

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

# This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<a href="http://ageconsearch.umn.edu">http://ageconsearch.umn.edu</a>
<a href="mailto:aesearch@umn.edu">aesearch@umn.edu</a>

Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.

# Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.



Jändl, A.: Anwendungen des Matrizenkalküls im landwirtschaftlichen Rechnungswesen. In: Reisch, E.: Quantitative Methoden in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 4, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (1967), S. 61-68.

## Anwendungen des Matrizenkalküls im landwirtschaftlichen Rechnungswesen

#### Von A. JÄNDL, München-Weihenstephan

1	Einleitung	61
2	Abbildung der betrieblichen Zusammenhänge	61
3	Darstellung des Betriebsablaufes mit Matrizen	63
3.2	Das Input-Output-Modell	65
4	Abschlußtechnik und Kostenanalyse	66
5	Kostenplanung	67
6	Zusammenfassung	68

#### 1 Einleitung

Der Begriff landw. Rechnungswesen bedeutet die zahlenmäßige Erfassung, Gestaltung und Durchleuchtung der gesamten inner- und zwischenbetrieblichen, monetären und naturalen Zusammenhänge. Es zeigt in der statischen Betrachtungsweise die Betriebsstruktur, in der dynamischen den Betriebsablauf. Seine Aufgabe ist es, Rechnungsformen und Verfahren für die Betriebsführung zu entwickeln, um im Zeitpunkt der Entscheidung das Geschehen im landw. Betrieb beurteilen zu können.

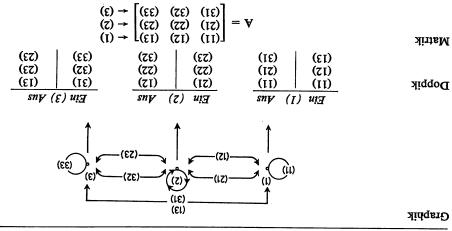
Durch den Einsatz elektronischer Rechenanlagen sind die Instrumente und Methoden unternehmerischer Entscheidungshilfen wesentlich feiner, schneller und genauer geworden. Damit sind aber auch die Anforderungen an die zahlenmäßige Erfassung des Betriebsgeschehens erheblich gestiegen. In der landwirtschaftlichen Betriebskalkulation werden seit Jahren mit Erfolg Verfahren des Operations Research angewandt. Diese Methoden sind aber ebenso zweckmäßig in der Datenerfassung und der Betriebsanalyse zu verwenden.

Der landw. Betrieb setzt sich aus einzelnen Organisationseinheiten, den Betriebszweigen, zusammen. Sie stehen im gegenseitigen Leistungsaustausch und sind direkt oder indirekt voneinander abhängig. Jede Änderung im Verhalten einer Organisationseinheit wirkt sich auf die übrigen aus. Es muß deshalb das Ziel einer modernen Betriebserfassung sein, diese gegenseitige Abhängigkeit zu beobachten, zu beschreiben und Voraussagen zu treffen, wie und in welchem Ausmaß die Veränderungen stattfinden.

### 2 Abbildung der betrieblichen Zusammenhänge

Die inner- und außerbetriebliche Verflechtung kann mit den Methoden der Graphik, der Doppik und der Matrik abgebildet werden, wie Darst. 1 zeigt [1]<sup>1</sup>). In der Praxis wird

<sup>1)</sup> Nach A. Adam: Messen und Regeln in der Betriebswirtschaft 5.27 ff, Würzburg 1959.



Darstellung I Wertefluß in einem geschlossenen System von drei Organisationseinheiten.

bisher nur die Doppik verwendet. Sie ist Instrument der Leistungskontrolle und Bilanzierung. In einem Konto werden alle Betriebsereignisse in zeitlicher Reihenfolge
festgehalten. Diese Kontierungstechnik bringt aber nicht die Struktur und Technologie
der Wirtschaftshandlungen zum Ausdruck. Die Graphik bildet zwar die innerbetrieblichen Zusammenhänge nach, besitzt aber keine operativ ergiebigen Bigenschaften. Nur
das Matrizenkalkül erklärt die Verflechtung der Leistungsarten hinreichend und erlaubt gleichzeitig den Einsatz der notwendigen Kalküle, um ein leistungsfähiges Rechlaubt gleichzeitig den Einsatz der notwendigen Kalküle, um ein leistungsfähiges Rechlaubt gleichzeitig den Einsatz der notwendigen Kalküle, um ein leistungsfähiges Rechlaubt gleichzeitig den Einsatz der notwendigen Kalküle, um ein leistungsfähiges Rechlaubt gleichzeitig den Einsatz der notwendigen Kalküle, um ein leistungsfähiges Rechlaubt gleichzeitig den Einsatz der notwendigen Kalküle, um ein leistungsfähiges Rechlaubt gleichzeitig den Einsatz der notwendigen Kalküle, um ein leistungsfähiges Rechlaubt gleichzeitig den Einsatz der notwendigen Kalküle, um ein leistungsfähiges Rechlaubt gleichzeitig den Einsatz der notwendigen Kalküle, um ein leistungsfähiges Rechlaubt gleichzeitig den Einsatz der notwendigen Kalküle, um ein leistungsfähigen Reihenfahren.

