

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

D 93

Wirtschaftswissenschaften
Sozialistische Betriebswirtschaft

1975

Autorenkollektiv

Beziehung zwischen Produktion,
Lagerhaltung und Marktrealisation –
dargestellt an einem Analogie-Rechenmodell
für den Analogrechner MEDA T



VEB DEUTSCHER VERLAG FÜR GRUNDSTOFFINDUSTRIE

THE DEPARTMENT OF THE INTERIOR



UNITED STATES OF AMERICA

THE STATE DEPARTMENT

REPORT OF THE COMMISSIONER OF THE GENERAL LAND OFFICE
ON THE PROGRESS OF THE PUBLIC LANDS SURVEY
DURING THE YEAR 1900

COMMISSIONER OF THE GENERAL LAND OFFICE

WASHINGTON: GOVERNMENT PRINTING OFFICE: 1901

Herausgegeben vom Rektor der Bergakademie Freiberg

D 93 Wirtschaftswissenschaften

Sozialistische Betriebswirtschaft

Beziehungen zwischen Produktion,

— Lagerhaltung und Marktrealisation —

dargestellt an einem Analogie-Rechen-

modell für den Analogrechner MDA 7

Von einem Autorenkollektiv

Mit 25 Bildern und 1 Tabelle



Die Freiburger Forschungshefte erscheinen in zwangloser Folge in den Reihen A, B, C und D. Herausgeber: Der Rektor der Bergakademie Freiberg.

Manuskriptannahme: Bergakademie Freiberg, Prorektor für Wissenschaftsentwicklung, Bereich Freiburger-Forschungshefte, 92 Freiberg, Akademiestraße 6.

Vertrieb: In der Deutschen Demokratischen Republik durch alle Buchhandlungen; in der BRD und in Westberlin durch die Firmen Kunst und Wissen, Erich Bieber, Stuttgart S, Wilhelmstraße 4 - 6, und ESKABE-Kommissionen- und Grossbuchhandel Schönwitz & Co. KG, 08222 Ruhpolding/Oberbayern, Postfach 36, und den gesamten Buchhandel; in Österreich durch den Globus-Buchvertrieb, A 1201 Wien, Höchstädtplatz 3; im übrigen Ausland durch eine Importbuchhandlung, den BUCHHAFEN, Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, 701 Leipzig, Postschliefach 160, oder den Verlag.

1. Auflage
 VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig
 VLN 152-915/198/75
 TSV 0355

Printed in the German Democratic Republic
 Druck: Interdruck, Graphischer Grobbetrieb, Leipzig
 Redaktionschluss: 3.12.1974
 Bestell-Nr. 541 160 4

EVP 24,-

REPRODUKTION UND DRUCK MIT GENEHMIGUNG DES ASMW.

Inhalt

1.	Einleitung	9
2.	Die Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation	13
2.1.	Vorausgehende Bemerkungen	13
2.2.	Das Nachfrage-Angebot-Lager-Modell nach MOREHOUSE, STROTZ und HORWITZ	14
2.2.1.	Erläuterung des Modells	14
2.2.2.	Signal-Blockschaltbild für das Nachfrage-Angebot-Lager-Modell	20
2.2.3.	Möglichkeiten der Analogiebildung	22
2.2.3.1.	Hydraulisches Analogon	22
2.2.3.2.	Elektrisches Analogon	23
2.3.	Die Bearbeitung des Originalproblems mit einer elektrischen Integriranlage	25
2.3.1.	Die Nachbildung des Problems	25
2.3.2.	Die Störgröße Δz	26
2.3.3.	Testen des Problems	27
2.3.3.1.	Fragestellung	27
2.3.3.2.	Lösungsmethoden	27
3.	Der Analogrechner MEDA I	28
3.1.	Grundprinzip der Analogarbeitsweise	28
3.2.	Die wichtigsten Bauteile des Analogrechners	29
3.3.	Restlegung und Normierung der Größen	30
3.3.1.	Restlegung der Meßgrößen	30
3.3.2.	Normierung der Meßgrößen	31
3.4.	Aufbau, Wirkungsweise und Programmierung des Analogrechners MEDA I	32
4.	Die Darstellung der Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation mit Hilfe des Rechners MEDA I	33
4.1.	Grundlagen und Aufgabenstellung	33
4.2.	Stimulationen zur Darstellung der Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation	35
4.2.1.	Variation der Größe Δz	35

4.2.2.	Variation der Gleichgewichtsbedingungen	40
4.2.3.	Variation des Bewertungsfaktors γ	42
4.2.4.	Variation der Faktoren des Produktions- und Marktänderungsflusses	42
4.2.5.	Variation des Preises und der variablen Kosten	44
4.2.6.	Variation des Zeitfaktors	48
4.3.	Interpretation der Simulationsergebnisse	51
4.3.1.	Interpretation des Normalzustandes	51
4.3.2.	Interpretation der Variation von Δz	51
4.3.3.	Interpretation der Variation der Gleichgewichtsbedingungen	52
4.3.4.	Interpretation der Variation des Bewertungsfaktors	53
4.3.5.	Interpretation der Variation der Faktoren des Produktions- und Marktänderungsflusses	53
4.3.6.	Interpretation der Variation des Preises und der variablen Kosten	54
4.3.7.	Interpretation der Variation des Zeitfaktors μ	55
5.	Die Darstellung der Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation anhand eines Testbeispiels in der Gegenüberstellung der Lösungsfunktionen, die mittels Differentialgleichungen und Analogierechner MEDA I erarbeitet wurden	56
5.1.	Aufgabenstellung	57
5.2.	Darstellung der Beziehungen zwischen x_m , x_p und γ bei manueller Lösung der Differentialgleichungen	57
5.2.1.	Manuelle Lösung der Differentialgleichungen durch Aufstellen der Lösungsfunktionen	57
5.2.2.	Darstellung der manuell errechneten Ergebnisse	66
5.3.	Darstellung der Beziehungen mittels Analogrechner MEDA I	69
5.4.	Gegenüberstellung der Ergebnisse beider Lösungsverfahren	71
6.	Zusammenfassung	72

79	Autorenverzeichnis
76	Literatur
74	Symbolverzeichnis

In der sozialistischen Gesellschaftsordnung dient die Produktion der immer besseren Befriedigung der materiellen und geistig-kulturellen Bedürfnisse der Bevölkerung. Dem entspricht auch die auf dem VIII. Parteitag der SED beschlossene Hauptaufgabe, die "in der weiteren Erhöhung des materiellen und kulturellen Lebensniveaus des Volkes auf der Grundlage der sozialistischen Produktion ..."/1/ besteht.

Bei der Lösung der vom VIII. Parteitag der SED gestellten Hauptaufgabe wird besonders deutlich, daß der unmittelbare werdende Zusammenhang von Produktion und Bedürfnissen eine dialektische Einheit ist.

Überaus notwendig sowohl für den betrieblichen als auch für den volkswirtschaftlichen Reproduktionsprozeß ist die bessere theoretische und praktische Durchführung des wechselseitigen Zusammenhangs von Bedürfnisentwicklung, Produktionswachstum und Arbeitsproduktivität.

Wichtig ist dabei die Berücksichtigung der MARXschen Erkenntnis, daß die Produktion nicht nur den Gegenstand bzw. die Mittel der Konsumtion, sondern damit zugleich auch die Konsumtion selbst produziert, daß die Bedürfnisse letztlich der Produktion entsprechen, durch die Konsumtion reproduziert werden und selbst wieder Trieb und Zweck der Produktion sind /24/. So werden durch die gegenwärtigen Strukturentscheidungen in der Produktion zwangsläufig schon für Jahre im voraus sehr konkrete Konturen der Konsumtions- und Lebensweise festgelegt und dadurch wiederum Potenzen für die weitere Produktivität-entwicklung geschaffen. Umgekehrt wirken bestimmte gesellschaftliche Bedürfnisse auf die Strukturentscheidungen zurück, indem sie der Ausgangspunkt oder die Prämissen solcher Entscheidungen sind /19/.

Produktion und Bedürfnisse bilden somit eine dialektische Einheit, wobei innerhalb der dialektisch-widersprüchlichen Einheit von Produktion und Bedürfnissen die übergreifende, letztlich bestimmende Seite darstellt, während die Bedürfnisse nach MARX - Ergebnisse der Produktion sind /24/.

Die Komplexiertheit der Einbeziehung der Bedürfnisse der Be-

völkering in die Planung ergibt sich aus dem Widerspruch zwischen dem ständigen Vorausstellen der Bedürfnisse der Bevölkerung und den jeweils begrenzten volkswirtschaftlichen Möglichkeiten ihrer Befriedigung. "Daraus leitet sich für die Planung das Erfordernis ab, das jeweils notwendige und mögliche Niveau der Bedürfnisbefriedigung in Umfang und Struktur zeitlich festzulegen und die Rangfolge der Bedürfnisbefriedigung zu bestimmen." //7/

Die Bedürfnisse sind deshalb Ausgangspunkt der Planung und müssen daher ständig für sie im Sinne einer Vorlauforschung eingeschätzt werden.

Eine bedeutende Rolle besitzt dabei die Kategorie "Bedarf". In der Literatur wird der Bedarf vorherrerschend als die "durch die Bedürfnisse strukturierte kaufkräftige Nachfrage der Bevölkerung nach materiellen Gütern und Dienstleistungen definiert." //7/

Der Bedarf als ökonomische Kategorie wird somit "bei der Planung und Bilanzierung der Produktion und der Versorgung ... eine der entscheidenden Ausgangsgrößen" //2/.

Da der Bedarf den Anspruch auf seine Befriedigung einschließt, ist die Bestimmung des Bedarfs sowohl Ausgangspunkt als auch Ergebnis des Planungsprozesses, in dem die Übereinstimmung zwischen Angebot und Nachfrage angestrebt wird.

Ein unausgeglichenes Verhältnis von Angebot und Nachfrage wirkt sich hemmend auf die Ermittlung des realen Bedarfs aus, da es zu einer unechten Substitution der Nachfrage bezüglich anderer Erzeugnisse kommt.

Bedarfsbeeinflussung durch ein nicht ausreichendes Angebot führt zur Konzentration der Nachfrage und kann sowohl politisch als auch ökonomische Fehlsteuerungen zur Folge haben //7/.

In Umfang und Struktur wird der Bedarf von den Bedürfnissen der Werkstätten, ihrer Kaufkraft, vom Angebot und von preisbildenden Faktoren bestimmt und tritt als ökonomische Kategorie der Warenproduktion in der Zirkulationsphäre zeitpunkt- bzw. zeitraumbezogen als Nachfrage auf.

Die Nachfrage ist somit der Zeitpunkt- oder zeitraumbezogene Geldausdruck des entsprechend den Bedürfnissen strukturierten Bedarfs.

Demit der Reproduktionsprozess der sozialistischen Warenproduktion kontinuierlich ablaufen kann, ist die Übereinstimmung von Angebot und Nachfrage bzw. zwischen Bedarf und Produktion von Waren und dem zur Verfügung stehenden Leistungsvermögen eine unabdingbare Voraussetzung. Eine Nichtübereinstimmung hat zur Folge, daß Maßnahmen zum Ausgleich von Angebot und Nachfrage unter Beachtung und Ausnutzung der Wirkungen ökonomischer Gesetze eingeleitet werden müssen, d. h. Produktionsserhöhungen oder -einschränkungen, Preisveränderungen, Kontingenztierungen oder Veränderungen der Lieferzeit.

Auf Grund der Reaktionsfähigkeit der Produktion ist es deshalb notwendig, bis zum Wirksamwerden dieser Maßnahmen zwischen Produktion und Markt das Lager einzuschalten. Dieses Lager übernimmt eine Pufferfunktion bzw. Ausgleichsfunktion zwischen Angebot und Nachfrage; es stellt zwischenzeitlich eine Übereinstimmung her //16/.

Zur Berücksichtigung der Dynamik des Bedarfs und um ein schnelleres Reagieren auf Bedarfsveränderungen sowie eine höhere Verkaufsbereitschaft zu erreichen, sind Reserven sowie Lagerbestände unumgänglich.

Die Bestände bilden die bedeutendsten Fonds der planmäßigen Reserven.

Die Bestandswirtschaft sowie die Zusammensetzung der Bestände, ihr Umschlag und ihr Konzentrationsgrad werden in der Planung noch ungenügend berücksichtigt oder praktisch noch nicht ausreichend beherrscht.

Unter- bzw. Überplanbestände werden statt als Mittel zur Verbesserung der bedarfsgerechten Produktion und Distribution vielerfach nur als wirtschaftliche Belastungen empfunden //7/.

Eine effektive Vorratswirtschaft ist aber ein bedeutender Faktor für die Intensivierung der gesellschaftlichen Produktion. Die Wirksamkeit der Vorratswirtschaft als Intensivierungsfaktor ist deshalb nur über eine qualifizierte Planung der Beständewirtschaft zu erreichen, die sich auf eine ausreichende Bedarfsforschung stützen muß.

Die in der Volkswirtschaft in Form von Beständen an Rohstoffen, Werkstoffen, Materialien, unvollendeter Produktion und fertiger Erzeugnissen gebundenen Fonds verkörpern Milliardenwerte. Sie

rational zu nutzen und einzusetzen ist ureigenes Interesse unserer Volkswirtschaft. Lagerhaltungsmodelle unterstützen dieses Bestehen, indem sie die Berechnung von ökonomisch begründeten Vorratsnormen ermöglichen und in Form von Bestellstrategien gleichzeitig ein Instrument zur Realisierung dieser Vorratsnormen liefern /16/.

Um die Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation oder anders ausgedrückt, zwischen Angebot, Lager und Nachfrage (Bedarf), so effektiv wie möglich zu gestalten, ist die Kenntnis dieser Wechselwirkungen zum Treffen ökonomischer Entscheidungen erforderlich. Diese Wechselwirkungen aufzudecken ist das Anliegen der vorliegenden Ausführungen.

Die Anwendung der Analogie-Rechen Technik ermöglicht es, die Simulation solcher ökonomischer Fragestellungen durchzuführen. Die Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation werden durch ein Analogie-Rechenmodell veranschaulicht und auf dem Analogierechner bearbeitet. Am Analogierechner wird auf der Grundlage der mathematischen Formulierung der Beziehungen in Form von Differentialgleichungen ein elektrisches Modell erarbeitet. Durch Experimentieren bzw. Simulieren an dem aufgebauten Modell ist es möglich, die Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation sowohl qualitativ als auch quantitativ zu erkennen und bestimmte Gesetzmäßigkeiten abzuleiten.

Im Abschnitt 2. dieser Arbeit werden die Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation dargestellt. Grundlagedarstellung bildet das Nachfrage-Angebot-Lager-Modell nach MOREHOUSE, STROTZ und HORWITZ. Neben einer Erläuterung des Modells wird ein Analogie-Rechenmodell zu diesem Modell erarbeitet, das sich zur Bearbeitung auf einer elektronischen Interferenzanlage eignet.

Nachdem im 3. Abschnitt kurz auf den Analogierechner MEDA II eingegangen wird, erfolgt im Abschnitt 4. die Darstellung der Beziehungen am Rechner MEDA I, wobei besonders die durchgeführten Simulationen und die anschließende Interpretation von Interessen sind.

Abschließend wurde im 5. Abschnitt die im Rahmen dieser Arbeit vorgegebene Problemlösung anhand eines Testbeispiels sowohl

durch traditionelle Lösung von Differenzgleichungen als auch mittels Analogierechner MEDA II dargestellt. Auffallend hierbei ist die Identität der erzielten Ergebnisse, wobei der geringere Zeitaufwand eindeutig für die Anwendung des Analogrechners zur Lösung ökonomischer Probleme spricht.

2. Die Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation

2.1. Vorausgehende Bemerkungen

Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation sind Elemente des Reproduktionsprozesses, wobei zwischen ihnen bestimmte Proportionen eingehalten werden müssen, um ein bestimmtes Produktionsniveau bei minimalen Kosten oder maximalem Gewinn zu gewährleisten.

Die Einhaltung dieser Proportionen schafft im sozialistischen Reproduktionsprozess die Gewähr für einen kontinuierlichen Ablauf der Produktion, und sie wird in der Regel durch die Ein- und Lagerhaltung von Lagern zwischen den einzelnen Prozessstufen ermöglicht. Lager sind demnach "für einen störungsfreien Ablauf des betrieblichen und volkswirtschaftlichen Reproduktionsprozesses erforderlich. Sie synchronisieren diesen Prozess" durch ihre Putzer- oder Reserverfunktion. Weiterhin sichern sie "die Kontinuität und Stabilität des Reproduktionsprozesses". Demnach bedeutet Ökonomie der Lagerhaltung "Erhöhung der Kontinuität der Produktionsprozesse und rationaler Einsatz der materiellen Umlaufmittel" /6/.

Nachfolgend soll gezeigt werden, wie die Produktionsphäre oder ein Lagerbestand auf veränderliche Nachfrageschwankungen reagiert. Zwei Varianten wären prinzipiell zu diskutieren:

1. Der Lagerbestand soll nach Möglichkeit von seiner vorgegebenen Sollhöhe L_0 wenig abweichen, so daß nur kurzzeitige Schwankungen der Bestandshöhe auftreten und die gestiegene Nachfrage hauptsächlich durch erhöhte Produktion gedeckt wird.

Da es aber für einen Betrieb wesentlich ist, möglichst geringe Schwankungen innerhalb des Produktionsniveaus in quantitativer Hinsicht aufzuweisen, wäre von der unterschiedlichen Nachfrage konstant bleibt, dafür aber alle Schwankungen der Nachfrage vom Lager abgefangen werden.

Beide Vorstellungen sind einer mathematischen Behandlung zugänglich, wobei für die Belange der Planwirtschaft vor allen Dingen die zweite Variante Bedeutung erlangt. Zunächst sei auf ein Modell verwiesen, das die zeitliche Reaktion eines Bezugssystems auf veränderliche Nachfrage bei nahezu konstanter Lagerbestandshöhe darstellt.

