Ein Marktmodell
aus system- und regelungstheoretischer Sicht

Von

Peter M. Schulze

I.

Die Systemtheorie stellt ein bestimmtes abstraktes Gerüst zur Verfügung, das auf verschiedenste Beziehungsgeflechte Anwendung finden kann, unabhängig von den speziellen Eigenschaften des zu untersuchenden Systems und seiner Elemente. Dabei sei als System definiert eine Menge von geordneten Elementen mit bestimmten Eigenschaften und eine Menge von Relationen, die zwischen diesen Elementen bestehen. Auch ein ökonomisches Modell kann als System interpretiert werden. Das Modell besteht aus bestimmten Elementen und Relationen zwischen diesen Elementen, die die Modellstruktur bilden. Die Elemente des Modells besitzen Inputs und Outputs, durch die sie mit anderen Elementen des Systems bzw. des Modells oder der Systemumwelt verknüpft sein können. Elemente und Relationen des Modells haben Eigenschaften, die eine ganz bestimmte Verhaltensweise des Modells bewirken.

Innerhalb dieses übergreifenden systemtheoretischen Ansatzes läßt sich die Regelungstheorie zur Analyse gewisser Fragestellungen bei einer bestimmten Systemstruktur heranziehen. Da die regelungstheoretischen Termini auch in ökonomischen Untersuchungen bereits Lehrbuchreife erlangt haben und Begriffe wie Regelkreis, Rückkopplung etc. bekannt sind, sei aus der Fülle der Literatur nur auf die Bücher von Allen verwiesen[1].

Es soll nun im folgenden ein Marktmodell unter system- und regelungstheoretischem Aspekt betrachtet werden. Dabei wird auch die Anwendung der Laplace-Transformation anhand einer einfachen Differentialgleichung demonstriert. Diese Methode zur Lösung von Differentialgleichungen hat erst eine geringe Verwendung in ökonomischen Überlegungen gefunden, obwohl sie häufig eine übersichtliche und relativ einfache Lösung gestattet.

II.

Es wird ein System untersucht, das aus drei Teilsystemen besteht, dem Markt, den Anbietern und den Nachfragern. Die Kopplung der Nachfrager und Anbieter erfolgt über den Markt. Zunächst wird ein statisches Modell betrachtet, in dem

[1] Vgl. Allen, R. G. D.: Mathematical Economics, London 1966, S. 281ff., Allen, R. G. D.: Macroeconomic Theory, A. Mathematical Treatment, London/Melbourne/New York 1968, S. 342ff.

sich der Preis unter der Gleichgewichtsbedingung bildet, daß sich Angebot und Nachfrage ausgleichen

$$x_N = x_A \tag{1}$$

Nachfrager und Anbieter verhalten sich als Mengenanpasser. Eine Regelkreisdarstellung dieses Systems zeigt Abb. 1.

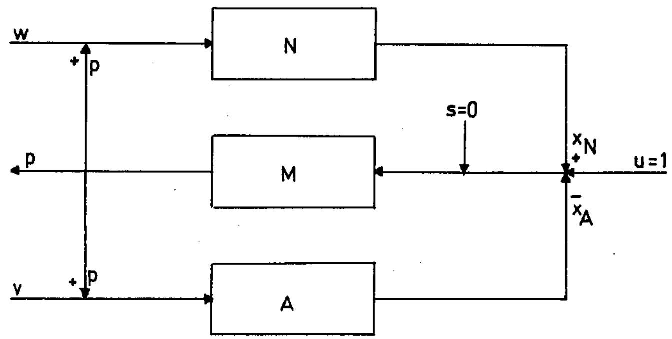

Abb. 1

Hierbei ist

N =	Nachfrager	x_N =	Nachgefragte Menge
A =	Anbieter	p =	Preisinformation
M =	Markt	u, v, w =	Informationen aus der Systemumgebung
x_A =	Angebotene Menge	s =	Sollwert

Es wird die Differenz $x_N - x_A$ gebildet und mit dem Sollwert s verglichen, der sich aus der Gleichgewichtsbedingung (1) mit

$$s = x_N - x_A = 0 \tag{2}$$

ergibt. Außerdem kann der Markt Informationen über die Preisbildung aufgrund einer Information aus der Systemumgebung erhalten, die hier gleich Eins gesetzt ist. Außer der Information über angebotene und nachgefragte Mengen wird der Markt nämlich auch diese Information bei der Preisbildung verwerten.

