

**Physik und Gesellschaftswissenschaften : Material für eine wissenschaftliche  
Tagung des Beirates für Physik beim Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen  
und der Sektion Physik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock**

Rostock: Wilhelm-Pieck-Universität, 1977

<https://purl.uni-rostock.de/rosdok/ppn187024429X>

Druck Freier  Zugang  OCR-Volltext

# Physik und Gesellschaftswissenschaften



**WILHELM-PIECK-UNIVERSITÄT  
ROSTOCK**



Mahnke

## **Physik und Gesellschaftswissenschaften**

Material für eine wissenschaftliche Tagung des  
Beirates für Physik beim Ministerium für Hoch-  
und Fachschulwesen und  
der Sektion Physik der Wilhelm-Pieck-Universität  
Rostock

mit

Beiträgen von Mitarbeitern und Absolventen  
der Sektion Physik sowie Mitgliedern des  
Arbeitskreises " Philosophie und Naturwissen -  
schaften."

1977

Wilhelm-Pieck-Universität Rostock

Redaktion: Abt. Wissenschaftspublizistik der Wilhelm-Pieck-  
Universität Rostock, DDR - 25 Rostock, Vogelsang 13/14  
Fernruf 369 577

Verantwortlicher Redakteur: Dipl.-Ges.-Wiss. Bruno Schrage  
Herausgegeben von der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock unter  
Genehmigungs-Nr. C 312/77

Druck: Ostsee-Druck Rostock, Werk II

## Vorwort.

" Die Einheit und Komplexität der Entwicklung in Natur und Gesellschaft sowie die Rolle des Menschen als wichtigste Produktivkraft für den gesellschaftlichen Fortschritt verlangen objektiv das Zusammenwirken der Natur und Gesellschaftswissenschaften "1). Dieser Satz aus dem Programm der SED ist am besten geeignet, das Anliegen des hier vorgelegten Tagungsmaterials zu charakterisieren. Ebenso groß wie die Überzeugungskraft der oben als Motto vorangestellten Forderung sind allerdings die Schwierigkeiten einer Umsetzung in konkrete wissenschaftliche Ergebnisse. Das vorliegende Diskussionsmaterial soll nur einige Aspekte des vielschichtigen Verhältnisses der Physik zu den Gesellschaftswissenschaften beleuchten. Mitarbeiter und Absolventen der Sektion Physik sowie Mitglieder des Arbeitskreises Philosophie-Naturwissenschaften der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock haben dieses Material zusammengestellt, um die Tagung "Physik-Gesellschaftswissenschaften " des Beirates für Physik beim MHF, die vom 26. - 27.1.1978 in Rostock stattfinden soll, inhaltlich vorzubereiten. Wir haben uns dabei zwar nicht um Vollständigkeit, aber doch um eine gewisse Breite der Problematik bemüht. Versteht man das Verhältnis Physik-Gesellschaftswissenschaften so komplex, wie es durch das obige Motto ausgedrückt wird, so gehören dazu neben den Beziehungen Physik-Philosophie und Physik-Technikwissenschaften, die schon relativ oft behandelt wurden (siehe z.B. 2)3)4)5)6)) auch die Beziehungen Physik-Geschichte und Physik-Ökonomie, um nur einige zu nennen. Offenbar ist es nicht möglich, die zuletzt genannten Beziehungen auf eine Geschichte der Physik und die Auswirkung physikalischer Ergebnisse in der Wirtschaft zu reduzieren.

Eine der Fragen, die in letzter Zeit immer stärker in das Zentrum des Interesses rücken, ist das Problem der mathematischen Modellierbarkeit gesellschaftlicher Prozesse. In Anbetracht der zahlreichen pseudowissenschaftlichen Versuche bürgerlicher Autoren, physikalische Modelle schematisch auf