2.2. Das Nachfrage-Angebot-Lager-Modell nach MORHOUSE, STROTZ und HORWITZ /28/

2.2.1. Erläuterung des Modells

Dieses Modell erlbt zwar die Problemstellung mathematisch vollständig, hingegen ist die ökonomische Interpretation der verwendeten Symbole ungenügend und wurde behoben. Es geht von folgenden Voraussetzungen aus (vgl. Bild 1):

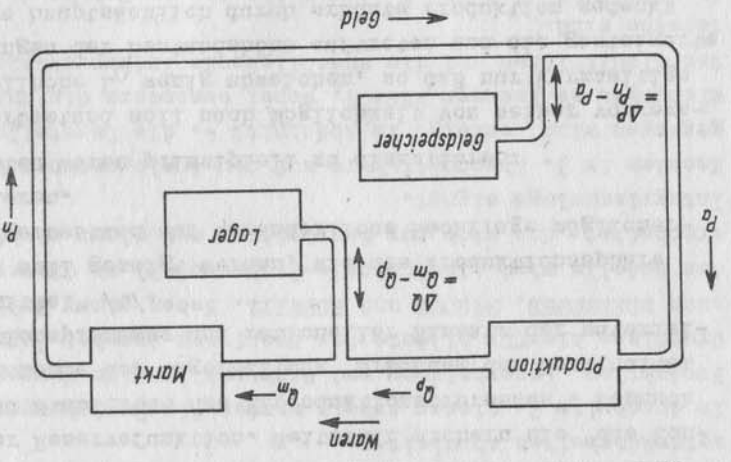


Bild 1. Stoff-Lagermodell für das Nachfrage-Angebot-Lager-Modell von MORHOUSE

Von der Produktion wird ein Warenstrom Q_p , z. B. in ME/a, geliefert, der einmal direkt zum Markt als Q_m , ebenfalls in ME/a, zum anderen in das Lager gelangt. Dabei gilt:

$$Q_p = Q_m \pm \Delta Q \quad (1)$$

ΔQ Warenmenge, die dem Lager zu- oder abgeführt wird. Je nachdem, ob Q_p größer oder kleiner als Q_m ist, wird ΔQ also positiv oder negativ sein, bzw. das Lager wird aufgefüllt, oder vom Lager werden Waren entnommen. Auf dem Markt wird der Warenstrom Q_m realisiert. Findet die gesamte Ware einen Käufer, entspricht Q_m dem Erlös P_n . Dieser Erlös geht zurück in die Produktion und schließt damit den Regelkreis. Der Erlös P_n kann sich dabei aufteilen einmal in den Betrag, der zur Deckung der Herstellungskosten für dieselbe Leistungsmenge, die ursprünglich bereits produziert wurde, benötigt wird, und zum anderen in einen Anteil für die Akkumulation.

$$P_n = \Delta P + P_a \quad (2)$$

ΔP Anteil des Erlöses für die Akkumulation
 P_a Anteil des Erlöses für die Abdeckung der Gesamtkosten einer Leistung

Für den Fall, daß ΔP gegen Null geht, P_n also gleich P_a wird, liegt ein einfaches Reproduktionsschema vor. Unter Berücksichtigung eines Wertes

$$\Delta P > 0$$

muß mit einer erweiterten Reproduktion gerechnet werden. Das vorliegende Modell von MORHOUSE, STROTZ und HORWITZ berücksichtigt nur den Fall der einfachen Reproduktion und behauptet, daß das System dann im Gleichgewicht ist, wenn

$$Q_p = Q_m = Q_0$$

$$P_a = P_n = P_0$$

ist. Das setzt voraus, daß die Lagerbestände die Sollhöhe Q_0

erreicht haben und kein Erlös zur erweiterten Reproduktion

benutzt wird.

Um nun die Nachfrage bzw. die Kaufkraft, die als Störgröße auf den Regelkreis einwirkt, mit in die Berechnungen einzubeziehen, wird der Erlös als der gesamte vorhanden Kaufkraft bezeichnet, der bereits abgedeckt ist. Die Differenz zwischen der möglichen Kaufkraft z_0 und der abgedeckten ist die noch vorhandene Nachfrage N_0 . Gleichungsmäßig erhält man:

$$N_0 = z_0 - P_0$$

$$N_0 = z_0 - \beta_1 \cdot Q_0$$

β_1 Preis je Mengeneinheit

Ebenso lassen sich, bei Voraussetzung von Linearität, die Herstellungs-kosten erlassen. Sie entsprechen der Normalkosten-

Funktion

$$P_a = P_0 = C + \beta_2 \cdot Q_0$$

(4)

C konstante Kosten
 β_2 variable Kosten

Tritt nun zu der im Zustand Null vorhandenen möglichen Kaufkraft z_0 noch ein weiterer Betrag Δz hinzu, dann wirkt sich das in einer Nachtrageerhöhung (3) aus. Damit ist das ursprüngliche Gleichgewicht gestört. Über Zwischenstufen gelangt das System in den neuen Gleichgewichtszustand 1.

Auf die erhöhte Nachfrage N setzt sich nicht plötzlich ein Δz entsprechend, erhöhter Warenstrom Q^m ein, sondern die Waren kommen aus dem Lager, wobei sich der Lagerstrom proportional zur Differenz zwischen den auf dem Markt benötigten Waren Q^m und den produzierten Q^p verhält. Dabei besitzt das Lager eine integrierende Wirkung, so daß der Bestand P_L im Lager zum Zeitpunkt t die Höhe

$$P_L = L_0 - \frac{1}{t} \int_0^t (Q^m - Q^p) dt$$

(5)

aufweist. γ stellt einen Bewertungsfaktor dar, der zum Ausdruck bringt, daß die Lagerbestände nicht in MB, sondern in Mark ausgewiesen werden.

Im selben Augenblick, in dem das Lager beginnt, den erhöhten Bedarf auf dem Markt auszugleichen, macht es sich erforderlich, die Bestände wieder aufzufüllen, da das Bestandsniveau stets etwa konstant sein soll. Dabei ist es natürlich, daß die Lagerauslieferungsfunktion nicht der Lagerauffüllungsfunktion entspricht. Erst nach einer bestimmten Zeit t können die dem Lager entnommenen Bestände $Q_1 - Q_0$, die der Befriedigung der erhöhten Nachfrage dienen, wieder ergänzt werden. Der Ausgleich erfolgt im Normalfall durch eine e-Funktion. Für die Lagerauffüllungsfunktion P_V kann dementsprechend geschrieben werden:

$$P_V = (P_1 - P_0) (1 - e^{-\gamma t})$$

(6)

Hierbei ist bereits berücksichtigt, daß die verwendeten Größen einen Geldwert besitzen. n spiegelt die Trägheit der Lagerauffüllungsfunktion wider und hat als Dimension den Kehrwert einer Zeitgröße.

Nachdem die Lagerauslieferungsfunktion und die Lagerauffüllungsfunktion formuliert sind, können die Gleichungen für die Warenströme aufgestellt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Markt zunächst das ankommende Signal "Erhöhung der Kaufkraft entsprechend Δz " über die Zeit summiert und die gesamte neue Nachfrage an die Produktion signalisiert. Das Ausschlagsignal des Marktes ist also das Integral des Eingangssignales. Will man die Gleichungen für das Eingangssignal aufstellen, hat man dementsprechend das Ausgangssignal aus dem Markt, $Q_1 = Q^m$, zu differenzieren. Der Differentialquotient ist dabei nach der Zeit zu bilden. Er stellt die Erhöhung des Warenstromes Q^m in Abhängigkeit von der Zeit dar.

Dieses Differential ist so groß wie die neue Kaufkraft N , vermindert um den bereits realisierten Erlös P_0 und um den Warenstrom, der zusätzlich vom Lager kommt.

Gleichzeitig berücksichtigt das Modell, daß das Lager, um etwa auf der Sollhöhe L_0 zu bleiben, von der Produktionsseite her aufgefüllt werden muß. Es ergibt sich die Gleichung:

Damit das Integral zu Null wird, ist $P^A = P^1 - P^0$ mit den Bedingungen $P^A = 0$ für $t = 0$ und $P^A \rightarrow P^1 - P^0$ für $t \rightarrow t_1$ zu setzen.

$$P^1 - P^0 - \frac{1}{t} \int_0^t (Q_m - Q^D) dt = 0$$

Die einzelnen Summanden tragen hier ein umgekehrtes Vorzeichen im Verhältnis zur vorangegangenen Gleichung, da ein Zugang auf dem Markt einem Abgang aus der Produktion entspricht. In (7) und (8) spiegeln die linken Seiten die Markt- bzw. Produktionsströme wider, mit der beide auf Bestandsänderungen ansprechen. Bei (7), der Marktbeziehung, steht auf der rechten Seite die Differenz $N - P_0$, also der Nachtrageüberschub, dem Ausgangswert als Signal für die Erhöhung von Q_m und der Lagerbestandsabweichung vom Sollwert als Signal für die Verringerung von Q_m gegenüber. Dementsprechend wirkt in der Produktionsgleichung (8) die Lagerbestandsverringering positiv und die Angebotsverringering negativ, d. h. produktionshemmend. Die Aufzillfunktion P^A (6) beschreibt in (7) und (8) die Tendenz, den Lagerbestand trotz erhöhtem Waren- und Geldumlauf auf der Sollhöhe L_0 konstant zu halten. Es kann deshalb ohne P^A ein neuer Gleichgewichtszustand ($Q_m = Q^D = 0$) nur bei einer Lagerbestandsverringering der Differenz $P^1 - P^0$ erreicht werden, wie es aus den Gleichungen (7) und (8) ersichtlich ist:

$$\lambda_2 \cdot Q^D = - (P^A - P^0) + \frac{1}{t} \int_0^t (Q_m - Q^D) dt + (P^1 - P^0)(1 - e^{-\mu t}) \quad (8)$$

Ebenso kann man die Gleichung für den Warenstrom, der von der Produktion kommt, formulieren:

$$\lambda_1 \cdot Q^m = N - P^0 - \frac{1}{t} \int_0^t (Q_m - Q^D) dt - (P^1 - P^0)(1 - e^{-\mu t}) \quad (7)$$

λ_1 stellt den Bewertungsfaktor für die zeitliche Änderung der Warenmenge auf dem Markt dar. P^1 ist gleich P^m im neuen Gleichgewichtszustand.

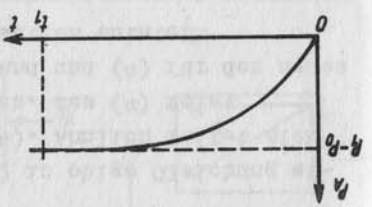
t_1 Zeit für das Erreichen des neuen Gleichgewichts

P^1 neuer Gleichgewichtswert für P^m und P^A

P^0 alter Gleichgewichtswert (Ausgangszustand vor der Störung)

Die Aufzill- oder Sättigungsfunktion (6) erfüllt diesen geforderten Verlauf, wobei μ so gewählt wird, daß $e^{-\mu t_1} \ll 1$ ist (vgl. Bild 2).

Bild 2. Zeitlicher Verlauf der Aufzillfunktion $P^A(t)$



Der Anfangszustand ist für das hier betrachtete Problem das Gleichgewicht

$$P^m = P^A = P^0, \quad Q^m = Q^D = 0 \quad \text{für } t = 0$$

Da es sich rechnerisch als günstig erweist, nicht mit den absoluten Daten, sondern mit den Differenzbeträgen zu rechnen, werden die neuen Veränderlichen auf diese Werte bezogen:

$$\begin{aligned} (9) \quad x^m &= Q^m - Q^0 \\ (10) \quad x^D &= Q^D - Q^0 \\ (11) \quad \Delta N &= N - N^0 \\ (12) \quad \Delta P &= P - P^0 \\ (13) \quad z &= z - z^0 \end{aligned}$$

Damit entstehen aus (3), (4), (6) und (7) folgende neue Beziehungen:

$$\begin{aligned} (14) \quad \Delta \dot{x} &= \Delta z - \beta_1 \cdot x^m \\ (15) \quad \Delta \dot{z} &= \beta_2 \cdot x^D \end{aligned}$$

$$\lambda_1 \cdot \dot{x}^m = \lambda_2 \cdot x^m - \frac{1}{t} \int_0^t (x^m - x^D) dt - \lambda_1 (1 - e^{-\mu t}) \quad (16)$$

Um dieses ökonomische Problem mit Hilfe einer Analogie-Rechen-einheit bearbeiten zu können, ist es notwendig, dieses in ein anderes Maß- oder Artssystem umzuwandeln. Die Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Markt, die sich in Form von Ware-Geld-Beziehungen darstellen, lassen sich ebenso mit Hilfe von Wasserkreisläufen bzw. von elektrischen Stromkreisen nachbilden. So könnten die hier auftretenden Stoff- und Warenströme durch Wassermengen dargestellt werden, wobei die Wassermenge je Zeiteinheit dem Waren- oder Geldstrom entspricht. Die Funktionen von Produktion, Markt und Lager würden dann durch geeignete Gefäße übernommen werden, deren Inhalt der Produktionskapazität, der Aufnahmefähigkeit des Marktes und der Lagerkapazität entspricht. Eine solche Analogiebildung, auch als "hydraulisches Analogon" bezeichnet, ist relativ selten, da sie nur begrenzte Umbau-

2.2.3. Möglichkeiten der Analogiebildung
 2.2.3.1. Hydraulisches Analogon

die sogenannte Gleichgewichtsbedingung. Somit regeln also drei Signale den Warenstrom: Nachfrage Y_n , Angebot Y_a , Lagerfunktion $Y_l + \Delta V$ wobei auf Produktion und Markt die Lagerfunktion einwirkt oder rückwirkt.

$$Y_1 = \Delta z - \beta_1 x_1$$

$$Y_1 = \beta_2 x_1$$

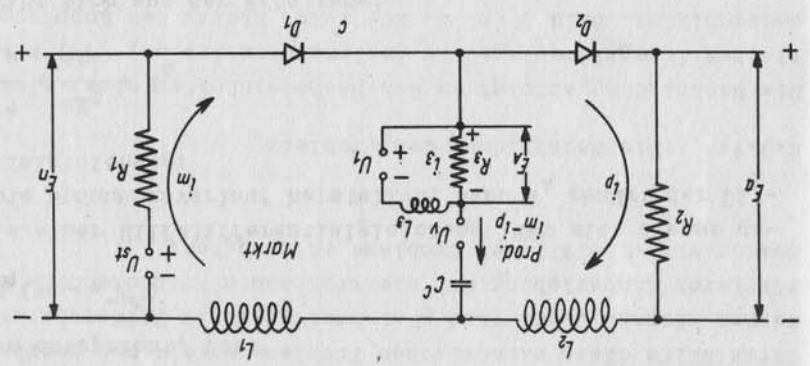
entsteht

$$\Delta z = \frac{1 + \beta_1/\beta_2}{\Delta z}$$

(18)

Bei dieser Schaltung, die man als ein zweimassiges Netz betrachten kann, stellt die linke Masche die Produktion und die rechte den Markt dar. Der in der Mitte liegende Kondensator C fungiert als Lager, während die darunterliegende Schaltung aus der Stromquelle U_1 , der Spule L_1 und dem Widerstand R_1 die Auftriebsfunktion $R_A = E \cdot V$ erzeugt.

Bild 4. Elektrisches Analogon für das Nachfrage-Angebot-Lager-Modell



2.2.3.2. Elektrisches Analogon
 Die Nachbildung des Originalsystems erfolgt mit Hilfe einer elektrischen Schaltung, in der Stromquellen, Widerstände, Kondensatoren, Spulen und Diodengleichrichter enthalten sind (vgl. Bild 4).

und Erweiterungsmöglichkeiten bietet und der technische Aufwand zum Bau eines solchen Modells beträchtlich ist. Auf Grund der sich rasch entwickelnden Elektrotechnik und Elektronik erfolgt vorteilhafter die Nachbildung der Stoff- und Warenströme mit Hilfe elektrischer Stromkreise. Hierbei entsprechen Produktion, Markt und Lager elektronischen Schalteinheiten. Im folgenden wird auf das "elektrische Analogon" eingegangen.

Die bereits erarbeiteten Beziehungen (14) bis (17) entsprechen dieser Schaltung. Damit läßt sich die Analogie zwischen Originalproblem und elektrischem Analogon herstellen.

Ohne hier näher auf die elektrischen Zusammenhänge einzugehen, sei folgendes erwähnt:

Wichtig für die Herstellung der Analogie ist die Stromrichtung. Sie wird im Netzwerk durch die beiden Diodegleichrichter D_1 und D_2 erzwungen; dadurch sind negative Ströme unmöglich.

Die Spannungsabfälle sowohl in der rechten als auch in der Linken Masche des elektrischen Analogons sind mit (14) und (15) identisch. Da die Summe der Spannungen in jeder dieser Maschen Null sein soll, entspricht diese Forderung (16) und (17), wobei der Spannungsabfall so gering ist, daß er vernachlässigt werden kann. Die Anfangsladung q_0 des Kondensators entspricht dem Lagerbestand I_0 ; q_0 muß dabei stets größer als Null sein.

Hauptbedingung jedoch, damit das Netzwerk dem formulierten Problem entspricht, ist:

$$E_A = U^l (1 - e^{-\mu t})$$

Mittels einer Hilfsdifferentialgleichung läßt sich dieser gewünschte Spannungsverlauf herstellen, denn E_A genügt der Differentialgleichung:

$$U^l = \frac{1}{R_A} \frac{dE_A}{dt} + E_A$$

U^l ergibt sich aus der Schaltung:

$$U^l = I_3 R_3 + I_3 \cdot \frac{dI_3}{dt}$$

Da $E_A = I_3 R_3$, ist $I_3 = \frac{E_A}{R_3}$

und

$$U^l = E_A + \frac{I_3}{R_A} \cdot \frac{dE_A}{dt}$$

Setzt man nun $\frac{I_3}{R_3} = \mu$, so ist die gewünschte Aufnahmefunktion gefunden.

Damit kann man die Analogien zwischen dem vorliegenden Netzwerk und dem Originalproblem formulieren:

Der elektrische Strom I entspricht dem Warenstrom x , das Geld y der Spannung E . Über das Geld wird der Warenkreislauf entsprechend dem MARX'schen Kreislauf der Fonds geschlossen, wobei die einzelnen Elemente keinesfalls rückwirkungslos sind.

2.3. Die Bearbeitung des Originalproblems mit einer elektronischen Integrieranlage

Ausgehend von der im Abschnitt 2.2.3.2. getroffenen Feststellung, daß man die Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation mit Hilfe eines elektrischen Analogons nachbilden kann, nutzt man nun in der Praxis Anlagen, mit deren Hilfe diese ökonomischen Probleme erfaßt und bearbeitet werden können. Damit wird gleichzeitig einer Forderung nach stärkerer Einbeziehung der elektronischen Rechenstechnik zur Lösung wirtschaftlicher Probleme entsprochen.