Die Struktur des eben beschriebenen Systems läßt sich mit Hilfe der Gleichung (3) beschreiben

$$\underline{y} = \underline{0}\,(\underline{S}\,\underline{y} + \underline{z}) \tag{3}$$ [2]

Hierbei sind $\underline{z}$ und $\underline{y}$ die Eingangs- und Ausgangsvektoren des Gesamtsystems

$$z = \begin{bmatrix} w \\ 1 + x_N - x_A \\ v \end{bmatrix}, \qquad \underline{y} = \begin{bmatrix} x_N \\ p \\ x_A \end{bmatrix}$$

[2] Vgl. Anschütz, H.: Kybernetik – kurz und bündig, Würzburg 1967, S. 82f.

$\underline{0}$ ist eine Operatorenmatrix, deren Hauptdiagonale von den Elementen des Systems gebildet wird und deren Komponenten außerhalb der Diagonalen gleich Null sind

$$\underline{0} = \begin{bmatrix} N & 0 & 0 \\ 0 & M & 0 \\ 0 & 0 & A \end{bmatrix}$$

$\underline{S}$ ist die Strukturmatrix des Systems. Wenn man annimmt, daß kein Element des Systems mit sich selbst verknüpft ist, so wird die Diagonale der Matrix mit Nullen besetzt sein. Außerdem soll jedes Element des Systems nur einen Input bzw. Output haben[3]. Eine Kopplung wird dann durch eine Eins, keine Kopplung durch eine Null angegeben.

Für obiges Modell lautet die Strukturmatrix[4]

$$\underline{S} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Damit läßt sich das vermaschte, aus drei Teilsystemen zusammengesetzte lineare informationsverarbeitende System nach umgeformter Gleichung (3)

$$\underline{0z} = \underline{y} - \underline{0S}\,\underline{y}$$

wie folgt darstellen

$$\begin{bmatrix} N & 0 & 0 \\ 0 & M & 0 \\ 0 & 0 & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ 1 + x_N - x_A \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_N \\ p \\ x_A \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} N & 0 & 0 \\ 0 & M & 0 \\ 0 & 0 & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_N \\ p \\ x_A \end{bmatrix} \tag{4}$$

Dies führt zu

$$\begin{bmatrix} Nw \\ M(1 + x_N - x_A) \\ Av \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_N \\ p \\ x_A \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Np \\ Mx_N + Mx_A \\ -Ap \end{bmatrix} \tag{5}$$

Da im obigen Beispiel keine anderen Einflußgrößen als nur p die Nachfrage bzw. das Angebot bestimmen sollen, entfallen hier die Größen Nw und Av, so daß

$$x_N = Np \tag{6}$$

und

$$x_A = -Ap.$$

[3] Im allgemeinen Fall setzt sich $\underline{S}$ aus Kopplungsmatrizen $\underline{K}$ als Untermatrizen zusammen. Die oben beschriebene „einfache" Strukturmatrix wird im englischsprachigen Bereich als „coarse structure matrix" bezeichnet.

[4] Es erscheint in der untersten Reihe dieser Matrix deshalb ein Minuszeichen, weil es sich um eine Gegenkopplung handelt (vgl. Abb. 1).

Da außerdem $x_N - x_A = 0$ gelten soll, erhält man durch Einsetzen von (6) in die zweite Gleichung des Systems (5) die Gleichung (7)

$$M = p - MNp + MAp \tag{7}$$

was zu

$$p = \frac{M}{1 - M(N-A)} \tag{8}$$

führt.

Hiermit ist aufgrund des system- und regeltheoretischen Ansatzes ein Ausdruck für p gefunden worden, der der „Grundformel der Regelungstheorie"[5] entspricht, wenn man $M = e_1$ und $N - A = e_2$ setzt. Es folgt dann aus (8)

$$p = \frac{e_1}{1 - e_1 e_2} \tag{9}$$

Der Marktpreis p ist eindeutig bestimmt, wenn das Verhalten der drei Teilsysteme bekannt ist.

Die größte Schwierigkeit – gerade dieses Ansatzes – für ökonomische Anwendungen dürfte in der Festlegung der Übertragungsfaktoren der Systemelemente e_1 und e_2 liegen. So versuchen z.B. Kade et al.[6] zu erklären, wie sich die Nachfragemenge x_N – außer durch den Preis – auch durch eine Nutzensequenz erklären läßt. Dieser Ansatz zeigt zwar anschaulich die Zusammenhänge zwischen Präferenzfunktion, Haushaltseinnahmen und -ausgaben einerseits und Erlös- und Kostenfunktion innerhalb eines Regelungszusammenhanges andererseits. Er muß jedoch insofern unbefriedigend bleiben, als keine explizite Funktionen für das Verhalten der Systemelemente angegeben werden, die eine analytische Lösung des Problems ermöglichen würde.