Die Darstellung 2 zeigt das Konto der Organisationseinheit i eines Betriebes mit n Kostenstellen

Konto

" <u>w</u> 3	$W_i + \overline{W}_i dt + dt$	$+ dt \sum_{t=t}^{n} Tb +$	<b>'</b> M
Endbestand		1b (1) <sub>n3</sub> W	<del></del>
Zeitraum (t, t+dt)	$^{1}b(1)_{1}\overline{\overline{M}}$	1b (1), W	Zeitraum (t, t+dt)
Abgänge an die mi n I nənten	$ib(i)_{ii}\overline{W}$	1b (1)11	Zugänge von den Konten 1n im
		(1),W	Anfangsbestand
	uəqvH (1)	110S	

Darstellung 2 Das Konto i eines Betriebes mit n Organisationseinheiten

Die Werte W(t) sind Mengenfunktionen der Zeit, die Wertänderungen  $\overline{W}(t)$  Ableitungen der Mengefunktionen nach der Zeit durch

$$\frac{(1)Wh}{1b} = (1)\overline{W}$$

Abschluß:

$$W_i + dt \sum_{j=1}^n \overline{W}_{ij} = W_i + \overline{W}_i dt + dt \sum_k \overline{W}_{ki},$$
wobei  $W_i (t + dt) = W_i + \overline{W} dt$ 

Unter der Annahme, daß der Wertfluß innerhalb der n Organisationseinheiten mit konstanter Umschlagsgeschwindigkeit

$$\overline{W}_{ij} = a_{ij} W_i$$

erfolgt, ergibt sich, daß der Abgangswert  $\overline{W}_{ij}$  proportional  $a_{ij}$  mit dem Bestand  $W_i$  ist unter der Bedingung, daß  $a_{ij} = 0$  für i = j und  $0 < a_{ij} < 1$ .

Es gilt: 
$$\overline{W}_{i}(t) = \sum_{j} a_{ij} W_{j}(t) - \sum_{k} a_{ki} W_{i}(t), i, j, k = 1, 2 ...n;$$

In der Matrizenschreibweise wird der Sachverhalt folgendermaßen dargestellt:

$$\begin{bmatrix} \overline{W}_{1}(t) \\ \overline{W}_{2}(t) \\ \overline{W}_{3}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sum a_{k1} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & -\sum a_{k2} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & -\sum a_{k3} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} W_{1}(t) \\ W_{2}(t) \\ W_{3}(t) \end{bmatrix}$$

oder in symbolischer Schreibweise

$$\overline{w}(t) = A \cdot w(t).$$

Die Matrix A ist eine verallgemeinerte statistische Verhältniszahl, die den anteilmäßigen Wertefluß charakterisiert. Die Skalere  $a_{ij}$  können auch als bedingte relative Haufigkeiten aufgefaßt werden.

Schon seit einigen Jahrzehnten versucht man die quantitativen betrieblichen Zusammenhänge mit Hilfe linearer Funktionen darzustellen. Dadurch wird die Verkettung der Organisationseinheiten überschaubarer. Bei einfachen Modellen ist es noch verhältnismäßig einfach, die linearen Funktionen zu berechnen. Bei komplexen betriebswirtschaftlichen Verflechtungen stößt die Auswertung durch die Vielzahl der Größen und Gleichungen auf erhebliche Schwierigkeiten. Hier bietet sich dann das Rechnen mit Vektoren und Matrixen an. Sie erlauben eine sehr kurze und saubere Darstellung der Beziehungen mit sparsamsten Aufwand an Symbolen. Außerdem können die schwierigen numerischen Berechnungen mit Hilfe elektronischer Rechenanlagen ausgeführt werden. Gerade die höheren Programmiersprachen wie FORTRAN, ALGOL, PL/I enthalten viele Instruktionen, die auf das Rechnen mit Matrixen ausgerichtet sind und damit den Programmieraufwand wesentlich verringern helfen.