2.3.1. Die Nachbildung des Problems

Die Nachbildung erfolgt in den Recheneinheiten einer elektronischen Integrieranlage. Am geeignetsten ist es, (14) bis (17) nachzubilden. Bild 5 (s. S. 26) zeigt hierzu den Kopplungsplan.

Erklärung der Symbole

Die in diesem Kopplungsplan stark eingezichneten Kästchen stellen die Recheneinheiten dar. Dabei bedeuten:

Symbol \int - Integrator

$+$ - Summierer

Kurve - Funktionsverlauf

Frageänderung ein, so wird das bestehende Gleichgewicht zwischen Produktion, Lager und Markt gestört. Der Wareneinsatz auf dem Markt verändert sich, während der Warenstrom Q_m jedoch nur allmählich steigt oder fällt. Diese Differenz zwischen Produktion und Marktrealisation fängt hierbei das Lager ab, das die gestiegene oder gesunkene Nachfrage ausgleichen kann. Die Störgröße Δz ist also die Ursache dafür, daß das Originalproblem, d. h. der Ware-geld-Kreislauf, einem neuen Gleichgewichtszustand zustrebt.

2.3.3. Testen des Problems

2.3.3.1. Fragestellung

Interessant ist es nun, das Problem auf sein zeitabhängiges Verhalten, bedingt durch eine veränderte Nachfrage, zu testen. Auf der Grundlage der im Abschnitt 2.1. erarbeiteten Problemstellung finden dabei folgende Fragen Beachtung:

- Wie und in welchem Zeitraum folgt einer veränderten Nachfrage die Änderung der Produktion?
- Welche Mengeneinheiten Q fließen zum oder vom Lager?
- Nach welcher Zeit t erfolgt die Anpassung?
- Welche anderen Aussagen kann man noch machen?

2.3.3.2. Lösungsmethoden

Eine Möglichkeit zur Lösung dieses Problems auf einem Digitalrechner besteht darin, vorgegebene Werte für die Konstanten einzusetzen und die Störgröße Δz zu variieren. Die Werte x_m^p , x_m^d , γ_n , γ_a und der Integralwert $(x_m^m - x_m^p)$ sind dann in Abhängigkeit von der Zeit zu berechnen. Jedoch ist ein solches Lösungungsverfahren recht umständlich und außerdem sehr zeitaufwendig, wie es das Testbeispiel (s. Abschnitt 5.) zeigt.

Da die verwendeten Unterprogramme zur Lösung des Integrals und der Differentialgleichungen die Kapazität eines Digitalrechnerrechners bei weitem übersteigen und auch für größere Rechner

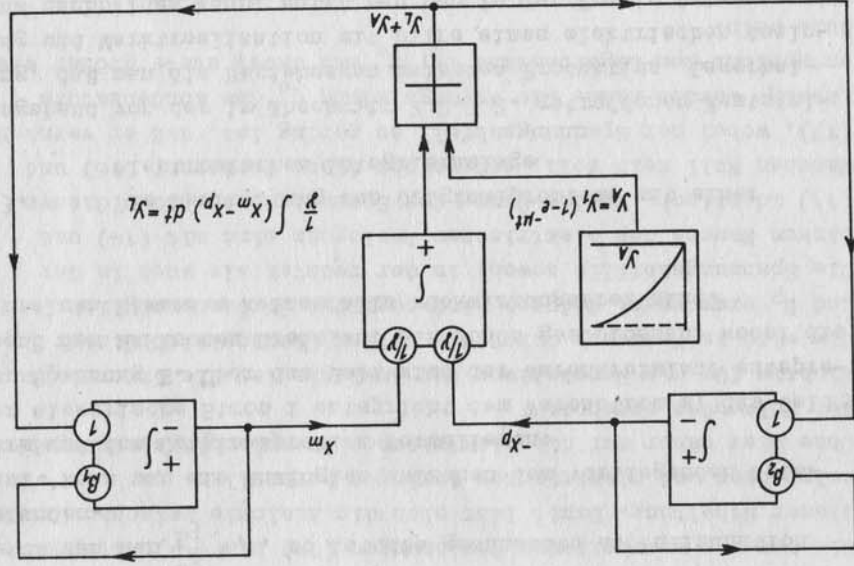


Bild 5. Kopplungsplan einer elektronischen Integrieranlage für das Nachfrage-Angebot-Lager-Modell

Die Identität zwischen den aufgestellten Beziehungen und dem Kopplungsplan ist erkennbar. Auch zeigt ein Vergleich mit dem Signal-Blockschaltbild (Bild 3) die unmittelbare Übereinstimmung.

Hervorzuheben ist, daß bei dieser Kopplung die Zeit t als Integrationsvariable dient und das Ergebnis sowohl positiv als auch negativ entnommen werden kann. Die Störgröße Δz wird als konstante Spannung mit umgekehrtem Vorzeichen an den Eingang des Integrators für x_m^m angelegt.

2.3.2. Die Störgröße Δz

Die Störgröße Δz ist Bestandteil der Nachfragefunktion, dargestellt in (14). Sie ist Ausdruck einer veränderten Nachfrage. Tritt z. B. durch eine sprunghafte Veränderung (Erhöhung oder Senkung) der Kaufkraft der Bevölkerung eine entsprechende Nach-

- die einfache Berücksichtigung von Nichtlinearitäten und - der kurzzeitige Ablauf des zu untersuchenden Vorganges Die Nachteile eines Analogrechners bestehen in der begrenzten Rechengenauigkeit und der geringen Speicherkapazität; Schwierigkeiten bei der Realisierung komplizierter algebratischer Operationen und bei der manuellen Programmierung treten außerdem auf.

3.2. Die wichtigsten Bauteile des Analogrechners

Die Bauteile eines Analogrechners werden in /30/, /31/ und /36/ beschrieben. Hier sollen nur die wichtigsten Bauteile erwähnt werden, deren Schaltsymbole im Bild 7 zu sehen sind.

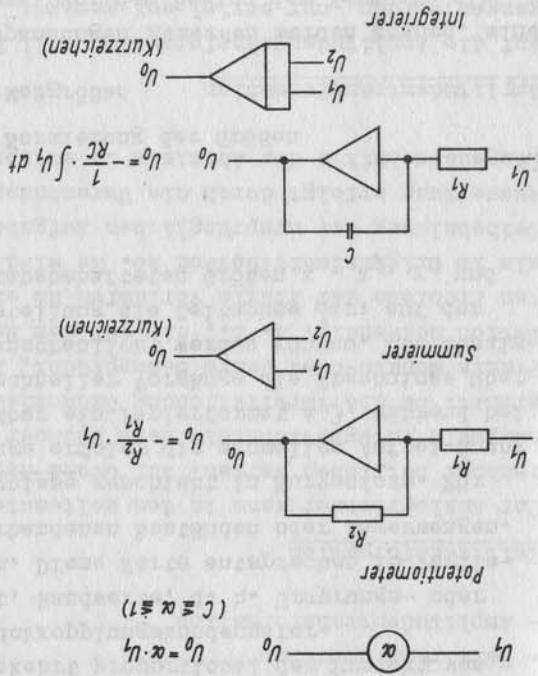


Bild 7. Wichtige Schaltsymbole für den Analogrechner

der Aufwand erheblich ist, empfiehlt es sich, die Lösung der Problembestimmung mit Hilfe eines Analogrechners durchzuführen.

3. Der Analogrechner MEDA II

3.1. Grundprinzip der Analogarbeitsweise

Bild 6 zeigt das Grundprinzip der Analogarbeitsweise.

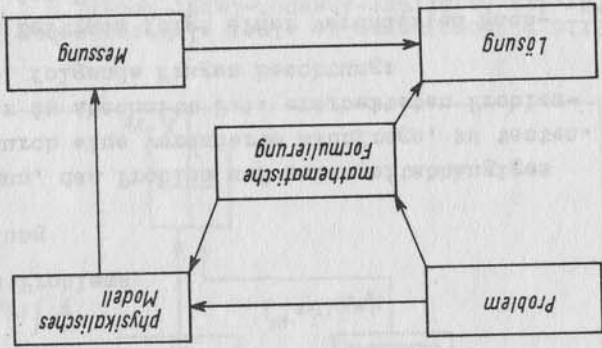


Bild 6. Prinzip der Analogarbeitsweise

Beim Analogrechner ist eine mathematisch explizite Formulierung des Problems nicht in jedem Fall erforderlich. Der Rechner gestattet für verschiedene Aufgaben eine direkte Modellierung des Prozesses. Diese direkte Nachbildung bezeichnet man als Simulation /4/. Im Analogrechner werden die Komponenten des mathematisch formulierten Problems als physikalische Größen wiedergegeben. Man rechnet mit stetig veränderlichen Funktionen, wobei die Rechenoperationen auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten beruhen. Abschnitt 2.2.3. macht diese sichtbar. Die wesentlichsten Vorteile des Analogrechners /36/ sind:

- die modellmäßige Nachbildung des Problems
- die einfache Überprüfung der mathematischen Formulierungen
- die leichte Optimierung des Problems
- die Sichtbarmachung von Parametereinflüssen

Das Potentiometer ist ein Widerstand mit variablem Abgriff.

Es stellt einen Variationsbereich zwischen null und eins dar, der durch Verstellen des Schleiters erreicht wird. Im vorliegenden Problem wird der Bereich realisiert, mit dem die Meßgrößen behaftet sind.

Der Summierer besteht aus einem Gleichspannungsverstärker und mehreren Widerständen. Er bildet die negative Summe der Eingangsspannung. Die Summenbildung wiederum hängt vom Verhältnis des Rückkopplungswiderstandes R_2 und des Eingangswiderstandes R_1 ab. Dadurch kann eine gewisse Ausgangsspannung, d. h. die maximale Betriebspannung, nicht überschritten werden.

Der Integrierer besteht aus einem Gleichspannungsverstärker, den Eingangswiderständen und dem Rückkopplungskondensator. Der Verstärker bildet am Ausgang das Integral, d. h. die Summe über die Zeit einer am Eingang anliegenden Spannung. Dabei ist die Ausgangsspannung umgekehrt proportional dem Produkt von Eingangswiderstand und Rückkopplungskondensator.

Der Integrierer gestattet, Randwerte, d. h. Ursprungs- oder Ausgangswerte, vorzugeben. Diese Werte entsprechen im vorliegenden Modell bereits vorhandenen Beständen oder Lagermengen.

Die Darstellung der Ergebnisse geschieht in Kurvenform. Für langsam ablaufende Vorgänge erfolgt die einmalige Aufzeichnung mit einem x-y-Schreiber über ein Papierformat A 3, während bei mehrfacher Wiederholung schneller Vorgänge die Ergebnisse über einen Oszillographen veranschaulicht werden können. Die Abszisse stellt bei dieser Darstellung die Zeitachse dar; auf der Ordinate werden die maßstabsbehafteten Größen x_m, x_p, y_n und $(y_I + y_V)$ aufgetragen.

3.3. Festlegung und Normierung der Größen

3.3.1. Festlegung der Meßgrößen

Da am Analogrechner nur Spannungen gemessen werden können, sind vor Beginn der Rechnung bzw. vor dem Beginn der Versuche die entsprechenden Dimensionen festzulegen. Auf der Basis der er-

arbeiten folgenden Gleichungen (14) bis (17) gelten für die einzelnen Meßgrößen folgende Dimensionen:

- x_m, x_p - ME/a
- $y_1, y_a, y_n, \Delta z$ - Mark/a
- β_1, β_2 - Mark/ME
- $\frac{1}{T}$ - Mark/ME • a
- γ_1, γ_2 - Mark • a/ME

Damit wird gewährleistet, daß im Gleichgewichtssystem nur zueinander passende Größen verwendet werden.

3.3.2. Normierung der Meßgrößen /4, 21, 31/

Die Normierung der Einzelgrößen gliedert sich in

- Zeittransformation
- Amplitudentransformation

Zeittransformation

Der Analogrechner kann in den seltensten Fällen als Echtzeitrechner betrieben werden. Auf Grund der Konstruktion ist die maximale Integrationszeit beim Rechner MADA I auf 200 s begrenzt. Da die Verwirklichung ökonomischer Aufgaben in der Praxis Monate bzw. Jahre beansprucht, ist eine Zeittransformation notwendig, d. h., die auf dem Rechner analog simulierten Probleme der Praxis verlaufen um ein Mehrfaches schneller als im Originalzeitzustand ab. Es wird eine Zeitratung unter Beibehaltung der ursprünglichen Aufgabenstellung erzielt. Die Auswertung erfolgt durch die Umrechnung der maßstabsbehafteten Längenschnitte der Abszisse in entsprechende Zeiteinheiten.

Amplitudentransformation

Auf die Amplitudentransformation soll hier nicht näher eingegangen werden, nur soweit sei gesagt: Der Analogrechner stellt das Ergebnis stets in maßstabsbehafteten Spannungswerten dar, die im Registriergerät bzw. bei der Darstellung der Ergebnisse als maßstabsbehaftete Amplituden

Das Lager soll ermöglichen, Waren in Höhe von maximal $3 \cdot 10^6$ M/a auszuliefern, um die Differenz zwischen Nachfrage und Angebot für den Zeitraum zu überbrücken, bis die Produktionserhöhung den gestiegenen Bedarf der Bevölkerung kompensiert hat. Insgesamt kann das Lager Waren im Werte von maximal $8 \cdot 10^6$ M/a umschlagen.

Zur Untersuchung der Wechselbeziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation wurde für die Aufgabenstellung eine Variationsbreite für die einzelnen Größen gewählt, in deren Bereich die Simulationen durchgeführt werden können.

Variationsbreiten:

- Störgröße Δz $2 \cdot 10^6$ bis $15 \cdot 10^6$ M/a
- Gleichgewichtsbedingung λ_1 10^6 bis $4,3 \cdot 10^6$ M/a
- Bewertungsfaktor γ 0 bis 1
- Faktoren des Produktions- und Marktänderungsflusses λ_1 und λ_2 $2 \cdot 10^6$ M/ME bis $2 \cdot 10^6$ M/ME
- Preis β_1 $2 \cdot 10^3$ bis $5 \cdot 10^3$ M/ME
- variable Kosten β_2 $0,8 \cdot 10^3$ bis $2 \cdot 10^3$ M/ME
- Zeit t 2 bis 10 Jahre
- Zeitfaktor n 0 bis 10^{-3}

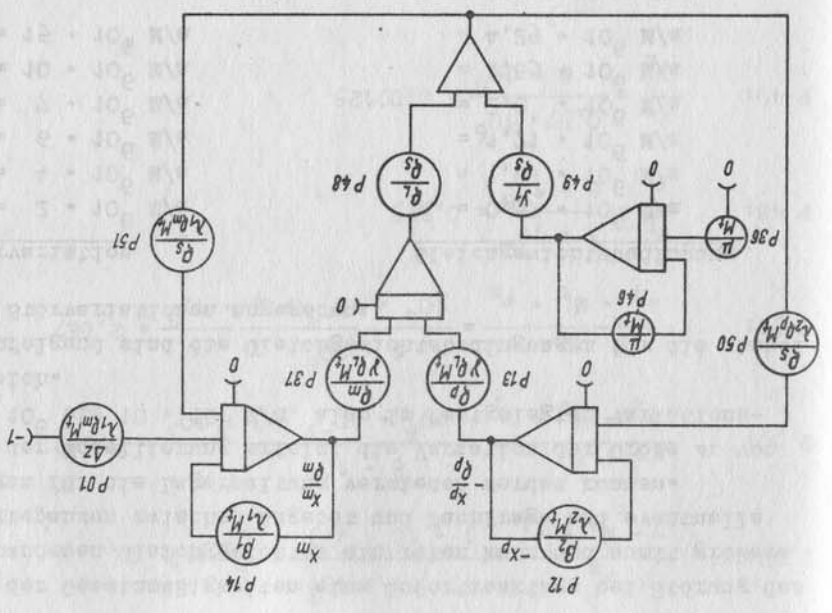
Die elektrische Schaltung der in (16) und (17) formulierten mathematischen Beziehungen erfolgte nach dem auf Bild 9 dargestellten Schaltplan auf dem Rechner MEDA T.

"Der Rechengang an sich wird dadurch ausgelöst, daß die Gegenkopplung der Verstärker geschlossen und die Störfunktion als Spannung aufgeschaltet wird". /30/ Das Steuerfeld übernimmt diese Funktion.

Entsprechend dem vorliegenden Schaltplan werden die Werte der mit F gekennzeichneten Potentiometer errechnet und aufgeschaltet. Dabei sind die auf diesem Plan gekennzeichneten Potentiometer mit der Nummerierung auf dem Steckbrett identisch. Als neue Symbole werden für die Potentiometer eingeführt:

$$\begin{aligned} x_m &= p_m \\ x_p &= p_p \\ x_L &= p_L \\ \Delta V &+ \Delta V = p_s \end{aligned}$$

Bild 9. Schaltplan zur Durchführung von Versuchen am Rechner MEDA T



4.2. Simulationen zur Darstellung der Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation

Bei diesen Operationen wurden u. a. die Auswirkungen der Veränderung von Δz , der Gleichgewichtsbedingungen, vom Preis und den variablen Kosten auf die vorhandenen Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation untersucht und mit Hilfe eines Ausgabegerätes, im vorliegenden Fall eines x-y-Schreibers, graphisch dargestellt.

4.2.1. Variation der Größe Δz

Die Untersuchung des Einflusses von Kaufkraftschwankungen auf einen im Gleichgewicht befindlichen Zustand ist von großer Bedeutung für ökonomische Entscheidungen, weil durch die Kennt-

Nachfolgend sind die Gleichgewichtsbedingungen für die einzelnen Störvariationen angegeben:

Die Gleichgewichtsbedingungen wurden nach (18) berechnet; es sind gerundete Werte.