gesellschaftliche Prozesse zu übertragen, scheint uns die Erarbeitung einer marxistischen Position zu dieser Frage von erheblichem Interesse zu sein. Den positiven Kern dieses Anliegens kann man nicht besser als mit den Worten des bedeutenden sowjetischen Mathematikers und Ökonomen N.N.Moissejew ausdrücken<sup>7)</sup>: " Die Untersuchung mathematischer Modelle ist eine grundlegende Erkenntnismethode, die in den Naturwissenschaften angewendet wird. Im Laufe von mehreren hundert Jahren hat die Physik diese Methode mit Erfolg genutzt..... Wir besitzen ein tiefes Verständnis der Methodologie der Anwendung der Mathematik in der Physik, verstehen die Bedeutung dieser Verbindung gut und wissen, wie hier die Arbeitsteilung zwischen Mathematikern und Physikern rational einzurichten ist. Ganz anders verhält es sich bei der Erforschung gesellschaftlicher Prozesse ..... Im wesentlichen begann erst im 20. Jahrhundert das Eindringen naturwissenschaftlicher Methoden in die Gesellschaftswissenschaften. Wir befinden uns ganz am Anfang dieses Weges und wahrscheinlich wird sich vieles wiederholen, womit wir bei der Herausbildung der Methodologie der modernen Physik konfrontiert wurden...Doch muß man sich darüber klar werden, daß ein riesiger Unterschied zwischen den Prozessen besteht, die wir in der Physik untersuchen und den Prozessen, die in der Gesellschaft ablaufen.... Die mathematische Beschreibung gesellschaftlicher Prozesse steht erst am Beginn. Die in Kollektiven oder unter Mitwirkung menschlicher Kollektive ablaufenden Prozesse sind wesentlich komplizierter als jene, die bis jetzt Gegenstand der Mathematik und Physik waren ". Diese klaren Worte von Moissejew weisen dem Physiker eine Aufgabe zu, die er in enger Kooperation mit Gesellschaftswissenschaftlern übernehmen kann. In ähnlicher Weise äußerte sich Kuczynski<sup>8)</sup> in einer Rede auf der Hauptjahrestagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR 1975 in Dresden: " Wir können die Bahn der Sterne am Himmel oder die chemische Zusammensetzung eines Pulvers analysieren, ohne ihre Geschichte zu kennen. Wir können aber ein gesellschaftliches Phänomen wie die

Arbeiterklasse in der Deutschen Demokratischen Republik nicht analysieren, ohne um ihre Vergangenheit zu wissen und ihre Zukunft zumindest zu vermuten".

Ergänzend möchten wir zur Frage der mathematischen Modellierung, bemerken, daß hier selbstverständlich nicht nur die Physik und andere Naturwissenschaften einen Beitrag leisten können, sondern in hohem Maße auch die Technikwissenschaften. Bekanntlich ist aus der Nachrichtentechnik und Regelungstechnik in den letzten Jahren eine neue fruchtbare Wissenschaftsdisziplin, die sogenannte Systemtheorie hervorgegangen<sup>9)10)</sup>, die gerade in diesem Zusammenhang von großem Interesse ist. Schließlich ist die Überführung bzw. Überleitung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse in die gesellschaftliche Praxis im Zeitalter der wissenschaftlich-technischen Revolution eine Aufgabe von solcher Komplexität, daß zu ihrer Bewältigung die Zusammenarbeit von Natur-, Technik- und Gesellschaftswissenschaftlern unerlässlich ist. Entscheidend wird sein, Weg und Zeit der Überführung zu verkürzen und gleichzeitig das Anwendungsspektrum zu verbreitern. Die Physik lieferte in der Vergangenheit eine Fülle von Ergebnissen, die teilweise zu völlig neuen Industriezweigen führten. Jedes neue Resultat vergrößert die bestehenden potentiellen Möglichkeiten, gehört jedoch in der Regel zunächst zum brachliegenden Teil dieser Erkenntnisse. Rasche Fortschritte in ihrer Anwendung verlangen u.E. bereits in der Forschungsphase eine zielgerichtete Kooperation zwischen allen Beteiligten, die bis zur technologischen Nutzung fortgeführt werden muß. (siehe z.B.<sup>11),12)</sup>)

Auf den vorstehenden Seiten wurde versucht, die Komplexität des Verhältnisses von Physik und Gesellschaftswissenschaften anzudeuten. In der Direktive des IX. Parteitages der SED heißt es dazu: " Die Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft und die Meisterung der wissenschaftlichen Revolution erfordern in stärkerem Maße, die Einheit von Natur-, Gesellschafts- und technischen Wissenschaften in der Praxis durchzusetzen und durch gemeinsame Anstrengungen und koordin-