III.

In Weiterführung des Gedankenganges soll nun ein dynamisches Modell mit unvollständigem Mengenausgleich betrachtet werden, wobei die Anwendung der Laplace-Transformation an einer einfachen Differentialgleichung illustriert werden soll.

Es wird angenommen, daß Anbieter und Nachfrager den Marktpreis als gegeben hinnehmen und sich mit der Nachfrage- bzw. der Angebotsmenge anpassen.

Es soll die dynamische Nachfragegleichung (10) gelten

$$x_N(t) = a_1 \dot{p}(t) + a_2 p(t) + a_3 \tag{10}$$

Analog ist die Angebotsgleichung formuliert

$$x_A(t) = b_1 \dot{p}(t) + b_2 p(t) + b_3 \tag{11}$$

[5] Vgl. Lange, O.: Einführung in die ökonomische Kybernetik, Tübingen 1970, S. 22.

[6] Vgl. Kade, G., Ipsen, D., Hujer, R.: Modellanalyse ökonomischer Systeme, Jb. f. Nationalökonomie und Statistik, Bd. 182, H. 1 (1968), S. 13ff.

Angebot und Nachfrage hängen nicht nur von dem im Zeitpunkt t herrschenden Preis, sondern auch von der Preisänderung im Zeitpunkt t ab. Wenn man steigende Angebots- und fallende Nachfragekurven voraussetzt, so gilt

$$b_2 > 0 \tag{12}$$

und

$$a_2 < 0 \tag{13}$$

Anstelle der obigen Bedingung des vollständigen Mengenausgleichs (1) tritt hier

$$\dot{p}(t) = c\,(x_N(t) - x_A(t)) \tag{14}$$

Hierbei kann c als Reaktionsgeschwindigkeit aufgefaßt werden. Es gilt $c > 0$, da die Reaktionszeit sinnvollerweise nur positiv sein kann.

Auch in diesem Fall läßt sich [ähnlich wie in Gleichung (8) bzw. (9)] das Preisverhalten des Systems auf die Grundgleichung der Regelungstheorie zurückführen. Wegen der oben angedeuteten Schwierigkeiten soll hier jedoch auf die Gleichungen (10), (11) und (14) zurückgegriffen werden, da die Angebots-, Nachfrage- und Marktgleichung das Verhalten der jeweiligen Teilsysteme A, N und M beschreibt.

Durch Einsetzen von Gleichung (10) und (11) und (14) erhält man

$$(1 - c\,(a_1 - b_1))\,\dot{p}(t) - c\,(a_2 - b_2)\,p(t) - c\,(a_3 - b_3) = 0 \tag{15}$$

bzw.

$$p(t) = \frac{1 - c\,(a_1 - b_1)\,\dot{p}(t)}{c\,(a_2 - b_2)} - \frac{a_3 - b_3}{a_2 - b_2} \tag{16}$$

womit die Preisbestimmungsgleichung erhalten ist. Das Zeitverhalten des Systems wird durch die Differentialgleichung (15) vollständig bestimmt.

Der Gleichgewichtspreis p^+ ergibt sich, wenn $\dot{p}(t) = 0$, so daß aus (16) folgt

$$p^+ = \frac{b_3 - a_3}{a_2 - b_2} \tag{17}$$

Es wird angenommen, daß $b_3 - a_3 < 0$ und $a_3 > 0$, denn nur dann wird Gleichung (16) unter Berücksichtigung von (12) und (13) positiv. Aus (16) ergibt sich dann mit (17) die inhomogene Differentialgleichung 1. Ordnung

$$\alpha\,\dot{p}(t) - p(t) + p^+ = 0 \tag{18}$$

wobei

$$\alpha = \frac{1 - c\,(a_1 - b_1)}{c\,(a_2 - b_2)}.$$

Die Lösung von Gleichung (18) soll mit Hilfe der Laplace-Transformation und einer Partialbruchzerlegung vorgenommen werden.

Das Prinzip der Laplace-Transformation soll jedoch zunächst an der einfachen inhomogenen Differentialgleichung 1. Ordnung

$$\dot{y}(t) + a\,y(t) = x(t) \tag{19}$$

gezeigt werden.