Gleichgewichtsbedingungen

$\lambda z = 2 \cdot 10^6 \text{ M/a}$	$= 4 \cdot 10^6 \text{ M/a}$
$\lambda_1 = 0,57 \cdot 10^6 \text{ M/a}$	$= 6 \cdot 10^6 \text{ M/a}$
$= 1,43 \cdot 10^6 \text{ M/a}$	$= 7 \cdot 10^6 \text{ M/a}$
$= 1,71 \cdot 10^6 \text{ M/a}$	$= 10 \cdot 10^6 \text{ M/a}$
$= 2,0 \cdot 10^6 \text{ M/a}$	$= 15 \cdot 10^6 \text{ M/a}$
$= 2,85 \cdot 10^6 \text{ M/a}$	
$= 4,29 \cdot 10^6 \text{ M/a}$	

Variante 1.1.: $\lambda z = 2 \cdot 10^6 \text{ M/a}$

Für diese Variante wurden folgende Potentialmeterwerte errechnet:

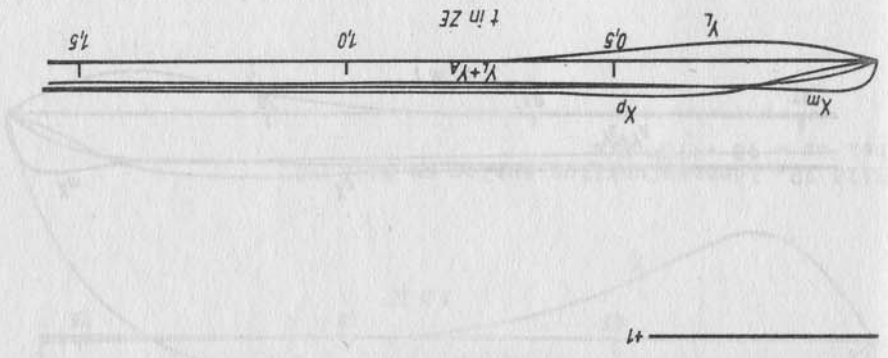
P 01:
$$\lambda z = \frac{\lambda_1 \cdot p_m \cdot M_t}{2 \cdot 10^6} = \frac{10^6 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^6} = 0,667$$

P 12:
$$\frac{\beta_2}{2 \cdot 10^3} = \frac{\lambda_2 \cdot M_t}{10^6 \cdot 10^{-3}} = 2$$

P 14:
$$\frac{\beta_1}{5 \cdot 10^3} = \frac{\lambda_1 \cdot M_t}{10^6 \cdot 10^{-3}} = 5$$

P 13:
$$\frac{p_p}{3 \cdot 10^3} = \frac{\lambda \cdot M_t \cdot p_L}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^6} = 1$$

Bild 10. Lösungsfunktion der Beziehungen zwischen x_m, x_p, x_L und $\lambda_1 + \lambda_2$ bei $\lambda z = 2 \cdot 10^6 \text{ M/a}$



Die errechneten Werte sind alle dimensionslos. Da bereits im Abschnitt 3.3.1. die Meßgrößen festgelegt wurden, konnte bei diesen Berechnungen auf eine erneute Dimensionsangabe verzichtet werden. Die Dimensionen von n und M_t sind noch mit $1/a$ zu ergänzen. Ihre Größe beträgt jeweils $10^{-3} 1/a$.

P 37:
$$\frac{p_m}{3 \cdot 10^3} = \frac{\lambda \cdot M_t \cdot p_L}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^6} = 1$$

P 50:
$$\frac{p_s}{8 \cdot 10^6} = \frac{\lambda_2 \cdot M_t \cdot p_p}{10^6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} = 2,667$$

P 51:
$$\frac{p_s}{8 \cdot 10^6} = \frac{\lambda_1 \cdot M_t \cdot p_m}{10^6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} = 2,667$$

P 48:
$$\frac{p_L}{3 \cdot 10^6} = \frac{p_s}{8 \cdot 10^6} = 0,375$$

P 49:
$$\frac{\lambda_1}{0,57 \cdot 10^6} = \frac{p_s}{8 \cdot 10^6} = 0,07125$$

P 36/46:
$$\frac{M_t}{10^{-3}} = \frac{p_s}{10^{-3}} = 1$$

Bild 11. Lösungsfunktion analog zu Bild 10 bei $\Delta z = 4 \cdot 10^6 \text{ M/a}$

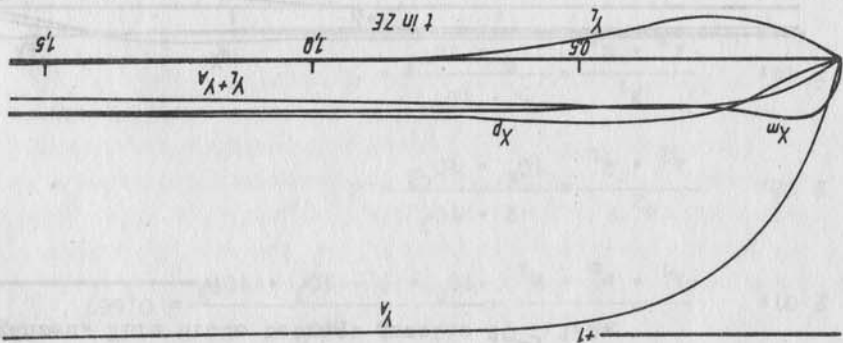


Bild 11 veranschaulicht die Rechenergebnisse. Amplituden- und Zeittransformationen sind analog Variante 1.1.

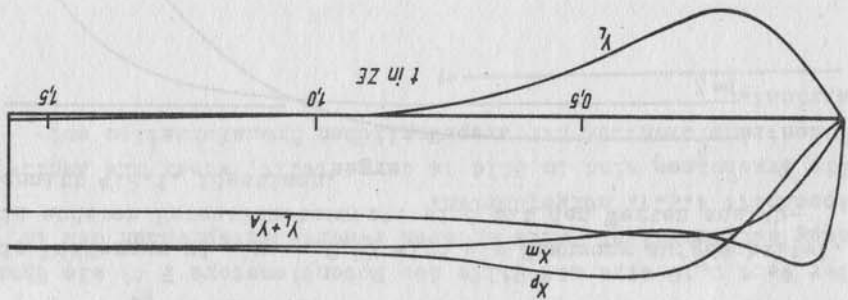
$$P\ 01: \frac{\Delta z}{4 \cdot 10^6} = \frac{\gamma_1 \cdot M_t \cdot p_m}{10^6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} = 1,33$$

$$P\ 49: \frac{p_s}{\gamma_1} = \frac{8 \cdot 10^6}{1,143 \cdot 10^6} = 0,143$$

Variante 1.2.: $\Delta z = 4 \cdot 10^6 \text{ M/a}$
 Für diese Variante sind nur die Werte der Potentiometer P 01 und P 49 zu errechnen und aufzuschalten. Die anderen Werte entsprechen der Variante 1.1.

Diese Potentiometerwerte werden als Spannungen aufgeschaltet. Bild 10 zeigt die Ergebnisdarstellung der Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation. Die Amplituden-transformation wurde so gewählt, daß 125 mm den Werten von x_m , x_p , y_v , y_l und y_v entsprechen. Bei der Zeittransformation ergeben 240 mm eine bestimmte Zeiteinheit ZE (in Monaten oder Jahren). Als Gesamtzeit t wurden 2 Jahre gewählt.

Bild 12. Lösungsfunktion analog zu Bild 10 bei $\Delta z = 10 \cdot 10^6 \text{ M/a}$



Ansonsten entspricht Variante 1.3. der Variante 1.1. Die Darstellung der Ergebnisse ist aus Bild 12 ersichtlich.

$$P\ 01: \frac{\Delta z}{10 \cdot 10^6} = \frac{\gamma_1 \cdot M_t \cdot p_m}{10^6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} = 3,33$$

$$P\ 49: \frac{p_s}{\gamma_1} = \frac{8 \cdot 10^6}{2,856 \cdot 10^6} = 0,375$$

Variante 1.3.: $\Delta z = 10 \cdot 10^6 \text{ M/a}$
 Da die Varianten 1.1. und 1.2. die Beziehungen zwischen x_m , x_p , y_v , y_l und y_v nicht deutlich genug wiedergeben, wurde für Variante 1.3. die Kaufkraftschwankung mit $\Delta z = 10 \cdot 10^6 \text{ M/a}$ angenommen. Damit erhalten die Potentiometer P 01 und P 49 folgende Werte aufgeschaltet:

4.2.3. Variation des Bewertungsfaktors γ

Bei den bisherigen Betrachtungen wurde davon ausgegangen, daß der Bewertungsfaktor $\gamma = 1$ ist. Jetzt wird der Gleichgewichtszustand dahingehend gestört, daß der Faktor γ nur noch $0,5 \frac{M}{ME}$ • a bei einer Schwankung der Kaufkraft von $\Delta z = 2 \cdot 10^6$ in M/a be-
trägt.

Damit ergeben sich folgende neue Potentialmeterwerte:

P 01: $\Delta z = \frac{\gamma_1 \cdot M_t \cdot p_m}{6 \cdot 10^6} = \frac{10^6 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^6} = 2$

P 13: $p_p = \frac{\gamma \cdot M_t \cdot p_{LI}}{3 \cdot 10^3} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^3} = 0,5$

P 37: $p_m = \frac{\gamma \cdot M_t \cdot p_{LI}}{3 \cdot 10^3} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^3} = 0,5$

P 49: $\gamma_1 = \frac{p_s}{1,714 \cdot 10^6} = \frac{8 \cdot 10^6}{1,714 \cdot 10^6} = 0,214$

Die anderen Werte entsprechen den Potentialmeterangaben im Abschnitt 4.2.1.

Die Beziehungen zwischen x_m, x_p, γ_1 und γ_2 veranschaulicht Bild 15. Zeit- und Amplitudentransformationen wurden nicht verändert.

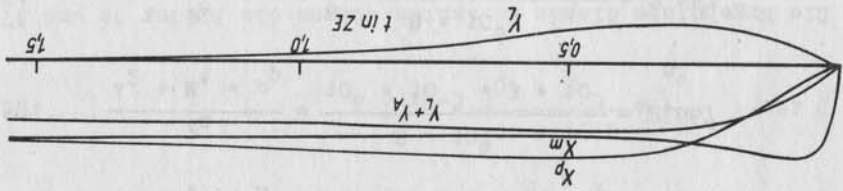
4.2.4. Variation der Faktoren des Produktions- und Marktänderungsflusses

Im Gegensatz zur Aufgabenstellung werden jetzt die Faktoren

$\gamma_1 = \gamma_2$ mit $2 \cdot 10^6 \frac{M}{ME}$ • a festgesetzt.

Der Bewertungsfaktor $\gamma = 1$ und die Kaufkraftschwankung Δz beträgt $6 \cdot 10^6$ M/a. Damit ergeben sich folgende neue Potentialmeterwerte, die aufgeschaltet werden:

Bild 15. Lösungsfunktion der Beziehungen zwischen x_m, x_p, γ_1 und γ_2 bei $\Delta z = 6 \cdot 10^6$ M/a und $\gamma = 0,5 \frac{M}{ME}$ • a



Alle übrigen Werte entsprechen denen im Abschnitt 4.2.1. Die sich aus der Veränderung von γ_1 und γ_2 ergebenden Schlussfolgerungen in den Beziehungen zwischen x_m, x_p, γ_1 und γ_2 sind aus Bild 15 ersichtlich.

P 49: $\gamma_1 = \frac{p_s}{1,714 \cdot 10^6} = \frac{8 \cdot 10^6}{1,714 \cdot 10^6} = 0,214$

P 51: $p_s = \frac{\gamma_1 \cdot M_t \cdot p_m}{8 \cdot 10^6} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^6} = 1,333$

P 50: $p_s = \frac{\gamma_2 \cdot M_t \cdot p_p}{8 \cdot 10^6} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^6} = 1,333$

P 14: $\beta_1 = \frac{\gamma_1 \cdot M_t}{5 \cdot 10^3} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^3} = 2,5$

P 12: $\beta_2 = \frac{\gamma_2 \cdot M_t}{2 \cdot 10^3} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^3} = 1$

P 01: $\Delta z = \frac{\gamma_1 \cdot M_t \cdot p_m}{6 \cdot 10^6} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^6} = 1$

4.2.5. Variation des Preises und der variablen Kosten

Preis und variable Kosten sind wichtige ökonomische Größen zur Ermittlung des Betriebsergebnisses bzw. des Gewinns. Es ist deshalb interessant, ausgehend von der Problemstellung die Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation zu betrachten.

Untervariante 5.1.1.: $\beta_1 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ M/ME}$, $\beta_2 = 10^3 \text{ M/ME}$, $\lambda = 10^6 \frac{\text{M}}{\text{ME}} \cdot a$

Die Störgröße Δz wird mit $6 \cdot 10^6 \text{ M/a}$ angenommen.

Es ergeben sich somit für diese Untervariante folgende Potentialmeterwerte, die als Spannungen aufgeschaltet werden:

$$\begin{aligned} P 01: \Delta z &= \frac{\lambda_1 \cdot M_t \cdot p_m}{6 \cdot 10^6} = \frac{10^6 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3}{6 \cdot 10^6} = 2 \\ P 12: \beta_2 &= \frac{\lambda_2 \cdot M_t}{10^3} = \frac{10^6 \cdot 10^{-3}}{10^3} = 1 \\ P 14: \beta_1 &= \frac{\lambda_1 \cdot M_t}{2,5 \cdot 10^3} = \frac{10^6 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 10^3} = 2,5 \\ P 13: p_p &= \frac{\lambda \cdot M_t \cdot p_L}{3 \cdot 10^3} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^3} = 1 \\ P 37: p_m &= \frac{\lambda \cdot M_t \cdot p_L}{3 \cdot 10^3} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^3} = 1 \\ P 50: p_s &= \frac{\lambda_2 \cdot M_t \cdot p_p}{8 \cdot 10^6} = \frac{10^6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^6} = 2,667 \\ P 51: p_s &= \frac{\lambda_1 \cdot M_t \cdot p_m}{8 \cdot 10^6} = \frac{10^6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^6} = 2,667 \end{aligned}$$

Untervariante 5.1.2.: $\lambda = 2 \cdot 10^6 \frac{\text{M}}{\text{ME}} \cdot a$
 Durch eine Verdopplung von λ ergeben sich gegenüber der Untervariante 5.1.1. folgende Potentialmeterwertveränderungen:

$$\begin{aligned} P 01: \Delta z &= \frac{\lambda_1 \cdot M_t \cdot p_m}{2 \cdot 10^6} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^6} = 0,33 \\ P 12: \beta_2 &= \frac{\lambda_2 \cdot M_t}{10^3} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}{10^3} = 0,5 \\ P 14: \beta_1 &= \frac{\lambda_1 \cdot M_t}{2,5 \cdot 10^3} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 10^3} = 1,25 \\ P 50: p_s &= \frac{\lambda_2 \cdot M_t \cdot p_p}{8 \cdot 10^6} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^6} = 1,33 \\ P 51: p_s &= \frac{\lambda_1 \cdot M_t \cdot p_m}{8 \cdot 10^6} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^6} = 1,33 \\ P 45: y_1 &= \frac{p_s}{0,57 \cdot 10^6} = \frac{8 \cdot 10^6}{0,57 \cdot 10^6} = 0,071 \end{aligned}$$

Die Ergebnisse dieser Varianten zeigen die Bilder 16 und 17. Bei der graphischen Darstellung mittels x-y-Schreiber wurde die Amplitudentransformation nicht verändert, da das Problem

Die Amplitudentransformation der Lösungen in den Bildern 18 und 19 entspricht der anfangs gewählten Transformation, während die Zeittransformation im Bild 18 einmal der gewählten Transformation und im Bild 19 der Transformation einer ZE von 48 mm entspricht.

Bild 18. Lösungsfunktion analog zu Bild 17 bei $\lambda_1 = \lambda_2 = 2 \cdot 10^6 \text{ M/ME} \cdot a$ und $\Delta z = 2 \cdot 10^6 \text{ M/a}$

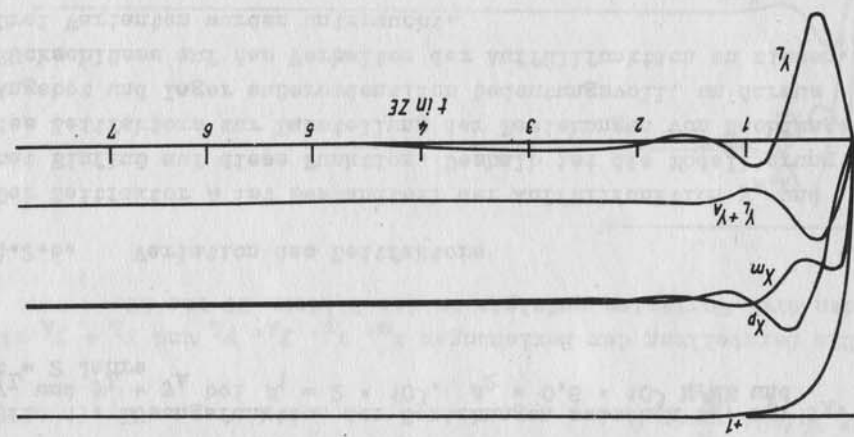


Bild 19 über einen Zeitraum von 10 Jahren erschichtlich sind. Diese Beziehungen über einen Zeitraum von 2 Jahren und aus $y_l + x_a$ geben die Bilder 18 und 19 wieder, wobei aus Bild 18 die Darstellung der Beziehungen zwischen x_m, x_p, x_a, y_l und $y_l + x_a$ im Abschnitt 5.1.1. identisch.

Alle übrigen Potentialmeterwerte sind mit den Werten der Unter-

P 14:
$$\frac{\beta_1}{\lambda_1 \cdot M_t} = \frac{2 \cdot 10^3}{10^6 \cdot 10^{-3}} = 2$$

P 12:
$$\frac{\beta_2}{\lambda_2 \cdot M_t} = \frac{0,8 \cdot 10^3}{10^6 \cdot 10^{-3}} = 0,8$$

Die Störgröße Δz beträgt $6 \cdot 10^6 \text{ M/a}$. Damit ergeben sich folgende P-Werte:

Variante 5.2.:
$$\beta_1 = 2 \cdot 10^3 \text{ M/ME}, \beta_2 = 0,8 \cdot 10^3 \text{ M/ME}$$

Jetzt entspricht eine ZE = 48 mm auf dem A-3-Format. Über einen Zeitraum von 10 Jahren betrachtet werden sollte.