niertes Vorgehen die Wirksamkeit jeder einzelnen Disziplin und der Wissenschaft als Ganzes zu erhöhen". Das in diesem Bändchen vorgelegte Material sollte im Sinne dieser Aufgabenstellung die gemeinsame Diskussion von Physikern und Gesellschaftswissenschaftlern anregen. Da die Beiträge aus einem kleineren Kreis kommen (Mitarbeiter und Absolventen der Sektion Physik sowie Mitglieder des Arbeitskreises Philosophie-Naturwissenschaften der WPU Rostock) konnten naturgemäß nicht alle Aspekte der angedeuteten Problematik behandelt werden. Den philosophischen und methodologischen Aspekten wurden zwei Beiträge (H. Vogel, H. Parthey), sowie der Rolle der Physik in der Gesellschaft ein Beitrag (H. Ulbricht) gewidmet. Ein Beitrag (W. Ebeling) behandelt allgemeine Fragen der Modellierbarkeit gesellschaftlicher Prozesse und zwei Beiträge (R. Feistel, P. Trettin) haben konkrete ökonomische Modelle zum Gegenstand. Alle Beiträge sind als Diskussionsmaterial gedacht.

Werner Ebeling, Heinz Ulbricht

#### Literatur:

- 1) Programm der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands. Abschnitt D.
- 2) Ley, H., Löther, R. (Hrsg.): Mikrokosmos-Makrokosmos. Berlin 1966.
- 3) Hörz, H.: Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften. Berlin 1974.
- 4) Röseberg: Determinismus und Physik WTB. Akademie-Verlag Berlin, 1975.
- 5) Vogel, H. (Hrsg): Rostocker Philosophische Manuskripte, u. a. Heft 7: Problemtypen bei der Hypothesen und Prognosebildung, Rostock 1970, Heft 9: Marxistisch-Leninistische Problemtheorie und Einzelwissenschaften. Rostock 1972, Hefte 10 und 13: Philosophische und einzelwissenschaftliche Aspekte der Beweistheorie. Rostock 1973 bzw. 1974.

- 6) Albrecht, E. et al.: Streitbarer Materialismus und gegenwärtige Naturwissenschaft. Berlin 1974
- 7) Moissejew, N.N.: Mathematik-Steuerung-Planung-Prognose. (Übers.a.d.Russ.). Berlin 1973
- 8) Kuczynski, J.: Die Einheit der Wissenschaft - zur Zusammenarbeit Gesellschaftswissenschaften und Naturwissenschaften. Vortrag auf der Hauptjahrestagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR. Dresden 1975.
- 9) Lange, F.H.: Signale und Systeme. Berlin 1965
- 10) Wunsch, G.: Systemtheorie. Leipzig 1975.
- 11) Hager, K.: Sozialismus und wissenschaftlich-technische Revolution. Dietz-Verlag, Berlin 1972.
- 12) Ebeling, W., Ulbricht, H.: Zum Problem der Überführung von Forschungsergebnissen in die Praxis, dargestellt am Beispiel der Physik. Wiss.Z. Univ.Rostock, XX III., 1974, Gesellschaftswiss. Reihe, Heft 1, S.3.

Was heißt und worin besteht die Einheit der Wissenschaften ?  
von Heinrich Vogel , Sektion Marxismus-Leninismus der  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock.

Worin liegt die Einheit der Wissenschaft begründet ?

Wodurch wird sie konstituiert und gefestigt ?

Antworten auf diese Fragen sind von verschiedenen Aspekten  
her möglich, ohne daß diese Antworten gegeneinander alterna-  
tiv sind. Alternativ sind nur Standpunkte zueinander, die die  
Einheit der Wissenschaft bejahen oder verneinen, ganz gleich,  
welchem Aspekt man hierbei den Vorrang gibt.

Welche Aspekte sind es, die Ansatzpunkte bieten, die Einheit  
der Wissenschaft zu begründen ?

Ohne Wertung wären hier aufzuzählen:

1. die existenzmäßige Einheit des Gegenstandes aller Wissen-  
schaft;
2. das erkenntnistheoretische Wesen aller Erkenntnis, das  
Wesen der Wahrheit;
3. das gemeinsame große Ziel aller Wissenschaft, das darin  
besteht, " die Mühsal der menschlichen Existenz zu er-  
leichtern " (Brecht), anders ausgedrückt: den mensch-  
lichen Fortschritt auf allen Gebieten zu fördern, also  
ihre gesellschaftliche Wirksamkeit;
4. die Eingebundenheit und Abhängigkeit der wissenschaft-  
lichen Arbeit in Forschung und Lehre in bzw. von Übrigen  
gesellschaftlichen Tätigkeiten und Faktoren, allgemein  
als gesellschaftliches Wesen und gesellschaftliche De-  
terminiertheit der Wissenschaft bezeichnet, was aber  
kein Spezificum der Wissenschaft darstellt;
5. die Spezifik der Methoden wissenschaftlicher Arbeit im  
Unterschied zu nicht-wissenschaftlicher (z.B. künstle-  
rischer ) Tätigkeit.