Wenn die Inputfunktion $x(t)$ und die Ableitung $\dot{y}(t)$ eine Laplace-Transformierte besitzen[7], so kann man aus der Originalgleichung (19) eine Bildgleichung, eine algebraische Gleichung entwickeln

$$L(\dot{y} + ay) = L(\dot{y}) + a\,L(y) = L(x) \tag{20}$$

Nun gilt $L(\dot{y}) = sY(s) - Y(0)$, wobei $Y(0)$ ein Anfangswert und s eine komplexe Variable mit $s = \sigma + i\omega$ ist[8].

$a\,L(y)$ wird zu $aY(s)$ und $L(x)$ zu $X(s)$. Aus Gleichung (19) ergibt sich damit

$$s\,Y(s) - Y(0) + a\,Y(s) = X(s) \tag{21}$$

Gleichung (21) läßt sich sofort nach $Y(s)$ lösen, man erhält

$$Y(s) = X(s)\frac{1}{s+a} + Y(0)\,\frac{1}{s+a} \tag{22}$$

Die Lösung $y(t)$ ist die inverse Laplace-Transformation von $Y(s)$, also

$$y(t) = L^{-1}\left(X(s)\,\frac{1}{s+a}\right) + L^{-1}\left(Y(0)\,\frac{1}{s+a}\right) \tag{23}$$

Hierbei stellt der erste Term auf der rechten Seite die partikuläre Lösung, der zweite Term die Lösung der homogenen Gleichung (komplementäre Funktion) dar. Es folgt die Lösung der Originalfunktion durch Benutzung einer Laplace-Transformationstabelle[9]

$$y(t) = \int_0^t x(\tau)\,e^{-a(t-\tau)}\,d\tau + y(0)\,e^{-at} \tag{24}$$

Wird die Inputfunktion $x(t)$ explizit angeben, z.B.

$$x(t) = \dot{x}(t) + bx,$$

[7] Vgl. hierzu z.B. Doetsch, G.: Einführung in Theorie und Anwendung der Laplace-Transformation, Basel/Stuttgart 1958, Cohen, Ir. J. W.: Laplace-Transformationen, in: Kuipers, L., Timman, R.: (Hrsg.), Handbuch der Mathematik, Berlin 1968, S. 662ff., Funk, R., Sagan, H., Selig, F.: Die Laplace-Transformation und ihre Anwendung, Wien 1953, Spiegel, M. R.: Theory and Problems of Laplace Transforms, New York/St. Louis/San Francisco/Toronto/Sydney 1965.

[8] σ und ω sind reelle Variable und $i = \sqrt{-1}$.

[9] Vgl. z.B. Cohen, Ir. J. W.: a.a.O., S. 723ff., Distefano, III, J. J., Stubberud, A. R., Williams, I. J.: Theory and Problems of Feedback and Control Systems, New York/St. Louis/San Francisco/Toronto/Sydney 1967, S. 361f., Spiegel, M. R.: a.a.O., S. 245ff.

so kann man zur Lösung der Originalfunktion zwischen den Gleichungen (23) und (24) eine Partialbruchzerlegung einfügen[10].

Nach diesen allgemeinen Überlegungen zur Laplace-Transformation kann nun zu Gleichung (17) zurückgekehrt und diese Gleichung gelöst werden.

Zunächst wird Gleichung (18) geschrieben als

$$\dot{p}(t) = \frac{1}{\alpha} p(t) + \frac{1}{\alpha} p^{+} = 0 \tag{25}$$

Die Laplace-Transformierte von (25) lautet

$$sP(s) - P(0) - \frac{1}{\alpha} P(s) + \frac{\frac{p^{+}}{\alpha}}{s} = 0$$

bzw.

$$P(s) = \frac{P(0) - \frac{\frac{p^{+}}{\alpha}}{s}}{1 - \frac{1}{\alpha}} \tag{26}$$

Mit Hilfe der Partialbruchzerlegung setzt man die rechte Seite von Gleichung (26)

$$\frac{sP(0) - \frac{p^{+}}{\alpha}}{s\left(s - \frac{1}{\alpha}\right)} = \frac{A}{S} + \frac{B}{s - \frac{1}{\alpha}} \tag{27}$$

Nun ist A und B zu bestimmen. Dazu wird zunächst obiger Ausdruck umgeschrieben als

$$sP(0) - \frac{p^{+}}{\alpha} = As - \frac{1}{\alpha} A + Bs$$

Jetzt werden die zu $sP(0)$ und $\frac{p^{+}}{\alpha}$ gehörenden Ausdrücke isoliert, d.h. As, Bs und $\frac{1}{\alpha} A$. Es ergibt sich zunächst für

$$s(A + B) = sP(0)$$

oder

$$A + B = P(0).$$

[10] Bei der Lösung von Gleichung (18) wird die Partialbruchzerlegung weiter unten benutzt.