Bild 17. Lösungsfunktion der Beziehungen zwischen x_m, x_p, x_a, y_l und $y_l + x_a$ bei $\beta_1 = 2,5 \cdot 10^3, \beta_2 = 10^3 \text{ M/ME}$ und $\lambda_1 = \lambda_2 = 10^6 \text{ M/ME} \cdot a$ und $\Delta z = 6 \cdot 10^6 \text{ M/a}$

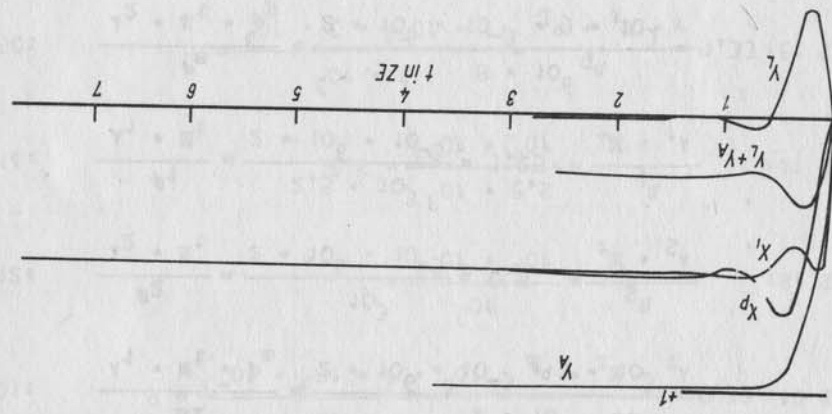
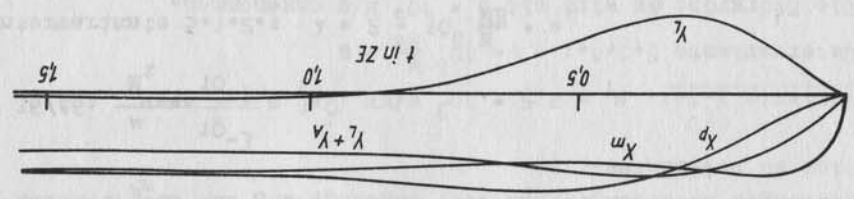


Bild 16. Lösungsfunktion der Beziehungen zwischen x_m, x_p, x_a, y_l und $y_l + x_a$ bei $\Delta z = 6 \cdot 10^6 \text{ M/a}$ und $\lambda_1 = \lambda_2 = 2 \cdot 10^6 \text{ M/ME} \cdot a$



Ausgehend von der Aufgabenstellung heißt das, daß bei einem Wert $\mu = 0,5 \cdot 10^{-3} 1/a$ die doppelte Zeit für die Annullfunktion V_A zur Verfügung steht.

$$P_{36/46}: \frac{M_t}{\mu} = \frac{10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 0,5$$

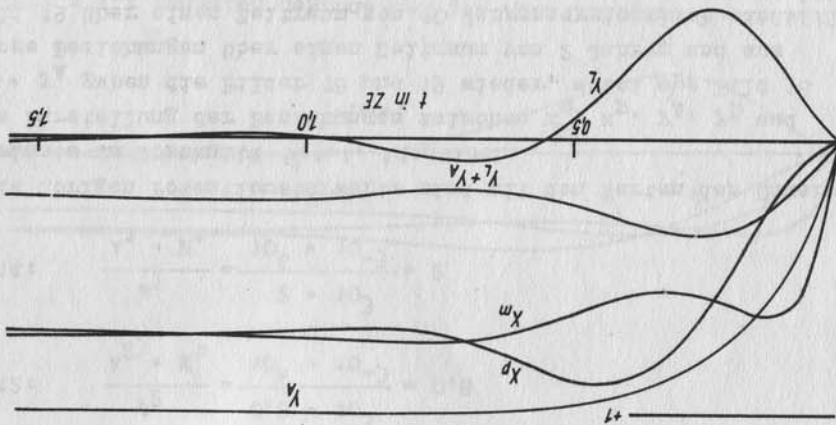
Das ergibt für die Potentiometer P 36 und P 46 folgende Werte:

$$\text{Variante 6.1.: } \mu = 0,5 \cdot 10^{-3} 1/a$$

Drei Varianten wurden untersucht. Rückschlüsse auf das Verhalten der Annullfunktion zu ziehen. Angebot und Lager außerordentlich bedeutungsvoll, um daraus des Zeitfaktors zur Darstellung der Beziehungen von Nachfrage, hat Einfluß auf diese Funktion. Deshalb ist die Modellierung der Zeitfaktor μ ist Bestandteil der Annullfunktion V_A und

4.2.6. Variation des Zeitfaktors

Bild 19. Lösungsfunktion der Beziehungen zwischen x_m, x_p, V_A, V_L und $V_L + V_A$ bei $\beta_1 = 2 \cdot 10^3, \beta_2 = 0,8 \cdot 10^3 M/MB$ und $t = 2$ Jahre



Die Darstellung der Beziehungen x_m, x_p, V_A, V_L und $V_L + V_A$ mit den drei Varianten erfolgte in den Bildern 20 bis 22.

$$P_{36/46}: \frac{M_t}{\mu} = 0$$

Damit ergeben sich für die beiden Potentiometer die Werte:

$$\text{Variante 6.3.: } \mu = 0$$

Somit steht für die Annullfunktion die zehnfache Zeit zur Verfügung.

$$P_{36/46}: \frac{M_t}{\mu} = \frac{10^{-3}}{0,05 \cdot 10^{-3}} = 0,05$$

Folgende Potentiometerwerte wurden errechnet und als Spannung aufgeschaltet:

$$\text{Variante 6.2.: } = 0,05 \cdot 10^{-3} 1/a$$

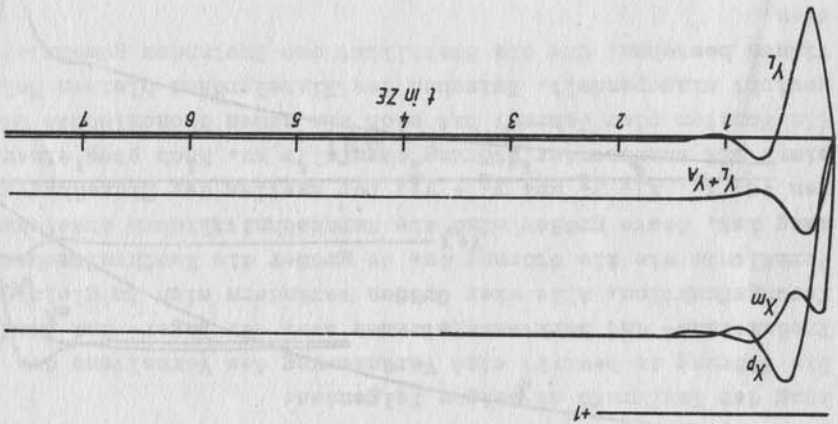


Bild 20. Lösungsfunktion analog zu Bild 19 bei $t = 10$ Jahre

Die Amplitudentransformation ist unverändert; bei der Zeittransformation entspricht eine ZE = 48 mm.

Bild 21. Lösungsfunktion der Beziehungen zwischen x_m , x_p , y_A , y_I und $y_I + y_A$ bei $\beta_1 = 2,5 \cdot 10^3$, $\beta_2 = 10^3$ M/ME und $\mu = 0,5 \cdot 10^{-5}$ in 1/a

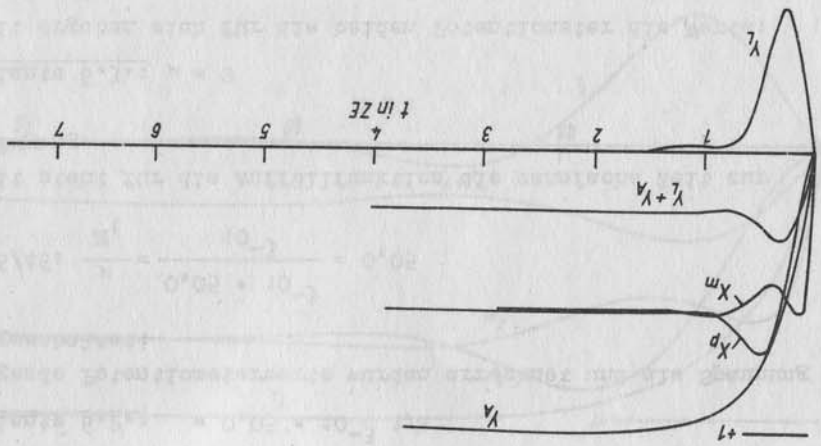
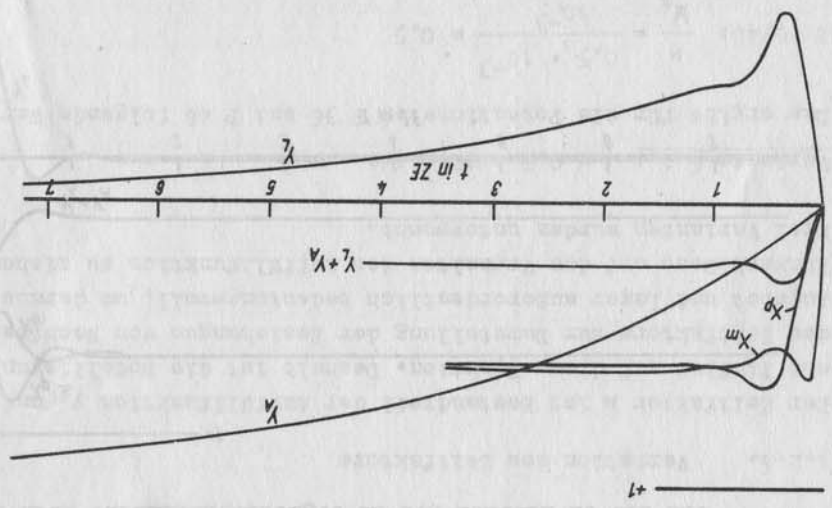


Bild 22. Lösungsfunktion analog zu Bild 21 bei $\mu = 0,05 \cdot 10^{-5}$ in 1/a



4.3. Interpretation der Simulationsergebnisse

4.3.1. Interpretation des Normalzustandes

Obwohl für den Normalzustand keine Darstellung der Lösungsfunktion erfolgte, soll kurz darauf eingegangen werden. Beim Normalfall erfolgt nur eine kurzzeitige Störung des bestehenden ökonomischen Gleichgewichts. Mit Beginn dieser Störung ändern sich der durchschnittliche Produktions- und der durchschnittliche Marktwarenstrom x_m und x_p so lange, bis ein Endwert erreicht ist, bei dem sowohl das Produktionsvolumen als auch der Warenstrom zum Markt gleich sind. Beide werden Null. Das Lager gleicht sofort die sich zwischen Produktion und Marktbedarf anbahnende Instabilität bei der Warenbereitstellung aus. Die das Lager verlassende oder zuzuführende Warenmenge pendelt sich ein und wird ebenfalls zu Null.

4.3.2. Interpretation der Variation von Δz

Die drei durchgeführten Versuche mit unterschiedlicher Schwankung der Kauferkraft Δz zeigen folgendes:

Die Störung Δz bewirkt eine Veränderung des Verhaltens des Produktions- und Marktwarenstromes bzw. der Lager- und Auslieferungsfunktion. Alle vier Größen verändern sich im gleichen Verhältnis wie die Störung Δz . Je größer die Kauferkraftschwankung ist, desto größer sind die durchschnittlichen Abweichungen von x_m , x_p , y_I und $y_I + y_A$. Der Anstieg der Einzelkurven nimmt mit zunehmender Störung ebenfalls zu. Nach etwa einer ZB (in Monaten oder Jahren) hat sich ein neues ökonomisches Gleichgewicht eingestellt. Zwischen den Einzelgrößen bleiben Relationen bestehen, die die Stabilität des Zustandes gewährleisten. Da die ersten beiden Varianten der Änderung von Δz den ökonomischen Zusammenhang zwischen Angebot, Nachfrage und Lager nicht besonders gut zum Ausdruck bringen, soll insbesondere Variante 3 mit einer Störgröße $\Delta z = 10 \cdot 10^6$ M/a (s. Bild 12) betrachtet werden.

Eine Erhöhung des Bedarfs auf dem Markt auf Grund veränderter
 Kaufkraft läßt den Warenstrom zum Markt sprunghaft auf eine
 Höhe von 1610 ME ansteigen. Durch die Trägheit der Produktion,
 die auf eine veränderte Nachfrage nicht sofort reagieren kann,
 ist das Lager gezwungen, eine Warenmenge auszuliefern, die der
 Differenz zwischen Angebot und Nachfrage entspricht. Das Aus-
 lieferungsmaximum liegt bei $1,15 \cdot 10^6$ M und wird bei
 $t = 0,25$ ZE erreicht, nach und nach deckt die Produktion den
 erhöhten Bedarf ab. Die durchschnittliche Abweichung der Pro-
 duktion beträgt maximal 1730 ME. Produktion und Markt pendeln
 sich langsam auf einen Wert von 1420 ME ein. Gleichzeitig
 braucht das Lager immer weniger Waren abzugeben. Nach etwa
 einer ZE ist die Auslieferung durch das Lager beendet. Im wei-
 teren Verlauf erhöht sich der Lagerbestand sogar noch gering-
 fügig. Der Anstieg der Lagerfunktion $V_L + V_A$ liegt zwischen
 den Anstiegen von x_m und x_p . Die Funktion selbst pendelt sich
 nach einem erhöhten Warenumschlag nach etwa $0,25$ ZE auf einen
 Warenumschlag von $2,8 \cdot 10^6$ M ein.

4.3.3. Interpretation der Variation der Gleichgewichtsbedingungen

Aus den Lösungsfunktionen der Bilder 13 und 14, insbesondere
 des Bildes 14, weil der Maßstab von Bild 13 für eine Betrachtung
 als zu klein erscheint, ist folgendes ersichtlich:
 Ändert sich der Marktwarenstrom, so liefert das Lager anfangs
 die sich aus Nachfrage und Angebot ergebende Warendifferenz
 so lange aus, bis die Produktion den gestiegenen Bedarf decken
 kann. So wie sich Produktion und Marktwarenstrom auf einen
 Wert von 100 ME einpendeln, fällt sich auch das Lager V_L mit
 Waren auf. Der Warenwert beträgt im betrachteten Fall $1,4 \cdot 10^6$ M,
 d. h., daß sich der Lagerbestand in einem sehr kurzen Zeitraum

Aus Bild 16, das die Ergebnisse der Modellierung der gesamm-
 ten Faktoren zeigt, wird ersichtlich, daß eine Änderung dieser
 auf die Beziehungen zwischen Produktion, Markt und Lager kei-
 nen Einfluß hat. Ohne näher auf die einzelnen Größen einzu-
 gehen, zeigt die Lösungsfunktion das gleiche Verhalten der
 einzelnen Größen zueinander.

4.3.5. Interpretation der Variation der Faktoren des Produktions- und Marktänderungsflusses

x_m	- 840 ME
x_p	- 890 ME
V_L	- 0
$V_L + V_A$	- $1,7 \cdot 10^6$ M

4.3.4. Interpretation der Variation des Bewertungsfaktors
 Diese einmalige Modellierung des Bewertungsfaktors zeigt in
 Bild 15 sehr eindeutig, daß eine Veränderung von γ die Zeit
 zwischen dem alten Gleichgewicht und dem Erreichen des durch
 Störung hervorgerufenen neuen Gleichgewichtes verlängert. In
 den bereits vorher durchgeführten Berechnungen mit $\gamma = 1$ be-
 trug diese Zeit $t = 1$ ZE. Bei verändertem γ ist $t = 1,5$ ZE.
 x_m , x_p , V_L und $V_L + V_A$ verhalten sich so, wie das bei den vor-
 angegangenen Versuchen der Fall war. Sie pendeln sich wie folgt
 ein:

sprunghaft erhöht und damit auch die Lagerhaltungskosten an-
 steigen.
 Die Lagerfunktion zeigt zu Beginn der Störung des Gleichge-
 wichtszustandes einen erhöhten Warenumschlag, der sich dann
 aber auf einen Wert von $0,5 \cdot 10^6$ M einspielt.

4.3.6. Interpretation der Variation des Preises und der variablen Kosten

Zunächst werden die Variationen des Preises und der variablen Kosten mit unterschiedlichen Faktoren des Produktions- und Marktänderungsflusses über einen Zeitraum von $t = 10$ Jahre betrachtet.

Eine Gegenüberstellung der Lösungsfunktionen in den Bildern 17 und 18 zeigt, daß die Variation dieser Faktoren, wie das bereits weiter oben festgestellt wurde, ohne großen Einfluß auf die Funktionen der Einzelgrößen bleibt. Es ist nur eine geringfügige Phasenverschiebung bei der Erhöhung von $\lambda = 10^6$ auf $\lambda = 2 \cdot 10^6$ M/ME • a festzustellen. Diese Verschiebung hat bei der Betrachtung der Wechselbeziehungen zwischen Produktion, Markt und Lager nur geringe Bedeutung, da im Endeffekt die gleichen Ergebnisse festgestellt werden können.

Die Darlegung der Lösungsfunktionen in beiden Bildern sagt folgendes aus:

Eine Veränderung des Preises und der variablen Kosten rufft ein sprunghaftes Ansteigen des Bedarfes und somit des Marktwarenstromes hervor. Bevor die Produktion auf diesen gestiegenen Bedarf reagiert, gibt das Lager eine entsprechende Warenmenge ab. Durch eine starke Abweichung vom durchschnittlichen Produktionsstrom versucht die Produktion, entstandene Bedarfslücken zu schließen und den Lagerbestand wieder anzufüllen. In diesem Zeitraum ist der Warenumschlag im Lager am größten. In 0,6 ZE gelingt es der Produktion, den Bestand im Lager vollständig anzufüllen und sogar einen Vorrat zu schaffen, der aber durch den Rückgang der Produktion wieder abgebaut wird. Der Lagerbestand strebt nach etwa 2 ZE gegen Null und bleibt dann gering positiv. In diesem Zeitraum pendeln sich x_m^m und x_p^m auf einen Wert von 1680 ME und $y^T + y^A$ von $1,7 \cdot 10^6$ M ein. Die Aufzillfunktion y^A hat bereits nach einer ZE den Wert von $5 \cdot 10^6$ M erreicht. Aus diesen beiden Varianten wird ersichtlich, daß eine Senkung des Preises und der variablen Kosten, wie das hier der Fall war, Produktions- und Marktwarenstrom stark auf einen Wert an-

steigen lassen, der gegenüber dem Normalfall bedeutend höher ist. Die Belastung des Lagers ist ebenfalls größer. Bei den in den Bildern 19 und 20 gezeigten Variationen wurden Preis und variable Kosten noch weiter gesenkt. Betrachtet wurde hier der Einfluß auf das Beispiel im Zeitraum von $t = 2$ und $t = 10$ Jahre. Die Wechselbeziehungen zwischen x_m^m , x_p^m , y^T und y^A bleiben gleich. Die Belastungen der Produktion und des Lagers durch den mit der Senkung des Preises und der variablen Kosten erhöhten Bedarf sind weiter gestiegen. Das Lager y^T muß nach $0,25$ ZE Waren im Werte von $1,36 \cdot 10^6$ M dem Markt zur Deckung des Bedarfes zur Verfügung stellen. Die maximale Abweichung vom Produktionsstrom beträgt 2750 ME. Das ökonomische Gleichgewicht zwischen den einzelnen Größen wird nach $1,5$ ZE erreicht. Die Auslieferungsfunktion y^T hat einen geringen positiven Lagerbestand zur Folge; x_m^m , x_p^m pendeln sich auf 2120 ME ein, während das Lager Waren im Werte von $1,72 \cdot 10^6$ M umschließt.