Die zunehmende Komplexität bestimmter konkreter Forschungs-  
probleme ist nur ein spezieller Faktor, der die interdiszi-  
plinäre Arbeit immer deutlicher erfordert, aber kein prinzi-  
pieller zusätzlicher Faktor, um die Einheit der Wissen -  
schaft zu begründen.

Einheit der Wissenschaft heißt selbstverständlich Einheit von Verschiedenem, heißt nicht Unterschiedslosigkeit. Die Spezifik der verschiedenen Wissenschaftsgruppen (z.B. der Natur-, der Gesellschafts- oder der Technik- oder Strukturwissenschaften) geht dabei nicht verloren, darf dabei nicht bestritten werden.

Wir verstehen die bekannte Textstelle von Marx aus den ökonomisch-philosophischen Manuskripten (1844)<sup>1)</sup> über die Identität der Ausdrücke "menschliche Naturwissenschaft" und "natürliche Wissenschaft vom Menschen" nicht als logische Identität, sondern als dialektische Einheit, die sich im Prozeß verwirklicht, ohne die Unterschiede der beiden Seiten dieser Einheit aufzugeben oder zu verlieren. Wenn Marx sagt Naturwissenschaft und Gesellschaftswissenschaft (wörtlich: "Wissenschaft vom Menschen") werden eine Wissenschaft, so ist damit die Subsumierung unter eine Gemeinsamkeit gemeint, eine Gemeinsamkeit, die für uns wesentlich konstituante der Einheit der Wissenschaft ist. Aber der Sinn der Marx'schen Textstellen wird sicher durch viele Diskussionen noch allseitiger aufgehellert werden. Die entsprechenden Textstellen lauten:

1. "Die Geschichte selbst ist ein wirklicher Teil der Naturgeschichte, des Werdens der Natur zum Menschen. Die Naturwissenschaft wird später ebensowohl die Wissenschaft von dem Menschen, wie die Wissenschaft von dem Menschen die Naturwissenschaft unter sich subsumieren: es wird eine Wissenschaft sein".

2. "Wir kennen nur eine einzige Wissenschaft, die Wissenschaft der Geschichte. Die Geschichte kann von zwei Seiten aus betrachtet, in die Geschichte der Natur und die Geschichte der Menschen abgeteilt werden. Beide Seiten sind indes nicht zu trennen; solange Menschen existieren, bedingen sich Geschichte der Natur und Geschichte der Menschen gegenseitig".  
1).

Die Einheit der Wissenschaft wird auf jeden Fall - das scheint u.E. aus den Textstellen von Marx hinreichend hier hervorzugehen - nicht aus irgendwelchen ideellen Faktoren (Erkennt-

nissen, Erkenntnisprozessen, Methoden etc.) abgeleitet, sondern aus dem materiellen Lebensprozeß der Gesellschaft, deren eine spezifische Seite die bewußte geistige Tätigkeit zur Erkenntnis ist. Also folgt z.B. die heute immer stärker sichtbar werdende Tendenz der Integration der verschiedenen Wissenschaften aus diesem Sachverhalt und es ist nicht umgekehrt so, daß die Integrationstendenz Ursache der Einheit der Wissenschaft sei.

Es geht uns als Marxisten-Leninisten nicht um jegliche Art "Einheit der Wissenschaft", nicht jeder, der von irgend-einer Art Einheit der Wissenschaft spricht, kann in dieser Hinsicht als Verbündeter betrachtet werden, weder jene, die von einer angeblichen Einheit einer deutschen Wissenschaft reden, noch jene, die eine Einheit der Wissenschaft ausschließlich auf Methodologie der wissenschaftlichen Tätigkeit gründen wollen und zur Konzeption einer positivistisch begriffenen "Einheitswissenschaft" gelangen. Dazu hat F. Fiedler in seiner Studie "Einheitswissenschaft oder Einheit der Wissenschaft" gründliche Analysen vorgelegt. Das braucht hier nicht wiederholt zu werden. - Überhaupt erheben diese Darlegungen keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern wollen nur einige Aspekte erörtern und Gedanken zu einem wissenschaftlichen Meinungsstreit beisteuern.