Für A erhält man sofort

$$A = p^{+}.$$

Damit ist auch B zu bestimmen

$$p^{+} + B = P(0)$$

oder

$$B = P(0) - p^{+}.$$

Hieraus folgt für (26) mit Gleichung (27) die Gleichung (28)

$$P(s) = \frac{p^{+}}{s} - \frac{P(0) - p^{+}}{s - \frac{1}{\alpha}} \tag{28}$$

Aus Gleichung (28) erhält man die Lösung der Originalgleichung (18) wiederum unter Benutzung einer Laplace-Transformationstabelle

$$p(t) = p^{+} - (p_0 - p^{+})\, e^{\frac{1}{\alpha} t} \tag{29}$$

IV.

Aufgrund einer regelungstheoretischen Betrachtung läßt sich eine stabile Lösung aus Ausdruck (8)[11] bestimmen. Denn neben der Struktur eines Systems haben die Übertragungseigenschaften der Systemelemente Bedeutung für die zugrunde liegenden Anpassungsvorgänge und deren Stabilität.

Aufgrund des Ausdrucks (8) ist der Prozeß dann stabil, wenn

$$|e_1 e_2| < 1^{12} \tag{30}$$

Dabei werden e_1 und e_2 nun als Funktionen der Zeit, d.h. dynamisch interpretiert. Beziehung (30) gilt deshalb, weil der Ausgangszustand der Regelstrecke über den rückgekoppelten Regler ständig auf den Eingangszustand der Regelstrecke zurückwirkt. Wenn (30) gilt, so werden die Zuwachsbeträge immer kleiner und ihre Summe konvergiert, was Voraussetzung für Stabilität ist.

Für Gleichung (29) ist zu erkennen, daß die Stabilitätsbedingung $\frac{1}{\alpha} < 0$ lautet. Wenn jedoch die Lösung der Differentialgleichung nicht ohne weiteres zu ersehen ist – nicht wie im obigen Fall – so läßt sich mit Hilfe der Laplace-Transformation und dem regelungstheoretischen Begriff der Gewichtsfunktion eine Stabilitätsbestimmung durchführen[13].

[11] Es spielt für diese Überlegung keine Rolle, daß es sich hierbei nur um eine statische Betrachtung gehandelt hatte.

[12] Vgl. Lange, O.: a.a.O., S. 67ff.

[13] Vgl. Schulze, P.: Kybernetische Methoden und die Möglichkeit ihrer Verwendung bei makroökonomischen Fragestellungen, Diss., Mainz 1971, S. 119ff.

Die Berücksichtigung der Reaktionszeit c im obigen Modell ist nichts anderes als die Berücksichtigung eines time lags. Es ist anzunehmen, daß der Markt die Informationen über angebotene und nachgefragte Mengen nicht sofort verarbeitet, so daß für die Nachfrager N und die Anbieter A die Informationen über p und $\dot{p}$ mit einer zeitlichen Verzögerung eintreffen. Bei dem oben betrachteten dynamischen System kann es nur zu einem monotonen (asymptotischen) Anpassungsprozeß an den Gleichgewichtspreis kommen, wenn die Stabilitätsgrenze festliegt. Prinzipiell ist es jedoch – gerade wegen vorhandener Rückkopplungen – möglich, daß Schwingungsvorgänge entstehen. Diese hängen von Art und Größe der time lags und von der Struktur des Gesamtsystems ab. Hier kann ebenfalls mit Hilfe einer Gewichts- und Übertragungsfunktion eine lag-Analyse durchgeführt werden[14].

Betrachtet man die Reaktion der Systemgleichung (29) auf eine konstante Eingangsgröße vom Betrag Eins zur Zeit $t = 0$, wenn $p_0 = 0$, so resultiert hieraus die sog. Übergangsfunktion $u(t)$

$$u(t) = p(t) = p^{+}\left(1 - e^{\frac{1}{\alpha}t}\right) \tag{31}$$

Für

$$p^{+} = p_0 \begin{cases} 1 \text{ für } t \geqslant 0 \\ 0 \text{ für } t < 0 \end{cases}$$

ergibt sich

$$p(t) = 1 - e^{\frac{1}{\alpha}t} \tag{32}$$

Der Verlauf dieser Übergangsfunktion, d.h. der Verlauf des Exponential Lags ist graphisch in Abb. 2 dargestellt[15].