4.3.7. Interpretation der Variation des Zeitfaktors λ

Die hierzu durchgeführten Modellierungen lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

Die Größen x_m^m , x_p^m und $y^T + y^A$ verhalten sich bei allen drei Varianten gleich, bis auf kleinere Abweichungen, die auf Ungenauigkeiten zurückgeführt werden können. Sie pendeln sich ein mit:

x_m^m	- 1680 ME
x_p^m	- 1680 ME
$y^T + y^A$	- $1,7 \cdot 10^6$ M

Ganz unterschiedlich dagegen verhalten sich y^T und y^A . Bei einer Verdopplung des Zeitfaktors λ gegenüber der Aufgabenstellung zeigt sich, daß die Aufzillfunktion y^A bereits nach $1,5$ ZE ihren Wert von $5 \cdot 10^6$ M erreicht hat. Bei einer Verzehnfachung des Zeitfaktors wird ersichtlich, daß y^A nur allmählich dem Wert von $5 \cdot 10^6$ M zustrebt. Aus Bild 13 ist zu erkennen, daß diese Funktion nach mehr als 7 ZE diesen Wert

noch nicht erreicht hat. Bei $\mu = 0$ wird $V^A = 0$, denn $V^A = (1 - e^{-\mu t})$ für $\mu = 0$ ergibt den Wert Null. Die Auslieferungsfunktion V^A verhält sich bei einem doppelten Zeitfaktor so, daß nach $0,25$ ZE die größte Warenmenge im Werte von $1,43 \cdot 10^6$ M ausgeliefert werden muß. Nach und nach wird dieser negative Bestand abgebaut und beträgt nach $1,5$ ZE ± 0 . Wird μ verzermt, dann muß das Lager in der gleichen Zeiteinheit Waren im Werte von etwa $2 \cdot 10^6$ M abgeben. Dieser schnelle Abbau des Lagerbestandes wird nach mehreren ZE und nur allmählich wieder aufgefüllt.

Die Kurven der Auffüll- und Auslieferungsfunktion V^A und V^I besitzen einen annähernd gleichen Anstieg, der die Schlußfolgerung zuläßt, daß das Verhalten beider Funktionen gleich ist und sie sich gegenseitig bedingen. Der Zeitfaktor $\mu = 0$ belastet das Lager stärker als bei den vorangegangenen Variationen, denn das Lager muß Waren im Werte von $2,6 \cdot 10^6$ M zur Verfügung stellen, um den Bedarf zu decken.

Da $y = 0$, ergibt sich der Fall, daß ein negativer Lagerbestand auftritt. Die gesamte Produktion wird unmittelbar zur Betriebsung der Nachfrage (des Bedarfes) eingesetzt. Das Lager wird von ihr nicht berührt. Es ist aber ein Lagerbestand/ZE in einer solchen Höhe erforderlich, der die Differenz zwischen Angebot und Nachfrage so lange ausgleichen kann, bis die Produktion die erhöhte Nachfrage kompensiert hat, um den Bedarf entsprechend

den Bedürfnissen zu befriedigen.

5. Die Darstellung der Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation anhand eines Testbeispiels in der Gegenüberstellung der Lösungsfunktionen, die mittels Differentialgleichungen und Analogrechner MEDIA II erarbeitet wurden

In diesem Abschnitt wird anhand eines Testbeispiels gezeigt, daß die Beziehungen zwischen Angebot, Nachfrage und Lager so wohl manuell durch Lösung der erarbeiteten Differentialgleichungen (16) und (17) als auch durch Modellierungen der mathematisch formulierten Beziehungen auf dem Analogrechner MEDIA II

dargestellt werden können. Aus dieser Gegenüberstellung sind der bedeutend höhere zeitliche Aufwand bei der herkömmlichen manuellen Lösung der Differentialgleichung und die sich in den festgelegten Grenzen bewegendem Ungenauigkeiten der Analogrechnerlösungen ersichtlich.

5.1. Aufgabenstellung

Es wird angenommen, daß die Kaufkraftschwankung $\Delta z = 10^6$ M/a beträgt. Preis und variable Kosten werden mit 10^3 M/ME festgelegt. Damit ergibt sich nach Gleichung (18) die Gleichgewichtsbedingung $y^1 = 0,5 \cdot 10^6$ M/a. Die Produktions- und Marktwarenströme x^p und x^m können bis zu 10^3 ME/a schwanken. Das Lager selbst ist in der Lage, die sich aus der Trägheit der Produktion gegenüber einer gestiegenen Nachfrage an Waren ergebende Differenz zwischen Angebot und Nachfrage im Warenwert von $0,3 \cdot 10^6$ bis $0,5 \cdot 10^6$ M/a auszugleichen und Waren in diesem Warenwert auszuliefern. Es kann insgesamt Waren im Werte von $0,5 \cdot 10^6$ bis $0,75 \cdot 10^6$ M/a umschlagen.

Alle anderen Faktoren haben nachfolgende Größen:

$$\begin{aligned} \gamma &= 1 & \frac{M}{ME} \cdot a \\ \lambda_1 &= \lambda_2 = 10^6 \frac{M}{ME} \cdot a \\ \mu &= M_t = 10^{-3} \frac{1}{a} \\ t &= 2 \text{ Jahre} \end{aligned}$$

5.2. Darstellung der Beziehungen zwischen x^m , x^p und V^I bei manueller Lösung der Differentialgleichungen

5.2.1. Manuelle Lösung der Differentialgleichungen durch Aufstellen der Lösungsfunktionen

Die mit (16) und (17) formulierten mathematischen Beziehungen bilden auch hierbei die Ausgangsgleichungen:

$$(III) \quad \lambda_1 \lambda_2 \ddot{x}^d + (\lambda_1 \beta_2 \gamma + \lambda_2 \beta_1 \gamma) \dot{x}^d + (\lambda_1 + \lambda_2) x^d + (\lambda_1 \mu^2 \gamma \gamma_1 - \beta_1 \mu \gamma \gamma_1) e^{-\mu t} - \Delta z = 0$$

Vereinfaucht dargestellt ergibt sich:

$$\begin{aligned} & + \gamma_1 (1 - e^{-\mu t}) = 0 \\ & - \beta_1 \mu \gamma \gamma_1 e^{-\mu t} + \lambda_2 \ddot{x}^d + \beta_2 \dot{x}^d + \gamma_1 (1 - e^{-\mu t}) + \\ & - \Delta z + \lambda_2 \beta_1 \gamma \dot{x}^d + \beta_1 \beta_2 \gamma \dot{x}^d + \beta_1 \gamma \ddot{x}^d - \\ & \lambda_1 \gamma_2 \gamma \dot{x}^d + \lambda_1 \beta_2 \gamma \dot{x}^d + \lambda_1 \gamma \ddot{x}^d + \lambda_1 \mu^2 \gamma \gamma_1 e^{-\mu t} - \end{aligned}$$

In (16) werden x^m , x^m und $\frac{1}{\lambda} \int_0^t (x^m - x^d) dt$ eingesetzt.

$$(II) \quad x^m = \lambda_2 \gamma \ddot{x}^d + \beta_2 \gamma \dot{x}^d + \ddot{x}^d + \mu^2 \gamma \gamma_1 e^{-\mu t}$$

x^m wird differenziert. Daraus folgt:

$$(I) \quad x^m = \lambda_2 \gamma \ddot{x}^d + \beta_2 \gamma \dot{x}^d + x^d - \mu \gamma \gamma_1 e^{-\mu t}$$

$$x^m - x^d = \lambda_2 \gamma \ddot{x}^d + \beta_2 \gamma \dot{x}^d - \mu \gamma \gamma_1 e^{-\mu t}$$

Seite.

Gelöst wird das Integral durch Differentiation der rechten

$$(17b) \quad \int_t^0 (x^m - x^d) dt = \lambda_2 \gamma \ddot{x}^d + \beta_2 \gamma \dot{x}^d - \gamma_1 \gamma (1 - e^{-\mu t})$$

und nach

$$(17a) \quad \frac{1}{t} \int_t^0 (x^m - x^d) dt = \lambda_2 \ddot{x}^d + \beta_2 \dot{x}^d - \gamma_1 (1 - e^{-\mu t})$$

(17) wird umgestellt nach

$$(17) \quad \lambda_2 \ddot{x}^d = -\beta_2 \dot{x}^d + \frac{1}{t} \int_t^0 (x^m - x^d) dt + \gamma_1 (1 - e^{-\mu t})$$

$$(16) \quad \lambda_1 \ddot{x}^m = \Delta z - \beta_1 \dot{x}^m - \frac{1}{t} \int_t^0 (x^m - x^d) dt - \gamma_1 (1 - e^{-\mu t})$$

Es gelten folgende Arbeitsbedingungen:

$$\begin{aligned} x^d(0) &= 0 \\ x^m(0) &= 0 \\ \dot{y}^T(0) &= 0 \end{aligned}$$

Wird $y = y^T$ gesetzt, dann gilt für (17):

$$(17c) \quad \dot{y}^T = \lambda_2 \ddot{x}^d + \beta_2 \dot{x}^d - \gamma_1 (1 - e^{-\mu t}) = 0$$

Der Ausdruck $\frac{1}{t} \int_t^0 (x^m - x^d) dt$, (17) entnehmen,

wird bei diesen Anfangsbedingungen Null, da bei $t = 0$ noch keine Änderung des Produktions- und Marktwarenstromes eintreten kann. Da auch $\beta_2 \dot{x}^d(0)$ und $\gamma_1 (1 - e^{-\mu t})$ Null werden, ergibt sich für den Ausdruck $\dot{y}^T(0) = 0$.

In Gleichung (I) werden diese Werte bei $t = 0$ eingesetzt. Daraus folgt:

$$x^m(0) = \lambda_2 \gamma \ddot{x}^d(0) + \beta_2 \gamma \dot{x}^d(0) + x^d(0) - \mu \gamma \gamma_1 = 0$$

Die Termen $\beta_2 \gamma \dot{x}^d(0)$ und $x^d(0)$ ergeben Null.

Damit gilt:

$$\lambda_2 \gamma \ddot{x}^d(0) = \mu \gamma \gamma_1 \quad \ddot{x}^d(0) = \frac{\gamma_2}{\mu \cdot \gamma_1} = \frac{10^6}{10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^6} = 0,5 \cdot 10^{-3}$$

Entsprechend der Aufgabenstellung werden nunmehr die Werte in (III) eingesetzt, wobei auf die Angabe der Dimensionen verzichtet wird. Daraus folgt:

$$10^{12} \ddot{x}^d + 2 \cdot 10^9 \dot{x}^d + 3 \cdot 10^6 x^d + 2 \cdot 10^3 x^d + 0 - 10^6 = 0$$

Nach Division der vorhergehenden Gleichung erhält man

$$\ddot{x}^d + 2 \cdot 10^{-3} \dot{x}^d + 3 \cdot 10^{-6} x^d + 2 \cdot 10^{-9} x^d - 10^{-6} = 0$$

was zur homogenen Gleichung der Differentialgleichung für die

Problemlösung führt.

Sie lautet:

$$\ddot{x}_d + 2 \cdot 10^{-3} \dot{x}_d + 3 \cdot 10^{-6} x_d + 2 \cdot 10^{-9} x_d = 0 \quad (\text{IV})$$

Zunächst wird diese Gleichung gelöst.

Setzt man die Ableitungen von $x_d = \lambda$, so führt das zu:

$$\lambda^3 + 2 \cdot 10^{-3} \lambda^2 + 3 \cdot 10^{-6} \lambda + 2 \cdot 10^{-9} = 0 \quad (\text{IVa})$$

Für $\lambda = 10^{-3} \mu$ in (IVa) eingesetzt, ergibt sich

$$10^{-9} \mu^3 + 2 \cdot 10^{-9} \mu^2 + 3 \cdot 10^{-9} \mu + 2 \cdot 10^{-9} = 0$$

und vereinfacht

$$\mu^3 + 2 \mu^2 + 3 \mu + 2 = 0$$

Mit Hilfe des Horner-Schemas ermittelt man $\mu_1 = -1$; mit der

Lösungsformel für quadratische Gleichungen ergibt sich:

$$\mu_{2,3} = -0,5 \pm 0,5 \sqrt{1} = -a \pm b_1$$

Da die Werte von μ sowohl reell als auch imaginär sind, ist die allgemeine Lösung der homogenen Gleichung:

$$x_{d, \text{hom.}} = Ae^{\lambda t} + e^{\frac{\mu}{b \cdot t \cdot \lambda}} \left[B \sin \left(\frac{\mu}{b \cdot t \cdot \lambda} \right) + C \cos \left(\frac{\mu}{b \cdot t \cdot \lambda} \right) \right] \quad (\text{V})$$

Eingesetzt in (V) führt das zu:

$$x_{d, \text{hom.}} = Ae^{-10^{-3} t} + e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t \left(B \sin 1,32 t + C \cos 1,32 t \right) \cdot 10^{-3} t \quad (\text{Va})$$

Damit ist die homogene Gleichung gelöst. Nimmehr ist die Lösung der inhomogenen Gleichung vorzunehmen:

$$x_{d, \text{inhom.}} = D$$

Eingesetzt ergibt das

$$2 \cdot 10^{-9} D - 10^{-6} = 0$$

und umgestellt nach

$$D = 0,5 \cdot 10^3$$

Diesen Wert addiert man zu (Va) und erhält:

$$x_d = Ae^{-10^{-3} t} + e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t \left(B \sin 1,32 t + C \cos 1,32 t \right) + e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t \quad (\text{VI})$$

Die 1. Ableitung von x_d bringt

$$\dot{x}_d = -10^{-3} Ae^{-10^{-3} t} - 0,5 \cdot 10^{-3} t + 10^{-3} t \left(B \sin 1,32 t + C \cos 1,32 t \right) +$$

$$\cdot (B \sin 1,32 t + C \cos 1,32 t) \cdot 10^{-3} t +$$

$$+ e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t (1,32 t \cdot 10^{-3} B \cos 1,32 t + 10^{-3} t -$$

$$- 1,32 t \cdot 10^{-3} C \sin 1,32 t) \quad (\text{VIIa})$$

während die 2. Ableitung lautet:

$$\ddot{x}_d = 10^{-6} Ae^{-10^{-3} t} + 0,25 \cdot 10^{-6} e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t -$$

$$\cdot (B \sin 1,32 t + C \cos 1,32 t) \cdot 10^{-3} t -$$

$$- 10^{-3} e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t (1,32 t \cdot 10^{-3} B \cos 1,32 t + 10^{-3} t -$$

$$- 1,32 t \cdot 10^{-3} C \sin 1,32 t) + e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t$$

$$\cdot (-1,75 \cdot 10^{-6} B \sin 1,32 t + 10^{-3} t -$$

$$- 1,75 \cdot 10^{-6} C \cos 1,32 t) \cdot 10^{-3} t \quad (\text{VIIb})$$

Werden nun die Bedingungen

$$x_d(0) = 0$$

$$\dot{x}_d(0) = 0$$

$$\ddot{x}_d(0) = 0,5 \cdot 10^{-3}$$

in die Gleichungen (VI) bis (VIIb) eingesetzt, erhält man:

$$x_d(0) = A + C + 0,5 \cdot 10^3 = 0 \quad (\text{VII})$$

$$\ddot{x}_d(0) = -10^{-3} A - 0,5 \cdot 10^{-3} C + 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3} B = 0 \quad (\text{VIIa})$$

$\ddot{x}_D(0)$ ergibt bereits zusammengesetzt:

$$\ddot{x}_D(0) = 10^{-6} A - 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-6} B - 1,5 \cdot 10^{-6} C -$$

(VIIb)

Aus diesen drei Gleichungen werden durch Umstellen die Koeffizienten A, B und C ermittelt:

Aus (VII) entsteht

$$A = -C - 0,5 \cdot 10^3$$

In (VIIa) und (VIIb) eingesetzt, ergibt sich:

$$10^{-3} C + 0,5 - 0,5 \cdot 10^{-3} C + 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3} B = 0$$

$$-10^{-6} C - 0,5 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-6} C - 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-6} B -$$

$$-0,5 \cdot 10^{-3} = 0$$

Vereinfacht bedeutet das:

$$0,5 \cdot 10^{-3} C + 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3} B + 0,5 = 0$$

$$-2,5 \cdot 10^{-6} C - 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-6} B - 10^{-3} = 0$$

Damit ergibt sich für:

$$C = -10^3 - \sqrt{7} B$$

C wird eingesetzt:

$$-2,5 \cdot 10^{-6} (-10^3 - \sqrt{7} B) - 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-6} B - 0,5 \cdot 10^{-3} = 0$$

$$2,5 \cdot 10^{-3} + 2,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-6} B - 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-6} B - 10^{-3} = 0$$

$$2 \sqrt{7} \cdot 10^{-6} B = -1,5 \cdot 10^{-3}$$

$$B = -\frac{0,75}{10^3} \cdot 10^3 = -\frac{4\sqrt{7}}{3} \cdot 10^3$$

Damit wird

$$C = -10^3 - \sqrt{7} \left(-\frac{4\sqrt{7}}{3} \cdot 10^3 \right) = -0,25 \cdot 10^3$$

und

$$A = 0,25 \cdot 10^3 - 0,5 \cdot 10^3 = -0,25 \cdot 10^3$$

Die Koeffizientenwerte werden in (VI) bis (VIIb) eingesetzt. Man erhält:

$$\ddot{x}_D = -\frac{1}{7} - 10^3 e^{-10^{-3} t} + e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t \cdot \left(-\frac{4\sqrt{7}}{3} \cdot 10^3 \cdot \sin 0,5 \sqrt{7} t + \frac{16}{7} \cdot 10^3 \cos 0,5 \sqrt{7} t \right) +$$

