflußgröße stellen die *Losgrößen* dar. Sie lassen sich durch Einführung der Umrüstvariablen  $u_{qpm}^t$  sowie der entsprechenden Koeffizienten  $h_{qpm}$  für reihenfolgeabhängige Rüstzeiten erfassen. Die Alternativen der Umrüstung können bei negativer Gewichtung der Umrüstvariablen in der Zielfunktion nach einem Vorschlag von *Seelbach* und Mitarbeitern [12] durch die Nebenbedingungen (15)

$$u_{qpm}^t \geq z_{qm}^{t-1} + z_{pm}^t - 1 \quad \text{stets } p, q, m, t \quad (15)$$

wiedergegeben werden. Wenn eine Produktart  $p$  in einem Intervall  $t$  von der  $m$ -ten Produktiveinheit hergestellt wird, kann die Summe aus Umrüstzeit  $h_{qpm}$  und Fertigungszeit  $d_{pm}^t$  nicht größer als die Intervalldauer  $d^t$  sein. Dieser Zusammenhang ist in den *Einsatzzeitbedingungen* (16)

$$\sum_{q,p} h_{qpm} \cdot u_{qpm}^t + \sum_p d_{pm}^t \leq d^t \quad \text{stets } m, t \quad (16)$$

abgebildet. Ferner darf gemäß der *Intervallzeitbedingung* (17) die Summe der Intervallauern  $d^t$  die Dauer  $D$  des gesamten Betrachtungszeitraums nicht überschreiten:

$$\sum_t d^t \leq D \quad (17)$$

Alle Variablen dürfen nur nichtnegative Werte annehmen:

$$d_{pm}^t, z_{pm}^t, x_p^t, l_p^t, u_{qpm}^t \geq 0 \quad \text{stets } p, q, m, t \quad (18)$$

Die produktionstheoretischen Gleichungen (12) sind über die Fertigungszeitvariablen  $d_{pm}^t$  mit den Nebenbedingungen (13) bis (18) verknüpft. Dieses Aussagensystem bildet die Interdependenzen zwischen Fertigungs-, Absatz- sowie Lagermengen an Produkten und den ablauforganisatorischen Einflußgrößen Arbeitsverteilung, Losgrößen sowie Reihenfolgen ab.

Die *Produktgleichungen* (12) kennzeichnen die *Output-Seite* des Modells. Man kann sie in Matrixschreibweise angeben, indem man die Fertigungszeitvariablen  $d_{pm}^t$  je Intervall zu einem Spaltenvektor  $d^t$  mit den Elementen  $(d_{11}^t, d_{12}^t, \dots, d_{1M}^t, d_{21}^t, \dots)$ , die Beziehungen  $f_{pq}^t$  zu einer Direktverbrauchsmatrix  $F_{pp}$  [13] und die Koeffizienten der Produktionsgeschwindigkeiten zu einer Matrix

$$F_{PD} = \begin{pmatrix} Q_{11} & 0 & \dots & 0 & \dots & Q_{p1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & Q_{12} & \dots & 0 & \dots & 0 & Q_{p2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & Q_{1M} & \dots & 0 & 0 & \dots & Q_{pM} \end{pmatrix} \quad (19)$$

zusammenfaßt. Das Gleichungssystem (12) lautet dann in Matrixschreibweise

$$[r_p^t] = F_{PD} \cdot d^t = F_{pp} \cdot F_{PD} \cdot d^{t+1} + x_p^t + l_p^t - l_p^{t-1} \quad t = 0, \dots, T \quad (20)$$