Wenn man die Einheit der Wissenschaft aus dem Charakter der Wissenschaft als spezifischer Form gesellschaftlicher Tätigkeit ableiten will, so scheint mir diese Begründung zu schwach zu sein, da sie nicht das Spezifische der Wissenschaft erfaßt. Sicher ist es richtig - und auch notwendig zu betonen - daß zur Wissenschaft die entsprechende Tätigkeit gehört, aber Wissenschaft darauf reduzieren?

Wir wollen im Folgenden unter Wissenschaft vorwiegend das Resultat der wissenschaftlichen Tätigkeit verstehen, das stets genetisch direkt oder indirekt mit der jeweiligen Gesellschaftlichen Praxis zusammenhängt, aus ihr gewonnen wird, und das gleichzeitig mittelbar oder unmittelbar anwendungsbereit in Bezug auf die Praxis ist, also bei seinem Zustandekommen, seiner Verbreitung (Lehre) und seiner Anwen-

dung stets an gesellschaftliche Tätigkeit gebunden ist, sie erfordert. Das gilt für alle Wissenschaften, ist also schon ein Merkmal, von dem aus auf gemeinsame wesentliche Merkmale geschlossen werden kann, deren Gemeinsamkeit eben einer der die Einheit der Wissenschaften konstituierenden Faktoren ist. Insofern ist ein von der Tätigkeit des Menschen losgelöster Wissenschaftsbegriff fragwürdig. Daraus folgt aber u.E. noch nicht die Rechtfertigung einer Identifizierung der Begriffe Wissenschaft und wissenschaftliche Tätigkeit oder die Postulierung der Tätigkeit zum entscheidenden Kriterium der Wissenschaft. Eine Tätigkeit ist auch dann noch keine Wissenschaft, wenn sie systematisch und bewußt betrieben wird. So kann man z.B. m.E. nicht sagen, eine chemische, physikalische, geologische, biologische oder technische etc. Tätigkeit führe dann zur Entstehung und Begründung der betreffenden Wissenschaft, wenn sie bewußt und systematisch betrieben wird, wenn sie ein System bildet.

Erstens ist die Semantik der adjektivischen Termini "physikalisch" etc. doppeldeutig, einmal bezogen auf Objekte, die den Gegenstand der Wissenschaft bilden, zum anderen bezogen auf die gedankliche Erfassung und Analyse dieser Objekte und der daraus resultierenden ideellen Widerspiegelung in Form von Begriffen, Problemen, Aussagen, Hypothesen und Theorien, und zweitens würde, wenn man nur die zweite semantische Bedeutung dieser Termini im Auge hätte, alles auf eine Tautologie hinauslaufen: Physik wäre dann eine Wissenschaft, wenn die physikalische Tätigkeit im System erfolgte, d.h. faktisch wissenschaftlich wäre. Was aber wären dann die Kriterien dafür, wenn eine gedankliche oder auch experimentierende, messende, ja sogar nur beobachtende Tätigkeit eine wissenschaftliche Tätigkeit ist? Die Kriterien findet man nur in den spezifischen Merkmalen dieser Tätigkeit und nicht in der Tatsache, daß es gesellschaftliche Tätigkeit ist. Fiedler stellte treffend fest: " Das wissenschaftliche Erkennen, gefaßt als theoretische Aneignung der natürlichen und gesellschaftlichen Wirklichkeit, als gesellschaftlicher Prozeß der Erkenntnisgewinnung, stellt selber keine Widerspiegelung der Wirklich-

keit dar. Um es noch genauer zu sagen, die Entwicklung unseres Wissens von der objektiven Realität ist keine Widerspiegelung der Entwicklung in der objektiven Realität. Das Attribut, Widerspiegelung der objektiven Realität zu sein, kommt ausschließlich den Resultaten des wissenschaftlichen Erkennens zu ".<sup>2)</sup>

Der spezifische Unterschied der wissenschaftlichen Tätigkeit von anderen kann auch nicht aus dem Gegenstand hergeleitet werden, sondern vor allem aus dem Ziel und den angewandten Mitteln. Ziel und Mittel machen jene spezifischen Wesenszüge aus, die wissenschaftliche Tätigkeit von anderen Tätigkeiten unterscheidet, die aber zugleich in gewisser Weise gemeinsames Merkmal aller Wissenschaften sind.