(VIII)

$$\ddot{x}_D = \frac{1}{3} e^{-10^{-3} t} - 0,5 \cdot 10^{-3} t \cdot \left(-\frac{4\sqrt{7}}{3} \cdot 10^3 \cdot \sin 0,5 \sqrt{7} t + \frac{16}{7} \cdot 10^3 \cos 0,5 \sqrt{7} t \right) + e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t \cdot \left(-\frac{8}{3} \cos 0,5 \sqrt{7} t + \frac{8}{\sqrt{7}} \sin \frac{8}{\sqrt{7}} t + \frac{16}{2} \sin 0,5 \sqrt{7} t + \frac{1}{7} e^{-10^{-3} t} + \frac{1}{7} e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t \cdot \right)$$

(VIIIa)

$$\ddot{x}_D = -\frac{1}{5} \sin \frac{\sqrt{7}}{2} t - \cos \frac{\sqrt{7}}{2} t \cdot 10^{-3} t \left(\frac{\sqrt{7}}{5} \sin \frac{\sqrt{7}}{2} t - \cos \frac{\sqrt{7}}{2} t \cdot 10^{-3} t \right)$$

$$\ddot{x}_D = -\frac{1}{7} \cdot 10^{-3} e^{-10^{-3} t} + 0,25 \cdot 10^{-6} e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t$$

$$\left(-\frac{4\sqrt{7}}{3} \cdot 10^3 \sin 0,5 \sqrt{7} t \cdot 10^{-3} t - \frac{1}{7} \cdot 10^3 \cos 0,5 \sqrt{7} t \cdot 10^{-3} t \right) -$$

$$\left(-\frac{8}{3} \cos 0,5 \sqrt{7} t \cdot 10^{-3} t + \frac{5}{\sqrt{7}} \cdot 10^3 \sin 0,5 \sqrt{7} t \cdot 10^{-3} t \right) +$$

$$\left(-\frac{8}{3} \cos 0,5 \sqrt{7} t \cdot 10^{-3} t + \frac{5}{\sqrt{7}} \cdot 10^3 \sin 0,5 \sqrt{7} t \cdot 10^{-3} t \right) + \left(-\frac{16}{7} \cdot 10^{-3} t \cdot 10^{-3} t + e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t \right)$$

$$\left(-\frac{16}{7} \cdot 10^{-3} \cos 0,5 \sqrt{7} t \cdot 10^{-3} t + \frac{1}{7} \cdot 10^{-3} t \right)$$

$$\ddot{x}_D = -\frac{1}{7} \cdot 10^{-3} e^{-10^{-3} t} + \frac{4}{10^{-3}} e^{-0,5 t} \cdot 10^{-3} t$$

$$\left(\frac{\sqrt{7}}{1} \sin 0,5 \sqrt{7} t \cdot 10^{-3} t + 3 \cos 0,5 \sqrt{7} t \cdot 10^{-3} t \right) \quad \text{(VIIIb)}$$

Nunmehr ist es möglich, die Lösungsfunktion für die Änderung des Marktwarenstromes x_m auf der Grundlage der Gleichung (I) zu ermitteln. Sie lautet:

$$x_m = 10^6 \left[-\frac{1}{1} \cdot 10^{-3} e^{-10^{-3}t} + \frac{4}{10^{-3}} e^{-0,5 \cdot 10^{-3}t} \cdot 10^{-3} + \left(\frac{\sqrt{7}}{1} \sin 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t + 3 \cos 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t \right) \right] + 10^3 \left[\frac{1}{1} e^{-10^{-3}t} + \frac{1}{1} e^{-0,5 \cdot 10^{-3}t} \cdot 10^{-3}t \right] + \left(\frac{\sqrt{7}}{5} \sin 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t - \cos 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t \right) \cdot \left(-\frac{4\sqrt{7}}{3} 10^3 \sin 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t + \frac{4}{1} 10^3 e^{-10^{-3}t} + \frac{4}{10^3} e^{-0,5 \cdot 10^{-3}t} \cdot 10^{-3}t \right) + 0,5 \cdot 10^3 - 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^3 e^{-10^{-3}t} + \frac{4}{3} \cdot 10^3 e^{-10^{-3}t} + \frac{4}{10^3} e^{-0,5 \cdot 10^{-3}t} \cdot 10^{-3}t \cdot \left(\frac{\sqrt{7}}{3} \sin 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t + \cos 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t \right) + 0,5 \cdot 10^3 \text{ (IX)}$$

y_I wird mittels (17c) errechnet:

$$y_I = 10^6 \left[\frac{1}{1} e^{-10^{-3}t} + \frac{1}{1} e^{-0,5 \cdot 10^{-3}t} \cdot 10^{-3}t \right] + \left(\frac{\sqrt{7}}{5} \sin 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t - \cos 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t \right) \cdot \left(\frac{\sqrt{7}}{5} \sin 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t + \frac{4}{1} 10^3 e^{-10^{-3}t} + \frac{4}{10^3} e^{-0,5 \cdot 10^{-3}t} \cdot 10^{-3}t \right) - \frac{4\sqrt{7}}{3} 10^3 \sin 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t - \left(-\frac{4}{1} \cdot 10^3 e^{-10^{-3}t} + e^{-0,5 \cdot 10^{-3}t} \cdot 10^{-3}t \right) \cdot \left(-\frac{4\sqrt{7}}{3} 10^3 \sin 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t + \frac{4}{1} \cdot 10^3 \cos 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t \right) + 0,5 \cdot 10^3 - 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^3 (1 - e^{-10^{-3}t})$$

$$y_I = 0,5 \cdot 10^6 e^{-10^{-3}t} + 0,5 \cdot 10^6 e^{-0,5 \cdot 10^{-3}t} \cdot 10^{-3}t + \left(\frac{1}{1} \sqrt{7} \sin 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t - \cos 0,5 \sqrt{7} \cdot 10^{-3}t \right) \text{ (X)}$$

(VIII), (IX) und (X) werden noch dahingehend verändert, daß anstelle der Quotienten Dezimalwerte eingesetzt werden. Damit ergeben sich folgende Gleichungen für die Lösungsfunktion von

x_m , x_p und y_I :

$$x_m = 10^3 \left[-0,75 e^{-10^{-3}t} + 0,25 \cdot 10^3 e^{-0,5 \cdot 10^{-3}t} \cdot 10^{-3}t \right] + \left(1,134 \cdot 10^3 \sin 1,32 \cdot 10^{-3}t + \cos 1,32 \cdot 10^{-3}t \right) + 0,5 \left[-0,25 e^{-10^{-3}t} + e^{-0,5 \cdot 10^{-3}t} \cdot 10^{-3}t \right] + 10^3 \left[-0,284 \sin 1,32 \cdot 10^{-3}t - 0,25 \cos 1,32 \cdot 10^{-3}t \right] + 0,5 \left[0,397 \sin 1,32 \cdot 10^{-3}t - \cos 1,32 \cdot 10^{-3}t \right]$$

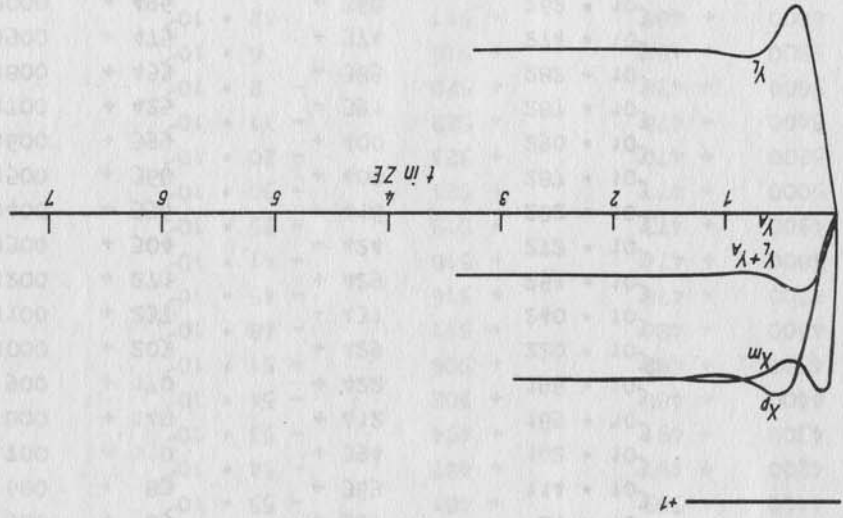


Bild 23. Lösungsfunktion analog zu Bild 21 bei $n = 0$

Nachdem die Gleichungen der Lösungsfunktionen erarbeitet sind, ist es mit Hilfe eines Kleinrechners möglich, für die vorgegebene Aufgabenstellung entsprechende Beziehungen zwischen Angebot, Nachfrage und Lager herzustellen.

Für den vorliegenden Fall wurde als Zeit $t = 2$ Jahre gewählt, die $10 \cdot 10^3$ s (angenommener Wert) entsprechen. Ermittelt wurde den die Beziehungen bis etwa $12 \cdot 10^3$ s. In Tabelle 1 sind die manuell errechneten Werte für x_m , x_p und V_L zusammengestellt.

Tabelle 1. Zusammenstellung der rechnerisch ermittelten Werte für x_p , x_m und V_L

t in s	x_p in ME/ZE	x_m in ME/ZE	V_L in M/ZE
0	0	0	0
100	+ 3	+ 93	$6 \cdot 10^3$
200	+ 9	+ 171	$15 \cdot 10^3$
300	+ 22	+ 238	$35 \cdot 10^3$
400	+ 38	+ 291	$59 \cdot 10^3$
500	+ 65	+ 327	$81 \cdot 10^3$
600	+ 83	+ 369	$114 \cdot 10^3$
700	+ 110	+ 394	$142 \cdot 10^3$
800	+ 140	+ 412	$169 \cdot 10^3$
900	+ 170	+ 422	$196 \cdot 10^3$
1000	+ 203	+ 429	$220 \cdot 10^3$
1100	+ 237	+ 431	$240 \cdot 10^3$
1200	+ 271	+ 429	$253 \cdot 10^3$
1300	+ 304	+ 424	$272 \cdot 10^3$
1400	+ 336	+ 416	$282 \cdot 10^3$
1500	+ 368	+ 408	$287 \cdot 10^3$
1600	+ 399	+ 400	$290 \cdot 10^3$
1700	+ 425	+ 391	$282 \cdot 10^3$
1800	+ 453	+ 383	$274 \cdot 10^3$
1900	+ 475	+ 374	$262 \cdot 10^3$
2000	+ 496	+ 368	$248 \cdot 10^3$
2100	+ 516	+ 363	

2200	+ 531	+ 358	2200
2300	+ 543	+ 357	213 $\cdot 10^3$
2400	+ 554	+ 355	194 $\cdot 10^3$
2500	+ 564	+ 355	174 $\cdot 10^3$
2600	+ 569	+ 358	152 $\cdot 10^3$
2700	+ 572	+ 360	132 $\cdot 10^3$
2800	+ 574	+ 366	110 $\cdot 10^3$
2900	+ 574	+ 370	91 $\cdot 10^3$
3000	+ 572	+ 379	70 $\cdot 10^3$
3100	+ 569	+ 387	30 $\cdot 10^3$
3200	+ 565	+ 395	34 $\cdot 10^3$
3300	+ 559	+ 405	18 $\cdot 10^3$
3400	+ 553	+ 415	2 $\cdot 10^3$
3500	+ 545	+ 424	- 9 $\cdot 10^3$
3600	+ 538	+ 434	- 21 $\cdot 10^3$
3700	+ 531	+ 445	- 31 $\cdot 10^3$
3800	+ 525	+ 454	- 38 $\cdot 10^3$
3900	+ 517	+ 463	- 44 $\cdot 10^3$
4000	+ 510	+ 473	- 49 $\cdot 10^3$
4100	+ 503	+ 481	- 53 $\cdot 10^3$
4200	+ 497	+ 487	- 54 $\cdot 10^3$
4300	+ 491	+ 494	- 53 $\cdot 10^3$
4400	+ 486	+ 502	- 54 $\cdot 10^3$
4500	+ 482	+ 506	- 51 $\cdot 10^3$
4600	+ 480	+ 511	- 48 $\cdot 10^3$
4700	+ 476	+ 516	- 45 $\cdot 10^3$
4800	+ 474	+ 518	- 41 $\cdot 10^3$
4900	+ 473	+ 519	- 35 $\cdot 10^3$
5000	+ 471	+ 521	- 30 $\cdot 10^3$
5200	+ 470	+ 523	- 20 $\cdot 10^3$
5400	+ 474	+ 522	- 11 $\cdot 10^3$
5600	+ 476	+ 520	- 2 $\cdot 10^3$
5800	+ 481	+ 516	6 $\cdot 10^3$
6000	+ 486	+ 511	12 $\cdot 10^3$
6200	+ 492	+ 506	16 $\cdot 10^3$
6400	+ 496	+ 503	19 $\cdot 10^3$

Bild 24 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für die im Testbeispiel betrachtete Problemstellung.

t in s	x_p in ME/ZE	x_m in ME/ZE	\dot{y}_1 in M/ZE
6600	+ 500	+ 499	$19 \cdot 10^3$
6800	+ 504	+ 495	$19 \cdot 10^3$
7000	+ 505	+ 494	$15 \cdot 10^3$
7200	+ 508	+ 491	$13 \cdot 10^3$
7400	+ 508	+ 492	$10 \cdot 10^3$
7600	+ 508	+ 492	$7 \cdot 10^3$
7800	+ 507	+ 493	$3 \cdot 10^3$
8000	+ 507	+ 493	$1 \cdot 10^3$
8200	+ 506	+ 494	$- 1 \cdot 10^3$
8400	+ 504	+ 496	$- 3 \cdot 10^3$
8600	+ 503	+ 497	$- 4 \cdot 10^3$
8800	+ 501	+ 499	$- 6 \cdot 10^3$
9000	+ 500	+ 500	$- 5 \cdot 10^3$
9400	+ 498	+ 498	$- 4 \cdot 10^3$
9800	+ 497	+ 503	$- 4 \cdot 10^3$
10200	+ 498	+ 502	$- 1 \cdot 10^3$
10600	+ 499	+ 501	$1 \cdot 10^3$
11000	+ 500	+ 500	$2 \cdot 10^3$
11400	+ 500	+ 500	$1 \cdot 10^3$
11800	+ 501	+ 499	$2 \cdot 10^3$
12200	+ 500	+ 500	$1 \cdot 10^3$
12600	+ 500	+ 500	0

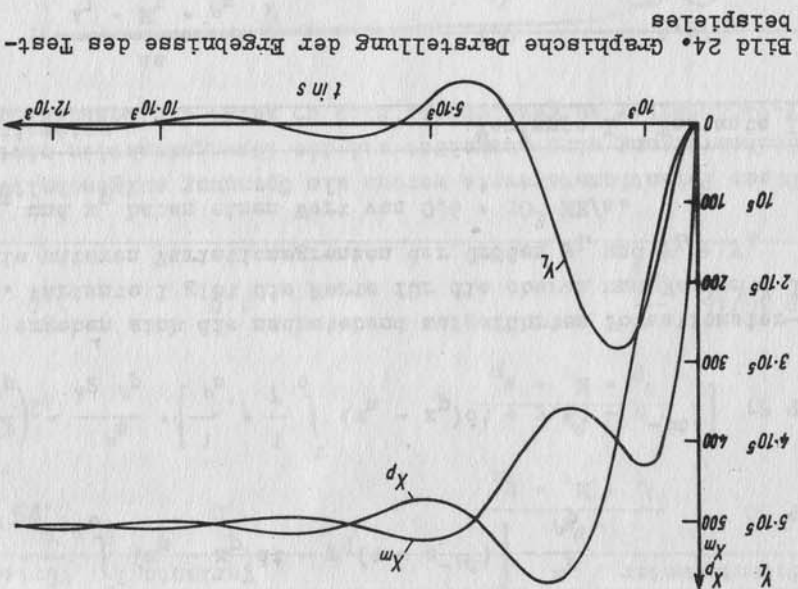


Bild 24. Graphische Darstellung der Ergebnisse des Testbeispiels

5.3. Darstellung der Beziehungen mittels Analogrechner MEDA II

Ausgehend von (16) und (17) ergeben sich für x_m und \dot{x}_p nachfolgende 1. Ableitungen:

$$\dot{x}_m = \frac{\Delta z}{\beta_1} x_m - \frac{\gamma_1}{\beta_1} \int_0^t (x_m - x_p) dt - \frac{\gamma_1}{\beta_1} (1 - e^{-\mu t})$$

$$\dot{x}_p = -\frac{\beta_2}{\beta_1} x_p + \frac{\gamma_2}{\beta_1} \int_0^t (x_m - x_p) dt + \frac{\gamma_2}{\beta_1} (1 - e^{-\mu t})$$

Mit den Anfangsbedingungen $x_m(0) = 0$, $x_p(0) = 0$ und $\int_0^0 (x_m - x_p) dt = 0$ erhält man somit die im Schaltplan (Bild 9) dargestellten Formeln zur Berechnung der Potentiometerwerte.

$$\dot{x}_m = \frac{\Delta z}{\beta_1} x_m - \frac{\gamma_1}{\beta_1} \int_0^t (x_m - x_p) dt - \frac{\gamma_1}{\beta_1} (1 - e^{-\mu t})$$

Potentiometer Variante I Variante II

P 50	$\frac{\gamma_1 \cdot M_1 \cdot \rho_m}{\rho_s}$	1,0	1,25
P 51	$\frac{\gamma_2 \cdot M_t \cdot \rho_p}{\rho_s}$	1,0	1,25
P 36/46	$\frac{M_t}{\mu}$	1,0	1,0

Diese Potentiometerwerte werden als Spannung aufgeschaltet, der Rechenvorgang wird ausgelöst und die Lösungsfunktion mittels x-y-Schreiber aufgezeichnet. Bild 25 zeigt die Lösungsfunktion.