Der *originäre Gütereinsatz* ist durch zusätzliche Gleichungen zu erfassen. Als Beispiel wird im folgenden lediglich der Verbrauch an *Stoffen* S ohne Differenzierung zwischen Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie der Verbrauch an Arbeit A ohne Differenzierung zwischen menschlicher und maschineller Arbeit berücksichtigt. Für jede konstante Produktionsgeschwindigkeit  $q_{pm}$  kann der Verbrauch an Stoffen in Abhängigkeit von den Fertigungszeiten angegeben werden. Faßt man diese direkten funktionalen Beziehungen mit einer Verweilzeit von einem Intervall in einer Direktverbrauchsmatrix  $F_{SD}$  zusammen und bezeichnet man die Beschaffungs-, Absatz- sowie Lagermengen durch Vektoren mit einem tiefgestellten Index S, dann gelten für die von außen bezogenen *Stoffe* die Gleichungssysteme (21):

$$r_S^t = F_{SD} \cdot d^{t+1} + x_S^t + l_S^t - l_S^{t-1} \quad t = 0, \dots, T \quad (21)$$

Für den Einsatz an (menschlicher und maschineller) *Arbeit* scheint die Hypothese gerechtfertigt, daß die Einsatzzeiten  $r_A^t$  von den Fertigungs- und den Rüstzeiten des gleichen Intervalls abhängen. Die funktionalen Beziehungen zwischen diesen Größen können in den Matrizen  $F_{AD}$  und  $F_{AU}$  zusammengefaßt werden. Da Arbeitszeiten nicht

lagerfähig sind, lassen sich für diese Einsatzgüter allgemein die Gleichungssysteme (22) formulieren:

$$r_A^t = F_{AD} \cdot d^t + F_{AU} \cdot u^t \quad t = 1, \dots, T \quad (22)$$

Die Gleichungssysteme (20) bis (22) geben die Input-Output-Beziehungen wieder. Zusammen mit den Nebenbedingungen (13) bis (18) sowie den Nichtnegativitätsbedingungen (23)

$$r_S^t, x_S^t, l_S^t, r_A^t \geq 0 \quad \text{stets } t \quad (23)$$

stellen sie ein umfassendes interdependentes Produktionsmodell dar.

## D. Strukturmerkmale des interdependenten Produktionsmodells

Das hier vorgestellte Produktionsmodell wird als theoretisches Aussagensystem verstanden, welches die Beziehungen zwischen Gütereinsatz, Güterausbringung und ablauforganisatorischen Einflußgrößen möglichst strukturähnlich abbilden soll. Es kann in erster Linie eine Grundlage für *theoretische* Analysen, erst in zweiter Linie die Basis zur Entwicklung praktisch anwendbarer Planungsmodelle liefern. Deshalb werden verschiedene Strukturmerkmale herausgearbeitet, die für industrielle Produktionsprozesse als weithin gültig anzusehen sind.

### 1. Eigenschaften der Input-Output-Beziehungen

Ein grundlegendes Merkmal des entwickelten produktionstheoretischen Ansatzes besteht in der Berücksichtigung *verschiedener Einflußgrößen*. Die Gütereinsatzmengen sowie deren zeitliche Verteilung sind nicht nur von den (zeitlich verteilten) Absatzmengen und geplanten Mindestlagerbeständen abhängig. Sie werden auch bestimmt durch die Entscheidungen über Arbeitsverteilung, Losgrößen und Auftragsreihenfolgen. Neben den zeitlichen, den intensitätsmäßigen und den quantitativen Anpassungsmöglichkeiten, die ohne Schwierigkeiten in das Produktionsmodell eingebaut werden können, werden damit weitere, in der Realität vorliegende Handlungsmöglichkeiten der Unternehmung in einem theoretischen Aussagensystem abgebildet. Zugleich werden die Alternativen in der *zeitlichen Verteilung* der Produktion erfaßt. Hierdurch wird ein Weg weitergeführt, der für die neuere betriebswirtschaftliche Produktions- und Kostentheorie charakteristisch ist.