### 3 Darstellung des Betriebsablaufes mit Matrizen

#### 3.1 Das Input-Output-Modell

Das Input-Output-Modell wurde von Leontief zur Analyse des makroökonomischen Wirtschaftsverhaltens konzipiert, Die Methode läßt sich aber auch auf Probleme des mikroökonischen Bereiches anwenden. Den Wert der Leistungen, der von der Organisationseinheit i an die Organisationseinheit j geliefert wird, sei mit  $W_{ij}$  bezeichnet. Alle  $W_{ij}$  bilden dann ein quadratisches Schema, das die wechselseitige Verflechtung der Organisationseinheiten oder Kostenstellen darstellt:

	1	2	. n	
1	$\overline{W}_{11}$	$\overline{W}_{12}$	$\overline{W}_{1n}$	$W_1$
2	$\overline{W}_{21}$	$\overline{W}_{22}$	$\overline{W}_{2n}$	$W_2$
:	:	:	:	:
n	$\overline{W}_{n1}$	$\overline{W}_{n2}$	$\overline{W}_{nn}$	$W_n$

In den Zeilen stehen die Leistungen, die von der i.-Organisationseinheit an die j. abgegeben werden. Eine beliebige Spalte repräsentiert die Leistungen, die von den j-Einheiten zugeflossen sind.

Der gesamte Ausstoß errechnet sich aus der Summation über die Zeile, der Einsatz aus der Summation der Spaltenelemente. Dieses Abbildungsverfahren ist bereits von Interesse, da es den innerbetrieblichen Leistungsaustausch anschaulich darstellt. Das System besagt, daß für jeden Sektor i der gesamte Output  $W_i$  gleich der Summe seiner Lieferungen an alle Organisationseinheiten, einschließlich der eigenen, sein muß. Der nächste Schritt ist die Einführung der technischen Input-Koeffizienten, die ein wesentlicher Angelpunkt aller Input-Output-Modelle sind. Die lineare Funktion des Inputs  $W_n$  vom Output  $W_k$  heißt dann.

$$\overline{W}_{ik} = a_{ik}W_k$$
 für  $i, K = 1, 2, \ldots, n$ ;

Die technischen Koeffizienten errechnen sich aus

$$a_{ik} = \frac{\overline{W}_{ik}}{W_k}$$

Dieses Abbildungsverfahren paßt ADAM [2]¹) dem mikroökonomischen Verhältnissen an, in dem er DIAGONAL-Matrizen für Anfangs- und Endbestände, einen Spaltenvektor für die Abgänge nach außen und einen Zeilenvektor für die Zugänge von außen einführt. Sein "offenes Input-Output-Modell" erhält die Form

$$DW_i(t) + \overline{W}_i^+ t(t) + \overline{W}_{ij}(t) = DW_i^*(t+1)$$
 für den

gesamten Einsatz und

$$DW_i t_{i+1} + \overline{W_i}(t) + \overline{W_{ii}}(t) = DW_i^*(t+1)$$
 für den

gesamten Ausstoß, wenn die mit D gekennzeichneten Matrizen Diagonalmatrizen der Anfangs- bzw. Endbestände (t+1), die  $\overline{W}_{j}^{+}$  Zugänge und  $\overline{W}_{i}^{\prime}$  Abgänge darstellen. Die Diagonale der innerbetrieblichen Leistungsmatrix  $W_{ij}$  enthält Nullen, da kein Wertefluß an die eigene Organisationseinheit stattfindet.

Nach den Regeln der Doppik müssen die Diagonalmatrizen des gesamten Einsatzes mit denen des gesamten Abflusses gleich sein. Über die Matrizen der Wertbestände  $W_i$  (t+i) entwickelt er ein mehrstufiges Abrechnungssystem mit folgender Gestalt:

	Ī	$W_i(t)$	
	$W_i(t+1)$	$\overline{W}_{ij}(t)$	$W^*(t+1)$
$W_i(t+2)$	$\overline{W}_{ij}(t)$		·

ADAM, A. und J. ROPPERT,: Betriebliche Leistungsverrechnungen, Unternehmensforschung für die Wirtschaftspraxis, Einzelschrift 1. Würzburg 1962.