Die soziale Determination der wissenschaftlichen Tätigkeit und damit auch teilweise ihrer Ergebnisse und vor allem deren Anwendung, also die soziale Funktion, ist u.E. ein wichtiger Faktor, der ebenfalls die Einheit der Wissenschaft mit konstituiert, aber es ist kein Merkmal, das für die Wissenschaft wesensspezifisch wäre, da es auch anderen Erscheinungsformen des gesellschaftlichen Bewußtseins und anderen Formen geistiger Tätigkeit zukommt ( z.B. der künstlerischen Literatur, dem Recht usw.). Daraus folgt, daß jene die Einheit der Wissenschaft konstituierenden Merkmale nicht ausschließlich aus dem spezifischen Wesen der Wissenschaft folgen, sondern auch aus jenen wesentlichen Merkmalen, die sowohl alle Wissenschaften untereinander gemeinsam haben, aber auch noch mit anderen Erscheinungsformen des gesellschaftlichen Bewußtseins teilen.

Die unter Punkt 3 erwähnte gesellschaftliche Wirksamkeit jeder Wissenschaft beinhaltet zuerst und als entscheidendes Merkmal die Produktivkraft-Funktion vieler Wissenschaften. Sie reduziert sich aber nicht darauf, da viele Wissenschaften erstens nur als indirekte, z.T. sehr vermittelte und eben nicht unmittelbare Produktivkraft wirken können (z.B. die Mathematik über andere, über die Naturwissenschaften, über die Wirtschaftswissenschaften, über die Technikwissenschaften usw.), manche auch gar nicht wie z.B. die Geschichtswissen-

schaft, die Kunstwissenschaft. Letztere haben aber durchaus gesellschaftliche Wirksamkeit, namentlich bei der Bewußtseinsentwicklung und über diese indirekt, vielfach vermittelt letztlich natürlich auch auf die Produktivkraft Mensch, da dessen Bewußtsein stets seine Produktivität beeinflusst.

Fiedler hat auf Marx' Rezension zu Damers " Die Religion des neuen Weltalters " aufmerksam gemacht und die dort enthaltene prinzipielle Bemerkung hervorgehoben, daß die Wissenschaft durch ihren Eingriff bzw. Einfluß auf das praktische Leben der Menschen ( also nicht nur ihre Produktionstätigkeit ) " neben anderen Kindereien auch dem kindischen Verhalten der Menschen zur Natur ein Ende macht " <sup>3)</sup>.

Wir möchten hier diese kurze Nebenbemerkung " neben anderen Kindereien " betonen: Hier liegt der Gedanke im Keim vor, daß die menschliche Gesellschaft durch die praktische Wirksamkeit der Wissenschaften ihr " kindisches Verhalten " überwinden, d.h. ein Niveau des gesellschaftlichen Lebens erreichen kann, das Marx mit der Reife des Erwachsenen vergleicht. Man kann ja tatsächlich die " Vorgeschichte der Menschheit " ( Engels ) mit ihrer Kindheitsphase vergleichen, wo Spontanität fast alles beherrscht, wo " Raufereien " die Form mörderischer Kriege haben, wo Interessen ausbeutender Minderheiten dominieren, nicht aber wissenschaftliche Erkenntnisse der naturgegebenen und gesellschaftlichen Erscheinungen. Hier erwächst der Wissenschaft ihre historische Aufgabe, die sie nur unter bestimmten gesellschaftlichen Bedingungen realisieren kann, nämlich solchen, da eine Klasse auftritt, die nicht deshalb die Herrschaft einer anderen stürzt, um selbst an deren Stelle zu treten, sondern überhaupt alle Klassenherrschaft, ja die Klassen selbst durch wissenschaftlich begründete gesellschaftliche Tätigkeit zu beseitigen, wie Marx und Engels sinngemäß die historische Mission der Arbeiterklasse charakterisierten.

Deshalb stimmen wir mit Fiedler überein, wenn er hervorhebt, daß die Wissenschaft " ein Ensemble sozialer Funktionen realisiert ". Daraus muß die Einheit der Wissenschaft mit abgeleitet werden, nicht nur aus einer, wenn auch der wichtigsten,

sozialen Funktion, der Produktivkraft-Funktion. Deshalb stand als Motto auf der vom Zentralkomitee der SED organisierten Konferenz der Gesellschaftswissenschaftler im Dezember 1976 der Gedanke der " gesellschaftlichen Wirksamkeit " der Gesellschaftswissenschaften im Mittelpunkt, ohne irgendeine Einschränkung.