Neben der Mehrvariabilität wird aus dem entwickelten Produktionsmodell eine weitere Eigenschaft der Input-Output-Beziehungen erkennbar, deren Bedeutung bisher

zu wenig betont wird. [14] Allgemein versucht man in der betriebswirtschaftlichen Produktionstheorie, die Einsatzgütermengen unmittelbar und eindeutig in Abhängigkeit vom Output anzugeben. In dem vorgelegten produktionstheoretischen Modell aus den Gleichungssystemen (20) bis (22) treten als gemeinsame Bestimmungsgrößen von Einsatz- und Ausbringungsmengen die Fertigungszeitvariablen  $d^t$  auf. Sie geben die Fertigungszeiten der Zwischen- und Endprodukte auf den einzelnen Produktiveinheiten in den verschiedenen Intervallen an. Um die Abhängigkeit der originären Einsatzgütermengen  $r_s^t$  sowie  $r_A^t$  von den Absatz- und Lagermengen  $x_p^t$  bzw.  $l_p^t$  zu ermitteln, müßte das Gleichungssystem (20) nach dem Vektor der Fertigungszeitvariablen  $d^t$  aufgelöst werden können. Dies ist aber nicht durchführbar, weil die Matrix  $F_{PD}$  für die direkten funktionalen Beziehungen zwischen Fertigungsmengen und Fertigungszeiten entsprechend (19) nicht quadratisch und damit nicht invertierbar ist. Da dieselbe Produktart bei variabler Arbeitsverteilung von verschiedenen Produktiveinheiten hergestellt werden kann, ist die Zahl der (Produkt-)Zeilen von  $F_{PD}$  geringer als die Zahl ihrer (Prozeß-)Spalten. Eine bestimmte mengenmäßige und zeitliche Kombination der Absatz- und Planlagermengen läßt sich mit unterschiedlichen Kombinationen der Arbeitsverteilung sowie verschiedenartiger zeitlicher Verteilung der Fertigungsprozesse erreichen. Sofern an den für dieselbe Produktart einsetzbaren Produktiveinheiten unterschiedliche Verbrauchsfunktionen und Ausschußkoeffizienten gelten, führt jede Alternative der Arbeitsverteilung zu anderen Einsatzmengen an Stoffen, Arbeit und damit anderen Kosten. Die Beziehungen zwischen den Einsatzgütermengen und den Absatz- sowie Lagermengen der Unternehmung sind demnach *vieldeutig*. [15].

In dem entwickelten Ansatz kommt den *Fertigungszeitvariablen*  $d^t$  eine zentrale Bedeutung zu. Von ihnen sind einerseits die Produktionsmengen  $r_p^t$ , andererseits die originären Gütereinsatzmengen  $r_s^t$  sowie  $r_A^t$  abhängig. Durch die Festlegung der Fertigungszeit einer Produktiveinheit für eine bestimmte Produktart zu jedem Zeitpunkt wird das Handeln in der Produktion determiniert. Arbeitsverteilung, Losgrößen, Reihenfolgen und Fertigungszeiten, die in diesen Variablen zum Ausdruck kommen, werden als »unmittelbare« Handlungsgrößen der Produktion aufgefaßt. Dieses Ergebnis wird durch die häufige Verwendung der Fertigungszeiten als Bezugsgrößen der Kostenplanung gestützt. Jedoch hat die Vieldeutigkeit der Input-Output-Beziehungen für die Kosten- und Leistungsrechnung zur Folge, daß sich die Gütereinsätze wohl den nach Produktarten und Produktiveinheiten differenzierten Fertigungszeiten, nicht aber den Ausbringungsmengen eindeutig zurechnen lassen.

## II. Interdependenz der Einflußgrößen

Ein weiteres zentrales Merkmal besteht in der *Interdependenz der Einflußgrößen*. In dem entwickelten Produktionsmodell wird sie formal daraus ersichtlich, daß durch die Zuordnungsvariablen  $z_{pm}^t$  und die mit ihnen gekoppelten Fertigungszeitvariablen  $d_{pm}^t$  gleichzeitig Arbeitsverteilung und Auftragsfolgen sowie über die Umrüstbedingungen die Losgrößen festgelegt werden. Sachlich läßt sich eine Reihe dieser Interdependenzen wie folgt aufzeigen.