Die Matrizen der Wertbestände  $W_i(t)$ ,  $W_i(t+i)$  sind jeweils Matrizen von Anfangsund Endbeständen, womit die Kopplung erreicht wird.

Die bisher gezeigten Abbildungsmodelle eignen sich besonders für die Wirtschaftseinheiten, die zwar eine sehr enge innerbetriebliche Leistungsbewegung, aber keine Kuppelproduktion aufweisen. Ein ähnliches Problem würde auch dann auftreten, wenn man aus praktischen Erwägungen gezwungen wäre, Aggregationen verschiedener Einheiten vorzunehmen. Dies tritt aber im landwirtschaftlichen Betrieb nur selten auf, da die Zahl der Kostenstellen noch überschaubar ist. In modernen Betrieben ist allerdings der innerbetriebliche Leistungsaustausch geringer, so daß als wesentlicher Nachteil dieses Verfahrens die mangelnde Erfassung von Kuppelproduktion bleibt.

#### 3.2 Das Modell von O. PICHLER

O. PICHLER [5] hat vermutlich erstmalig die Technik der Input-Output-Analyse auf betriebswirtschaftliche Probleme angewandt. Durch die Einführung der Vorzeichen + für Produkte und — für Edukte gelingt es ihm, das Abbildungsverfahren zu straffen und flexibler zu machen. Jede Organisationseinheit wird durch einen Spaltenvektor dargestellt. Die Zeilen enthalten die Kostenträger und Kostenarten als Untermatrizen. Dadurch entsteht ein Schema mit folgendem Aussehen:

#### Kostenstellen

Leistungsmatrix 
$$L = \begin{bmatrix} L_1 \\ C_1 \end{bmatrix}$$
 Produkte (Kostenträger)

Aufwand (Kostenarten)

#### 3.3 Das erweiterte Modell von A. ADAM

Neuerdings schlägt ADAM eine gesamtbetriebliche Struktur- und Verflechtungsbilanz vor. Er bilanziert nicht nur den Gesamtbetrieb, sondern auch die einzelnen Bereiche wie Einsatz, Ausstoß und Produktionsquellen (Kapazitäten, Gebrauchsgüter). Das Matrizenschema der vollständigen Strukturbilanz wird folgendermaßen beschrieben:

Quellen:	$D(p_3)A_3D(z)+D(p_3)y_3 = D(p_3)x_2$	Nebenbilanz		
Einsatz: Ausstoß:	$D(p_2)A_2D(z) + D(p_2)y_2 = D(p_2)x_2$ $D(p_1)A_1D(z) + D(p_1)y_1 = D(p_1)x_1$	Hauptbilanz		
Bilanzsumme: Darin bedeuten:	$p'_1ED(z)$ $p_i$ die Preise (Zeilenvektoren) $x_i$ die Naturalgrößen $y_i$ die Vorräte (Spaltenvektoren) $A_i$ die technologischen Koeffizienten op $D(z)$ die Diagonalmatrix des Vektor	ilgrößen e (Spaltenvektoren) logischen Koeffizienten der Prozessaktivität z		

Dieses Modell ist speziell auf kybernetische Probleme ausgerichtet, das aber in diesem Zusammenhang nicht weiter diskutiert werden soll.

#### 4 Abschlußtechnik und Kostenanalyse

Im Abschnitt 3 wurden die verschiedenen Abbildungsverfahren innerbetrieblicher Leistungsverrechnung dargestellt. Alle Modelle sind grundsätzlich auf das Leontief'sche Input-Output-Modell zurückzuführen, wurden aber je nach der Problemstellung und den Besonderheiten des darzustellenden Prozeßkreislaufes modifiziert.

Bei der praktischen Anwendung des Matrizenkalküls im landwirtschaftlichen Bereich wird man das Abbildungsschema, die Zerlegung des Betriebes in die technologischen Gegebenheiten und die Problemstellung aufeinander abstimmen müssen, wenn man alle Leistungsreserven dieses Kalküls ausschöpfen will. Für die Strukturuntersuchungen müssen die verschiedenen Leistungsarten so gegliedert werden, daß nicht nur die monetäre und naturale Betriebskontrolle, die bisher ausschließlich der Buchführung vorbehalten war, erhalten bleibt, sondern darüber hinaus, sozusagen als weitere Dimension, auch die technologischen Zusammenhänge so beschrieben werden, daß sie eine echte Entscheidungshilfe für optimale Prozeßsteuerung werden.