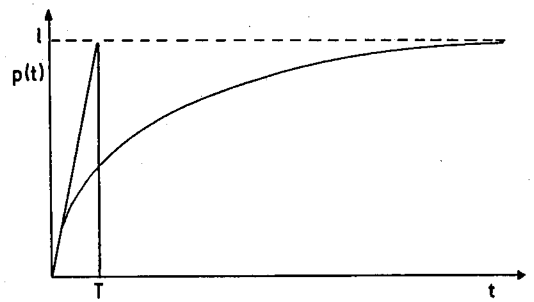

Abb. 2

[14] Vgl. z.B. Allen, R. G. D.: Macroeconomic Theory, a.a.O., S. 88ff. Eine neuere Veröffentlichung zur Lag-Analyse unter system- und regeltheoretischem Aspekt findet sich bei Aschinger, G. A.: Der Lag und seine Anwendung in ökonomischen Systemen, Ztschrft. f. d. Gesamte Staatswissenschaft, Bd. 128, H. 3 (1972), S. 393ff.

[15] Es ist zu beachten, daß dabei $\frac{1}{\alpha} < 0$ vorausgesetzt wird.

Die Zeitkonstante des Lags T wird bestimmt durch die Tangente an die Exponentialfunktion im Ursprung und Fällen des Lots vom Schnittpunkt dieser Tangente mit dem Endwert auf der t-Achse. Die Steigung der Tangente ist $-\frac{1}{\alpha}$. T läßt sich dann bestimmen durch $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{T}$, so daß $T = \alpha$.

Aus Gleichung (31) läßt sich berechnen, wieviel Prozent der Anpassung an den Endwert bei T, $2T$, ... erfolgt sind. Für $T = \alpha = 1$ gilt, da $\frac{1}{\alpha} < 0$ sein muß

$$1 - e^{-1} = 1 - \frac{1}{2{,}7182} = 0{,}6321.$$

Der Preis hat sich bei diesem einfachen Exponential Lag nach der Zeit T also bereits um 63,21% an den Endwert angepaßt.

Die 1. Ableitung der Funktion (32) ist die Gewichtsfunktion $g(\tau)$

$$g(\tau) = \dot{p}(t) = -\frac{1}{\alpha}e^{\frac{1}{\alpha}t} \tag{33}$$

Abbildung 3 zeigt $\dot{p}(t)$ in graphischer Darstellung

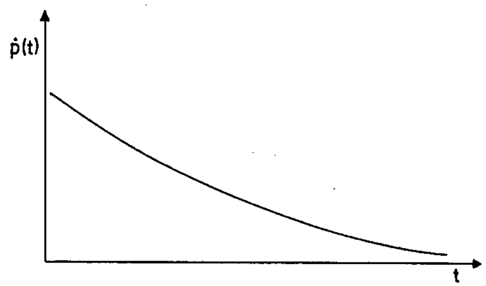

Abb. 3

V.

Die vorangegangene, illustrative Analyse zeigt, wie system- und regelungstheoretisches Instrumentarium zur Darstellung wirtschaftstheoretischer Modelle herangezogen werden kann. Die Behandlung kann dabei unter einem einheitlichen Aspekt erfolgen. Sie hat gegenüber der konventionellen Darstellung Vorzüge wegen ihrer Übersichtlichkeit, kann jedoch wegen mangelnder Quantifizierbarkeit einzelner Größen bei wirtschaftstheoretischen Überlegungen nicht immer konsequent durchgehalten werden. Andererseits bringt sie Erleichterungen bei der Durchleuchtung und praktischen Behandlung von dynamischen Modellen. So kann z.B. bei Verwendung der Laplace-Transformation in komplizierten Modellen in vielen Fällen die schwierige herkömmliche Lösung von Differentialgleichungen umgangen werden. Erweitert man die system- und regeltheoretische Analyse durch eine informationstheoretische Betrachtung, d.h., bezieht man die Kommunikationsverflechtungen im Modell ein[16], so liegt eine wirtschaftskybernetische Untersuchung vor.

---

[16] Zur Analyse der Informationsbeziehungen in einem Marktmodell vgl. z.B. Kade, G., Ipsen, D., Hujer, R.: a.a.O., S. 20ff.