Sofern bei variabler *Arbeitsverteilung* die für eine Produktart verwendbaren Produktiveinheiten unterschiedliche technisch-ökonomische Eigenschaften aufweisen, werden über die Arbeitsverteilung die Einsatzmengen an Roh- und Betriebsstoffen sowie an menschlicher und maschineller Arbeit beeinflusst. Die Arbeitsverteilung hat zugleich einen Einfluß auf die Stück- und die Rüstzeiten als wichtige Bestimmungsfaktoren der Losgrößen. Durch sie wird ferner festgelegt, welche Aufträge an den einzelnen Produktiveinheiten in eine Reihenfolge zu bringen sind.

Die Zahl der zu bearbeitenden Aufträge als maßgebliche Bestimmungsgröße der Arbeitsverteilung wird durch die Entscheidung über die *Losgrößen* festgelegt. Hiervon hängt die Menge der insgesamt notwendigen Rüstzeiten ab. Daraus ergeben sich die zur Bearbeitung verfügbaren Kapazitäten sowie die maximal herstellbaren Produktionsmengen. Über die Losgrößen werden die Bearbeitungsdauern je Auftrag festgelegt, die eine wichtige Bestimmungsgröße des Reihenfolgeproblems bilden. Bei geschlossener Produktion haben sie zugleich maßgebliche Auswirkungen auf die Durchlaufzeiten der Aufträge.

Durch die *Reihenfolge* der Aufträge werden die Wartezeiten und die Leerzeiten beeinflusst. Sie wirkt somit auch auf die Durchlaufzeiten sowie auf die Kapazitätsausnutzung der Produktiveinheiten ein. Die Entscheidung über die Arbeitsverteilung wird wesentlich davon bestimmt, welche Produktiveinheiten freie Kapazitäten aufweisen und welche günstigen Auftragsfolgen erzielbar sind. Im Fall reihenfolgeabhängiger Rüstzeiten ist die Reihenfolge mitbestimmend für die Dauer der Rüstzeiten. Sie determiniert dann einen wichtigen Bestimmungsfaktor des Losgrößenproblems.

Man erkennt, daß die Arbeitsverteilung maßgeblich für die Wahl der Losgrößen und der Auftragsfolgen ist, die Losgrößen Einfluß auf die Wahl der Arbeitsverteilung sowie der Reihenfolgen haben und die Reihenfolgen Bestimmungsgrößen des Losgrößen- sowie des Arbeitsverteilungsproblems beeinflussen. Zugleich sind diese Handlungsvariablen der Unternehmung *gemeinsam* maßgebend für die maximal herstellbaren Produktionsmengen, die Durchlaufzeiten der Aufträge, die Kapazitätsauslastung, die Lagerbestände und damit die zeitliche Verteilung der Produktion. Ihre Einflüsse sind *interdependent*, weil die Auswirkungen einer jeden von ihnen auf die Mengen- und Zeitstruktur der Produktion von den Ausprägungen der anderen Größen abhängen.

### *III. Gesichtspunkte für die Formulierung einer Zielfunktion*

Im Hinblick auf die Kostentheorie und die Produktionsplanung sind die Auswirkungen des Produktionsprozesses auf Kosten und Leistungen zu untersuchen. Deshalb ist abschließend auf einige Gesichtspunkte hinzuweisen, die sich für die Formulierung einer Zielfunktion aus der Verwendung eines dynamischen interdependenten Ansatzes ergeben.