Die operativen Eigenschaften des Matrizenkalküls werden im weiteren unabhängig von den Besonderheiten einzelner Modelle dargestellt.

Ausgangspunkt der Kostenrechnung bildet die Leistungsmatrix L. Sie enthält zunächst die globalen naturalen Mengen, die im Zeitabschnitt dt innerhalb der definierten Organisationseinheiten ausgetauscht wurden. Der Betriebsablauf einer jeden Organisationseinheit ist durch einen Spaltenvektor beschrieben, so daß die Matrix L in die Vektoren

$$L=l_1,l_2...l_n,$$

die wiederum die Skaleren

Größen 
$$l_i = egin{bmatrix} l_{1j} \\ l_{2j} \\ l_{nj} \end{bmatrix}$$
 enthalten, zerfällt.

Die Summe  $l_0 = l_1 + l_2 \dots + l_n$  ergibt den Leistungsvektor des Gesamtbetriebes, so daß allgemein gilt:

$$l_0 = \sum_{k=1}^n l_k$$

Diese Gleichung wird als Kopplungsgleichung bezeichnet, da sie die Kopplung der einzelnen Organisationseinheiten zum Ausdruck bringt.

Wenn  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  die Leistungsmatrizen bestimmter Abrechnungsperioden bedeuten, so ist

$$L_1 + L_2 + L_3$$

die Summe der einzelnen Perioden. Aus dem Vergleich zweier Abschnitte resultiert die Matrizensubtraktion

$$L_1 - L_2$$
.

Die Summation der Spaltenvektoren kann auch mit Hilfe der Matrizenmultiplikation ausgeführt werden. Es sei e der Eins-Spaltenvektor der Dimension 1j und L eine Matrix der Dimension ij so erhält die Kopplungsgleichung die Form

$$l = Le$$
.

Die Umrechnung der naturalen in monetare Größen kann nur mit Hilfe der Preisvektoren  $p'_i$ , wobei das Hochkomma die Vektoren als Zeilenvektoren kennzeichnet, erfol-

gen. Die Matrix der mit Marktpreisen bewerteten Güter ergibt sich aus der Beziehung

$$W = PL$$

mit Wals der Matrix der bewerteten Mengen. Bei der Kostenanalyse ist die Berechnung der Selbstkostenpreise, oder auch Verrechnungspreise genannt, von besonderem Interesse, da sie den Punkt anzeigen, an dem die Umsatzgerade die Gesamtkostenkurve berührt. Wenn man die Entlastungspreise zu einem Zeilenvektor

$$k'=(k_1,k_2,\ldots k_n)$$

zusammenfaßt, den Gesamtaufwand als

$$b'=(b_1,b_2,\ldots b_n)$$

darstellt, so errechnen sich die gesuchten Preise aus

$$k'=b'L^{-1}.$$

Dieses Problem ist nur dann lösbar, wenn L nicht singulär ist. Da dies keineswegs in jedem Falle zutreffend ist, müssen vor der Inversion entsprechende Umformungen vorgenommen werden. Das Kostendeckungsprinzip kann ebenso auf alle einzelnen Aufwandarten angewendet werden, wenn man die Selbstkostenvektoren zu einer Selbstkostenmatrix zusammenfaßt. Die Lösung ergibt sich dann aus:

$$K = B \cdot L^{-1}$$

#### 5 Kostenplanung

Ein Kernpunkt der Kostenplanung ist die Matrix der technischen Koeffizienten. In manchen Industriezweigen sind diese Prozeßparameter oder Aktivitäten aus der Theorie bekannt, wenn die Betriebsprozesse streng determiniert erfaßt sind. Diese Parameter ergeben sich aber auch bei der Kostenanalyse. Die einzelnen Leistungen können als Funktion des Gesamtoutputs  $L_k$  aufgefaßt werden, wie bereits bei der Besprechung des Input-Output-Modells gezeigt wurde. Der funktionale Zusammenhang wird durch die Gleichung

$$l_{ik} = AL_k$$

ausgedrückt.