Die Natur- und Technikwissenschaftler müssen also die in den letzten Jahren so vielfach und - völlig zu Recht - hervorgehobene besondere Bedeutung ihrer Disziplinen wegen deren Produktivkraft-Funktion einordnen in diese allgemeine und einheitliche Funktion jeder Wissenschaft, in deren " gesellschaftliche Wirksamkeit", und erkennen, daß die gesellschaftliche Wirksamkeit in gleichrangiger Weise auch andere Bereiche der gesellschaftlichen Tätigkeit des Menschen betreffen kann, ohne von minderer Bedeutung zu sein.

Der Kern der Einheit der Wissenschaften ist die Einheit von Natur- und Gesellschaftswissenschaften.

Gegenüber einzelnen Auffassungen, die These von der Einheit der Wissenschaft sei erst jetzt eine Art " Modewelle ", soll darauf verwiesen werden, daß diese sowohl theoretisch als auch praktisch bedeutsame Frage von seiten der führenden Vertreter marxistisch-leninistischer Parteien und marxistisch-leninistischer Philosophen schon seit langem vertreten wird. So hat z.B. Professor Kurt Hager, Mitglied des Politbüros und Sekretär des ZK der SED, schon vor 20 Jahren ausdrücklich bei der Diskussion um Wert und Bedeutung der Universitäten im Vergleich mit den neuen Spezialhochschulen betont, daß die Notwendigkeit und der besondere Wert der Universitäten gerade darin bestehen, durch das Zusammenwirken vieler und gerade grundverschiedener ( und nicht nur fachlich benachbarter ) Wissenschaften die " Einheit der Wissenschaft, die ja nur die Einheit der materiellen Welt widerspiegelt, ... zu wahren " <sup>4</sup>).

Das war stets ein Grundsatz marxistisch-leninistischer Wissenschaftspolitik der Partei der Arbeiterklasse. Aber erst jetzt sind einerseits die Voraussetzungen an Universitäten

und Hochschulen so weit entwickelt und andererseits die Notwendigkeit so aktuell geworden, daß nicht nur die theoretische These stärker betont wird, sondern die konkrete Zusammenarbeit als Konsequenz dieser These praktisch organisiert werden muß. Darin besteht das Neue, das der IX. Parteitag bezüglich dieser speziellen Frage herausgearbeitet hat, dasjenige, was jetzt an Universitäten und Hochschulen in der wissenschaftlichen Arbeit umgesetzt werden soll.

Diese Einheit der Wissenschaft wird von fast allen Autoren ontologisch unter Hinweis auf die Einheit des Gegenstandes, auf die Einheit der Welt in ihrer Materialität begründet<sup>5)</sup>.

Der Umstand, daß einige Wissenschaften ideelle Objekte zum Gegenstand haben (z.B. Psychologie, Rechts-, Kunst-, Religionswissenschaft, Wissenschaftswissenschaft, Logik u.a.), ist weder eine Ausnahme des Gesagten noch ein Gegenargument gegen diese Art Begründung der Einheit der Wissenschaft. Wenn wir sagen, die Einheit der Wissenschaft widerspiegelt die Einheit der Welt in ihrer Materialität, so ist damit nicht abgestritten, daß es Wissenschaften mit einem ideellen Gegenstandsbereich gibt, genauso wenig wie die These von der Einheit der Welt in ihrer Materialität die Leugnung des Bewußtseins und seiner ganzen Fülle ideeller Erscheinungen als Teil der Realität bedeutet. Zuweilen wird ja die Engels'sche These noch im vulgärmaterialistischen Sinne interpretiert, als heiße Einheit der Welt in der Materialität - alles sei materiell und das Bewußtsein, das psychische Sein existiere überhaupt nicht als eigene Qualität. Einheit der Welt in der Materialität bedeutet, daß es keinerlei Realität gibt, unabhängig und ohne materielle Grundlage, aber nicht, daß alles selbst direkt materiell sei. Sonst wäre z.B. die Grundfrage aller Philosophie höchst überflüssig. Deshalb ist die Begründung der Einheit der Wissenschaft durch die Einheit der Welt in ihrer Materialität zwar stets der notwendige weltanschauliche Ausgangspunkt jedoch noch keine hinreichende Begründung und Erklärung dieser Einheit.