In den Absatzmengenvariablen  $x_p$  sowie  $x_s$  enthält das Modell den Ansatzpunkt zur Ermittlung der Erlöse durch Multiplikation mit den Vektoren der Güterpreise  $\Pi_p$  bzw.  $\Pi_s$ . Die Kosten für Stoffe lassen sich ebenfalls durch Multiplikation mit variablen Beschaffungstückkosten  $k_s$  erfassen. Sofern die variablen Personal- und Maschinen-

kosten als proportional zu den Einsatzzeiten an menschlicher und maschineller Arbeitszeit angenommen werden können [16], sind sie durch Multiplikation der Einsatzzeitvektoren  $r_A^t$  mit Fertigungskostensätzen  $k_A$  zu bestimmen. Hier zeigt sich ein wichtiges Merkmal des interdependenten Ansatzes. Da die Auswirkungen von Fertigungs- und Umrüstprozessen auf die Gütereinsätze im Modell abgebildet sind, müssen für die Aufstellung der Zielfunktion *keine speziellen Kostensätze* je Bearbeitungs- und je Rüstzeiteinheit der einzelnen Produktiveinheiten errechnet werden.

Die Verwendung eines dynamischen Ansatzes ermöglicht die Berücksichtigung von *Schwankungen des Absatzes* sowie von *Änderungen der Absatzpreise und Kostensätze* im Zeitablauf. Vor allem bildet sie jedoch die Grundlage für eine (zumindest näherungsweise) Erfassung der Lagerkosten. Unterstellt man gegebene Lagerkostensätze  $k_{LP}$  bzw.  $k_{LS}$  je Güter- und Zeiteinheit für Zwischen- und Endprodukte P bzw. Einsatzstoffe S und ermittelt man die durchschnittlichen Lagerbestände vereinfachend als Mittel zwischen Anfangs- und Endbestand je Intervall, so kann die Deckungsbeitragsfunktion (24) formuliert werden:

$$Z = \sum_t [II'_p \cdot x_p^t + II'_s \cdot x_s^t - k'_s \cdot r_s^t - k'_A \cdot r_A^t - \frac{1}{2} \cdot k'_{LP} \cdot (I_p^t - I_p^{t-1}) \cdot d^t - \frac{1}{2} \cdot k'_{LS} \cdot (I_s^t - I_s^{t-1}) \cdot d^t] \quad (24)$$

## E. Thesenartige Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Zusammenfassend lassen sich die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchung in vier Thesen wiedergeben:

### 1. These

Durch die Weiterentwicklung des statischen Input-Output-Ansatzes können *dynamische Produktionsfunktionen* für unterschiedliche Verweilzeiten hergeleitet werden.

### 2. These

Es ist nicht gelungen, die *ablauforganisatorischen Einflußgrößen* Arbeitsverteilung, Losgrößen und Auftragsfolgen unmittelbar als unabhängige Variablen in die Produktionsfunktion einzuführen. Ihre Alternativen sind vielmehr in einem System von Nebenbedingungen abzubilden, das über Fertigungszeitvariablen mit der Produktionsfunktion verbunden ist.

### 3. These

Die Input-Output-Beziehungen sind nicht nur von *verschiedenen* Einflußgrößen abhängig. Bei variabler Arbeitsverteilung und variabler zeitlicher Aufteilung der Produktion sind sie *vieldeutig*. Die Einflüsse von Arbeitsverteilung, Losgrößen und Reihenfolgen sind darüber hinaus *interdependent*.

### 4. These

Je mehr es gelingt, *Interdependenzen der Produktion* in einem Planungsansatz direkt zu erfassen, desto einfacher ist die Formulierung von Zielfunktionen. Damit verringern sich die *Probleme der Kostenzurechnung* innerhalb der Kostenrechnung bei der Bereitstellung von Kosteninformationen für die Produktionsplanung.