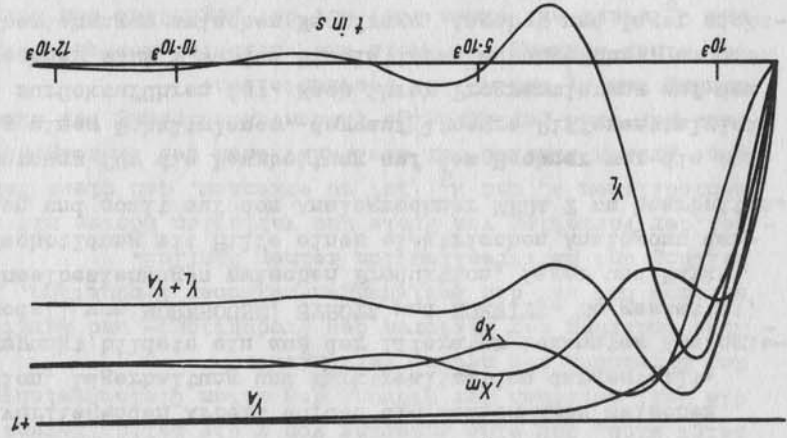


Bild 25. Graphische Darstellung der Ergebnisse des Testbeispiels mit Hilfe des Analogrechners MEDA II

5.4. Gegenüberstellung der Ergebnisse beider Lösungsverfahren

Betrachtet man die Darstellung der Ergebnisse des manuellen Lösungsverfahrens (Bild 24) und stellt sie der mit dem MEDA II in Bild 25 aufgezeichneten Lösungsfunktion gegenüber, so ist

Potentiometer Variante I Variante II

Somit ergeben sich die nachstehend aufgeführten Potentiometerwerte. Variante I gibt die Werte für die oberen und Variante II für die unteren Variationsgrenzen der Größen γ_1 und γ_2 an. x^m und x^p haben einen Wert von $0,6 \cdot 10^3$ ME/a.

$$\left[\frac{1}{1} \cdot \frac{\rho_s}{\rho_p} \cdot \frac{\gamma}{1} \int_t^0 (x^m - x^p) dt - \gamma_1 (1 - e^{-\mu t}) \right] - \left[\frac{1}{1} \cdot \frac{\rho_s}{\rho_p} \cdot \frac{\gamma}{1} \int_t^0 (x^m - x^p) dt + \gamma_2 (1 - e^{-\mu t}) \right]$$

P 01	$\frac{\gamma_1 \cdot M_t \cdot \rho_m}{\rho_s}$	1,0	1,67
P 12	$\frac{\gamma_2 \cdot M_t}{\rho_s}$	1,0	1,0
P 14	$\frac{\gamma_1 \cdot M_t}{1}$	1,0	1,0
P 13	$\frac{\rho_p}{\rho_s} \cdot \frac{\gamma \cdot M_t \cdot \rho_L}{\rho_m}$	2,0	2,0
P 37	$\frac{\rho_m}{\rho_s} \cdot \frac{\gamma \cdot M_t \cdot \rho_L}{\rho_m}$	2,0	2,0
P 48	$\frac{\rho_L}{\rho_s}$	0,5	0,5
P 49	$\frac{\rho_s}{\rho_L} \cdot \frac{\gamma_1}{\rho_s}$	0,5	0,67

6. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation dargestellt. Ausgangspunkt bildete ein aus der Literatur bekanntes Analogie-Rechenmodell von MOREHOUS, SROTZ und HORWITZ. Es gestattet, die Wechselbeziehungen zwischen Produktion, Lager und Markt durch Nachbildung mit Hilfe eines elektrischen Analogons darzustellen und somit auf dem Analogrechner MEDA I zu bearbeiten. Voraussetzung für die Bearbeitung auf dem Rechner war die Aufstellung eines Schaltplanes, der auf lineare Differenzialgleichungen zurückzuführen ist. Nach ihrer Programmierung auf dem Analogrechner MEDA I wurden Simulationen durchgeführt, um die Wechselbeziehungen zwischen Nachfrage, Angebot und Lager sichtbar zu machen und sie entsprechend ökonomisch interpretieren zu können.

Bei diesen Simulationen wurden u. a. innerhalb festgelegter Grenzen Variationen der Kaufkraftschwankung Δz , der Gleichgewichtsbedingungen γ_1 , des Preises β_1 und der variablen Kosten β_2 sowie des Zeitfaktors μ durchgeführt. Daraus lassen sich nachfolgende Zusammenhänge ableiten:

- Bei der Variation der Kaufkraftschwankung Δz zeigen die Simulationen, daß es eine Änderung des Verhaltens von Q^m und Q^d gibt, die die Auslieferungsmenge Q^m und die Lagerhaltung Q^d beeinflussen. Die Lagerhaltung Q^d ist durch die Lagerhaltung Q^m und die Lagerhaltung Q^d bestimmt. Die Lagerhaltung Q^d ist durch die Lagerhaltung Q^m und die Lagerhaltung Q^d bestimmt.

73

Q^d bzw. von Lager- und Aufnahmefunktion bewirkt. Alle vier Größen verändern sich im gleichen Verhältnis. Aus den drei Operationen geht hervor: Je größer die Störung Δz ist, desto größer sind auch die durchschnittlichen Abweichungen von x^m , x^d , γ_1 und γ_2 , wobei sehr klar zu erkennen ist, daß γ_1 und γ_2 sich in entgegengesetzter Richtung ändern, während γ_1 und γ_2 sich in die gleiche Richtung ändern. Die Lagerhaltung Q^d ist durch die Lagerhaltung Q^m und die Lagerhaltung Q^d bestimmt.

- Bei der Durchführung von Variationen der Gleichgewichtsbedingungen γ_1 ergab sich eine sprunghafte Erhöhung des Lagerbestandes in einem sehr kurzen Zeitraum. Das bewirkte ein ebenso schnelles Ansteigen der Lagerhaltungskosten. Die Lagerhaltungskosten zeigen zu Beginn der Störung von γ_1 einen erhöhten Wert, der sich dann aber wieder auf einen konstanten Wert einpendelt.

- Wird eine Variation des Bewertungsfaktors μ durchgeführt, so zeigt sich, daß eine Änderung von μ die Zeitdifferenz Δt zwischen der Zeit zwischen der Störung des alten Gleichgewichtes und dem Erreichen des neuen, verlängert.

- Eine Änderung der Faktoren des Produktions- und Marktstromes hat auf die Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation keinen Einfluß.

- Bei der Variation von Preis und variablen Kosten mit unterschiedlichem γ_1 und γ_2 ist zu erkennen, daß diese Faktoren ohne großen Einfluß auf die Funktionen der Einzelgrößen bleiben. Nur eine geringfügige Phasenverschiebung bei einer Erhöhung von γ_1 und γ_2 ist festzustellen.

- Bei einer Senkung von Preis und variablen Kosten steigen Q^m und Q^d stark auf einen Wert an, der gegenüber dem Normalfall bedeutend höher liegt. Das Lager wird ebenfalls stärker belastet. Treten nun weitere Senkungen von Preis und variablen Kosten ein, so wird die Belastung der Produktion und des Lagers weiter zunehmen, da sie bestrebt sind, die mit einer Preis senkung verbundenen Bedürfnisse zu befriedigen.

- Die Variationen des Zeitfaktors μ zeigen, daß sich die Größen x^m , x^d und $\gamma_1 + \gamma_2$ bei allen durchgeführten Simulationen gleich verhalten, nur γ_1 und γ_2 , die Auslieferungsmenge und Aufnahmefunktion, haben ein unterschiedliches Verhalten. Eine

Vergrößerung des Zeitfaktors führt bei γ^A nur zu einem allmählichen Erreichen des Zielwertes. Bei einem $\mu = 0$ wird γ^A ebenfalls Null. Eine Erhöhung des Zeitfaktors μ bringt mit sich, daß die Auslieferungsfunktion γ^I im gleichen Zeitraum (Zeitinheit) mehr Waren ausliefern muß als vor der Veränderung. Bei einem Zeitfaktor $\mu = 0$ tritt ein negativer Lagerbestand auf, und die gesamte Produktion wird unmittelbar zur Befriedigung der Nachfrage eingesetzt.

Abschließend erfolgte anhand eines Testbeispiels zum Vergleich der Ergebnisse die Lösung des Problems sowohl mit Hilfe herkömmlicher manueller Methoden als auch mit Hilfe des Analogrechners MEDA 7. Die Lösungsfunktionen sind identisch. Der geringere Rechenzeitaufwand spricht für eine Anwendung des Analogrechners MEDA 7 zur Darstellung der Beziehungen zwischen Produktion, Lagerhaltung und Marktrealisation.

Symbolverzeichnis

C	konstante Kosten
T_0	Sollhöhe des Lagerbestandes P^I
L	Lager
M_t	Modellierungsfaktor zur Darstellung der Lösungsfunktionen; im entsprechenden Arbeitsbereich des Analogrechners
N	Nachfrage, die durch einen erhöhten Bedarf hervorgerufen wird
N_0	Nachfrage, die vor Eintritt eines erhöhten Bedarfes vorhanden ist
$P^A = \gamma^A$	Lageraufwulfunktion
P^a	Anteil des Erlöses für die Deckung der Gesamtkosten einer Leistung
P^I	Lagerbestand zum Zeitpunkt t
P^u	Erlös als Anteil an der insgesamt vorhandenen Kaufkraft
P_0	Erlös als Anteil der abgedeckten Kaufkraft vor der Störung des Gleichgewichtszustandes
P_1	realisierter Erlös im neuen Gleichgewichtszustand

ΔP

Anteil des Erlöses für die Akkumulation

Q^m

Marktwarenstrom in ME/a

Q^p

Warenstrom aus der Produktion in ME/a

Q^q

möglicher Warenstrom vor der Störung des Gleichgewichtes

Q_1

Warenstrom im neuen Gleichgewichtszustand

ΔQ

Lagerzu- und -abgang als Differenz von Q^m und Q^p in ME/a

t

Zeit für das Erreichen des neuen Gleichgewichtszustandes

$x^m = \rho^m$

durchschnittliche Abweichungen vom Marktwarenstrom

$x^p = \rho^p$

durchschnittliche Abweichungen vom Warenstrom aus der Produktion

Δx

Differenz von Markt- und Produktionswarenstrom

γ^a

Angebot als Differenz von P^a und P_0 , die einer Kostenänderung entspricht

γ^A

Aufwulfunktion des Lagers

$\gamma^I + \gamma^A = s$

Lagerfunktion

γ_n

Auslieferungsfunktion des Lagers

γ_1

Erlösänderung entspricht Gleichgewichtsbedingung als Differenz von P_1 und P_0

z

tatsächliche Kaufkraft in M/ZB

z_0

mögliche Kaufkraft in M/ZB

β_1

Kaufkraftschwankung in M/ZB

β_2

Preis je ME

γ

variable Kosten in M/MB

γ_1 und γ_2

Bewertungsfaktor zur Darstellung der Bestände in M

#

Abgang der Produktion

γ_1

Zeittaktor, der die Trägheit der Lageraufwulfunktion widerspiegelt und den Kehrwert einer Zeitgröße besitzt; wird in der Regel mit 10 % angenommen

Auf die Angabe der Symbole aus der Elektrotechnik wurde verzichtet, weil diese allgemein bekannt sind.

Literatur

- /1/ Direktive des VIII. Parteitages der SED zum Fünfjahrplan. Dokumente des VIII. Parteitages der SED. Dietz Verlag, Berlin 1973, S. 48 ff.
- /2/ Bericht des ZK an den VIII. Parteitag der SED. Bericht-erstateter: Gen. E. HOMBECKER. Dietz Verlag, Berlin 1971, S. 41 ff.
- /3/ Bericht zur Direktive des VIII. Parteitages der SED. Berichtserfasser: Gen. W. STOPH. Dietz Verlag, Berlin 1971, S. 57
- /4/ ADLER, H.: Elektronische Analogrechner. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1968
- /5/ Autorenkollektiv: Erfahrungen und Probleme bei der weiteren Verbesserung der Leitung und Planung der wissenschaftlich-technischen Arbeit in den sozialistischen Betrieben und Kombinate. Die Wirtschaft 27 (1972) 38, Beilage 16
- /6/ Autorenkollektiv: Aspekte der Entwicklung des sozialistischen Lebensniveaus. Die Wirtschaft 28 (1973) 43, Beilage 22
- /7/ Autorenkollektiv: Grundlagen der Bedürfnisentwicklung, der Art und Weise ihrer Befriedigung sowie die Wechselbeziehungen zwischen Produktion und Bedürfnissen (Thesen). Wirtschaftswissenschaften 21 (1973) 7, S. 961 f.
- /8/ BAUMBACH, H. D.: Die Anwendung des Exponential Smoothing zur Planung der Lagerbestände an Zwischenprodukten. Rechen technik/Datenverarbeitung 4 (1967) 11, S. 21 - 25
- /9/ BERTHEIN, H., und TOUSSAINT, J.: Die Ermittlung optimaler Industriete. Wirtschaftswissenschaften 15 (1967) 7, S. 1145 - 1150
- /10/ BLUMENFALD, G.: Die Anwendung mathematischer Methoden in der Wirtschaft. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1966
- /11/ DÖBLER, M., KÜNZEL, W., REHNERT, H., und WUTKE, R.: Weltanschauung - Bedürfnisse - sozialistische Lebensweise. Einheit 29 (1974) 3, S. 324 ff.

/12/

Die Optimierung der Lagerhaltung. Handel 17 (1967) 10, S. 449 - 452

/13/ FISCHER, K.: Optimale Versandorganisation, Lagerhaltung und optimale Nutzungsdauer von Grundmitteln. Deutsche Finanzwirtschaft 22 (1968) 22, S. F 11 - F 16

/14/ GALLENMÜLLER, O., HIEKE, H., HILSENBERG, F., und NEUBERT, J.: Leistung - Kosten - Ergebnis. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1970

/15/ GÜHRMANN, K.: Vorratsproportionalisierung. Verlag Die Wirtschaft, Berlin 1968

/16/ HILSENBERG, F., und SCHORH, H.: Die optimale Einordnung eines Lagers innerhalb eines Produktionsprozesses, behandelt als Problem der optimalen Umlaufmittelinbindung und der Lager- bzw. absatzorientierten Produktion bei stochastischer Nachfrage. Freib. Forsch.-H. D 84. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1974

/17/ KLEMM, H.: Berechnung optimaler (s, S)-Lagerhaltungspolitiken (Erfahrungen mit dem Algorithmus von Veinot-Wagner). X. Internat. Kolloquium TH Ilmenau, Sept. 1965, Heft 11: Mathematische Probleme in der Ökonomie und Rechen technik, S. 9 - 12

/18/ KLEMM, H., und MIKUP, M.: Mathematische Lagerhaltungsmodelle - ein Überblick. Schriftreihe Mathematik und Wirtschaft, Band 5. Verlag Die Wirtschaft, Berlin 1968, S. 68 - 109

/19/ KLEMM, H., und MIKUP, M.: Lagerhaltungsmodelle. Verlag Die Wirtschaft, Berlin 1972, S. 11

/20/ KNOBLOCH, G., und MAIER, H.: Bedürfnisse und ihre Befriedigung. Einheit 28 (1973) 6, S. 668 ff.

/21/ KORN/KORN: Elektronische Analogrechnermaschinen. Verlag Technik, Berlin 1962

/22/ KOZIOLEK, H.: Befriedigung der Bedürfnisse und Intensivierung der Produktion. Einheit 28 (1973) 4, S. 439 ff.

/23/ MAISCHAK, K.-D.: Zur optimalen Lagerhaltungsplanung der Produktion in Hüttenbetrieben, Bestimmung von Sicherheitsvorräten. Neue Hütte 11 (1966) 1, S. 12 - 19

/24/ MARX, K.: Grundriss der Kritik der politischen Ökonomie. Dietz Verlag, Berlin 1953, S. 426

/25/ MIKUP, M.: Bestimmung der Kostenparameter für Lagerhaltungsmodelle. Fertigungstechnik und Betrieb 19 (1969) 5, S. 270 - 276

Autorenverzeichnis

Dr. sc. oec. Frieder Hülseberg
Ministerrat der Deutschen Demokratischen Republik
Staatliche Zentralverwaltung für Statistik
Bereich Forschung
102 Berlin
Hans-Behmler-Strabe 70 - 72

Dipl.-Ing. Uwe Kiebling

Bergakademie Freiberg
Organisations- und Rechenzentrum

92 Freiberg

Bernhard-von-Cotta-Strabe 1

Dipl.-Ing. oec. Hartmut Schönborn

Bergakademie Freiberg

Büro des Rektors

Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

92 Freiberg

Akademiestrabe 6

/26/ MIKUL, M.: Anwendung von Lagerhaltungsmodellen in der betrieblichen Materialwirtschaft. Fertigungstechnik und Betrieb 17 (1967) 4, S. 225 - 229

/27/ MODEL, H., und SCHNEIDER, G.: Praktische Aufgaben bei der Qualifizierung der Bedarfsforschung in der Konsumgüterindustrie. Die Wirtschaft 28 (1973) 49, Beilage 25

/28/ MOREHOUSE, N. F., STROTZ, R. H., und HOTWITZ, S. J.: An Electro - analog Method for Investigating Problems in Economic Dynamics. Inventory Oscillations. Econometrica (1950) 18, S. 313 - 328

/29/ NEMTSCHINOW, S. M.: Ökonomisch-mathematische Methoden und Modelle. Verlag Die Wirtschaft, Berlin 1965

/30/ ROTH, M., REIF, R., und RESCHKE, D.: Programmbibliothek für elektronische Analogrechner. Verlag Technik, Berlin 1970

/31/ ROTH, M., REIF, R., und RESCHKE, D.: Programmbibliothek für elektronische Analogrechner/Rechenschaltungen. Verlag Technik, Berlin 1970

/32/ SIEWERT, G.: Neue Wege der Steuerung in der Lagerhaltung der sozialistischen Industriebetriebe. Fertigungstechnik und Betrieb 13 (1963) 12, S. 744 - 747

/33/ SFRAUSS, G. J.: Materialwirtschaft im neuen ökonomischen System. Staatsverlag der DDR, Berlin 1967

/34/ STURM, M.: Der optimale Plan der Umlaufmittel. Verlag Die Wirtschaft, Berlin 1968

/35/ SYDOW, A.: Elektronische Analogrechner und Modellregelkreise. Reihe Automatisierungstechnik, Heft 6. Verlag Technik, Berlin 1970

/36/ ... Wirkungsweise, Programmierung und Anwendung von Analogrechnern. Schriftreihe Datenverarbeitung, Institut für Datenverarbeitung, Dresden 1969, S. 22