Die Skalare  $a_{ik}$  zeigen an, wie stark und in welcher Richtung sich bei Einsatz- oder Anstoßänderungen um eine Einheit die Werte verändern. In der landwirtschaftlichen Produktion ist ein Teil dieser Parameter bekannt, der andere Teil muß geschätzt werden. Dadurch ergibt sich eine besondere Art der Regressionsanalyse.

Man kann nun die Matrix L in die Untermatrix der Leistungen  $L_1$  und des Aufwands  $C_1$  aufsplitten. Der kausale Zusammenhang zwischen der Leistungs- und Aufwandmatrix wird durch

$$L_1=A_{11}D$$

$$C_1 = A_{21}D$$

dargestellt, wenn D die Diagonalmatrix der Durchsätze charakterisiert. Die Matrix

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} \\ A_{12} \end{bmatrix}$$

wird auch als Kopplungsmatrix bezeichnet.

Aus

$$l_1 = Q_{11}d$$
$$c_1 = Q_{21}d$$

folgt unter der Bedingung, daß  $Q_{11}$  umkehrbar ist,

$$d = Q_{11}^{-1}l_1$$
$$c_1 = Q_{21}Q_{11}^{-1}l_1$$

oder

$$\begin{bmatrix} d \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_{21}^{-1} \\ Q_{21} & Q_{11}^{-1} \end{bmatrix} \cdot l_1 = \begin{bmatrix} \frac{P_{11}}{P_{21}} \end{bmatrix} \cdot l_1.$$

Die Matrix  $P_{11}$  erklärt, welche Einsatzhöhe für die Produktion einer Einheit der Erzeugnisse erforderlich ist. Negative Skalare bedeuten, daß die Erzeugung nur in Zusammenhang mit den entsprechenden Organisationseinheiten möglich ist. Daraus folgen gewisse Beschränkungen der Produktarten des Vektors  $l_1$ . Ebenso bestehen Obergrenzen für die Einsatzhöhe d.

Aus der Beschränkung

$$0 \le D \le \bar{d}$$

ergibt sich auch für l1 die Beschränkung

$$0 \leq P_{11}l_1 \leq \bar{d}$$

Aus diesem Zusammenhang ergeben sich Ansatzpunkte und Berührungspunkte mit der linearen Optimierung.

Der Rechengang für die Aufwands- und Kostenplanung ergibt sich analog.

ADAM [3] weist darauf hin, daß aus dieser Wechselbeziehung zwischen dem regelbaren und freien Durchsatz und dem Nettoausstoß gewisse Lenkungsalgorithmen entwickelt werden können, die über Stellgrößen, Führungsgrößen und Störgrößen die Prozess-ührung bestimmen.

#### 6 Zusammenfassung

Das Matrizenkalkül ist ein hervorragendes Instrument, um die Aufgaben eines modernen Rechnungswesens zu lösen. Die Vorteile liegen einmal bei der formal-wissenschaftlichen Behandlung der Lösungsmöglichkeiten und in der Vertiefung der technologischen und ökonomischen Wirtschaftszusammenhänge. Dabei bleibt das Bilanzaxiom in allen Bereichen erhalten. Es war auch bisher möglich, diese Aufgabe zu lösen. Die Anwendung des Matrizenkalküls ermöglicht aber zusammen mit dem Einsatz leistungsfähiger elektronischer Datenverarbeitungsanlagen die Bewältigung rechenintensiver Probleme und erweitert damit das Instrumentarium wichtiger Entscheidungshilfen zur optimalen Betriebsführung.

#### Literatur

- 1. Adam, A.: Messen und Regeln in der Betriebswirtschaft. Würzburg 1959
- 2. Ders.: Prozeßerfolgs-Analysen. Unternehmensforschung, S. 191, 4, 1960
- Ders.: Kybernetische Probleme der betriebswirtschaftlichen Struktur- und Verflechtungsbilanz, Manuskript eines Vortrags, gehalten auf der 4. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unternehmensforschung (DGU), Mannheim, Oktober 1965
- Ders. und J. Roppert: Betriebliche Leistungsverrechnungen. Unternehmensforschung für die Wirtschaftspraxis, Einzelschrift 1. Würzburg 1963
- PICHLER, O.: Anwendungen der Matrizenrechnung bei der Betriebskostenüberwachung, in Anwendungen der Matrizenrechnung auf wirtschaftliche und statistische Probleme, 2. Würzburg 1963
- 6. Rummel, K.: Einheitliche Kostenrechnung. Düsseldorf 1949