## Anmerkungen

- 1 Adam, D.: Zeitablaufbezogene Interpretationen von Ergebnissen aus zeitablaufunabhängigen Modellen, dargestellt am Beispiel eines Produktionsaufteilungsproblems, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 46 (1976), S. 150f.
- 2 Zur Kennzeichnung des statischen Input-Output-Ansatzes der betriebswirtschaftlichen Produktionstheorie vgl. Kloock, J.: Betriebswirtschaftliche Input-Output-Modelle, Wiesbaden 1969; Schweitzer, M. und H.-U. Küpper: Produktions- und Kostentheorie der Unternehmung, Reinbek 1964, S. 46ff.; Küpper, H.-U.: Das Input-Output-Modell als allgemeiner Ansatz für die Produktionsfunktion der Unternehmung, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 191 (1977), S. 492ff.
- 3 Vgl. zur Herleitung Küpper, H.-U.: Dynamische Produktionsfunktion der Unternehmung auf der Basis des Input-Output-Ansatzes, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 49 (1979), S. 93 ff.
- 4 Vgl. hierzu Küpper, H.-U.: Dynamische Produktionsfunktion ..., a. a. O., S. 93 ff.
- 5 Vgl. auch den Ansatz zur terminierten Teilebedarfsermittlung bei Müller-Merbach, H.: Die Berechnung des unterminierten und terminierten Teilebedarfs mit dem Gozinto-Graph, in: Operations Research und Datenverarbeitung bei der Produktionsplanung, hrsg. von K. F. Bussmann und P. Mertens, Stuttgart 1968, S. 115 ff.
- 6 Vgl. hierzu Küpper, H.-U.: Dynamische Produktionsfunktion ..., a. a. O., S. 102f.
- 7 Diese Voraussetzung ist beispielsweise auch enthalten bei Chmielewicz, K.: Integrierte Finanz- und Erfolgsplanung, Stuttgart 1972, S. 178 ff.; Langen, H. u. a.: Unternehmensplanung mit Verweilzeitverteilungen, Berlin 1971, S. 81ff.; Meier, D. und H. Seidel: Die Planung der zeitlichen Verteilung des Arbeitszeitbedarfs nach Durchlaufabschnitten im Industriebetrieb mittels eines Matrizenmodells, in: Wirtschaftswissenschaft 13 (1965), S. 629f.
- 8 Dinkelbach, W.: Zum Problem der Produktionsplanung in Ein- und Mehrproduktunternehmen, Würzburg, Wien 1964, S. 59ff.
- 9 Adam, D.: Simultane Ablauf- und Programmplanung bei Sortenfertigung und ganzzahliger linearer Programmierung, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 33 (1963), S. 233 ff.
- 10 Pressmar, D.: Einsatzmöglichkeiten der elektronischen Datenverarbeitung für die simultane Produktionsplanung, in: Informationssysteme im Produktionsbereich, hrsg. von K.-R. Hansen, München, Wien 1975, S. 215 ff.
- 11 Zur Berücksichtigung alternativer Intensitätsgrade sowie von Ausschlußkoeffizienten vgl. Küpper, H.-U.: Interdependenzen zwischen Produktionstheorie und der Organisation des Produktionsprozesses, Berlin 1980, S. 160ff.
- 12 Seelbach, H. und Mitarbeiter: Ablaufplanung, Würzburg, Wien 1975, S. 183. Sofern eine Produktiveinheit in Intervall  $t$  leersteht und in Intervall  $t-1$  sowie  $t+1$  dieselbe Produktart

bearbeitet, nimmt für Intervall  $t$  die Zuordnungsvariable  $z'_{pm}$  den Wert Eins, die zugehörige Fertigungszeitvariable  $d'_{pm}$  dagegen den Wert Null an.

- 13 Zur Vereinfachung der Schreibweise wird der Verweilzeitindex weggelassen, da die Dauer der Verweilzeiten für jede Direktverbrauchsmatrix eindeutig gegeben ist.
- 14 Dieser Tatbestand wird z. B. angedeutet bei Eichhorn, W.: Theorie der homogenen Produktionsfunktion, Berlin, Heidelberg, New York 1970, S. 2 ff.
- 15 Dieses Ergebnis wird verstärkt, wenn man unterschiedliche Intensitäten je Produktiveinheit berücksichtigt.
- 16 Diese Annahme ist insbesondere für den Einsatz an maschineller Arbeit sehr vereinfachend, da Maschinenkosten im allgemeinen als fix zu betrachten sind.