Der Nachweis des erkenntnistheoretischen Wesens jeder Wissen-

schaft setzt die These von der Materialität der Welt voraus, aber reduziert sich nicht auf sie. Die Anwendung der Grundgedanken der marxistisch-leninistischen Erkenntnistheorie, namentlich der Leninschen Gedanken aus dem grundlegenden Werk "Materialismus und Empirio-kritizismus" zeigen, daß das erkenntnistheoretische Wesen jeder Wissenschaft die gedankliche Widerspiegelung von Objekten, deren cognitive Aneignung durch das menschliche Bewußtsein vermittels der Praxis (direkt oder indirekt) ist und ihrer wiederum praktischen Beherrschung dient. Dabei ist nicht entscheidend, ob die betreffende Wissenschaft direkt einen materiellen oder ideellen Gegenstand hat. Auch ideelle Objekte und Prozesse werden - wie z.B. der pädagogische Prozeß, die Bewußtseinsentwicklung, die Geschichte der Wissenschaft - selbst wissenschaftlicher Untersuchung unterzogen, um Erkenntnisse zu gewinnen, die der bewußten Lenkung und Leitung der entsprechenden Prozesse dienen. Der Leninsche Wahrheitsbegriff ist die weltanschauliche Grundlage der Wahrheitsfindung und des Wahrheitsnachweises in allen Wissenschaften. Das ist eine wesentliche Seite der Einheit der Wissenschaften.

Unabhängig von bestimmten Meinungsverschiedenheiten über den marxistischen Naturbegriff (ob z.B. wirklich "vom Menschen nicht abstrahiert werden kann, wenn von Natur gesprochen wird" während gleichzeitig zugestanden wird, "daß die Natur außerhalb vom Menschen und unabhängig von ihm existiert",<sup>6</sup>) sind sich die marxistischen Autoren im wesentlichen darüber einig, daß die Gesellschaftswissenschaften nicht von den Naturwissenschaften getrennt werden dürfen und umgekehrt. Die Gesellschaftswissenschaften können das Wesen der Gesellschaft und ihrer Geschichte nicht theoretisch erfassen, ohne die praktische Auseinandersetzung des Menschen mit der Natur, seinen Stoffwechsel mit ihr, einzubeziehen. Fiedler schreibt eine Textstelle von Marx interpretierend:

"Da die Gesellschaftswissenschaft das praktische Verhalten der Menschen zur Natur - in der Marxschen Sprache: die Industrie - aus der geschichtlichen Bewegung nicht ausschließen kann, kann sie auch nicht von der Naturwissenschaft abstra-

hieren. Denn das praktische und theoretische Verhalten der Menschen zur Natur, Industrie und Naturwissenschaft, bedingen sich wechselseitig, sind in einem solchen Grade miteinander verbunden, daß es für die Gesellschaftswissenschaft völlig unmöglich ist, sich nur mit einer Seite des menschlichen Verhaltens zur Natur zu verbinden.

Wir sehen also bereits hier, daß die Einheit der Gesellschaftswissenschaften mit der Praxis ihre Einheit mit den Naturwissenschaften impliziert und daß sich demzufolge die Einheit von Natur- und Gesellschaftswissenschaft letzten Endes nur in der Praxis begründen läßt. In diesem Sinne setzt Marx seine Kritik des Standpunkts der Junghegelianer fort, wenn er schreibt: Wie die spiritualistische, die theologische kritische Kritik " das Denken von den Sinnen, die Seele vom Leibe, sich selbst von der Welt trennt, so trennt sie die Geschichte von der Naturwissenschaft und der Industrie, so sieht sie nicht in der grob-materiellen Produktion auf der Erde, sondern in der dunstigen Wolkenbildung am Himmel die Geburtsstätte der Geschichte." Damit wird das oben Gesagte noch deutlicher. Trennt die Geschichtswissenschaft die Geschichte von der Natur, indem sie das theoretische und praktische Verhältnis des Menschen zur Natur aus dem historischen Prozeß ausschließt, dann muß sie in historischen Idealismus verfallen, und das bedeutet die Aufgabe jeder wirklichen Wissenschaft von der Gesellschaft überhaupt. Diese Kritik wird in der " Deutschen Ideologie " weitergeführt: " Die ganze bisherige Geschichtsauffassung hat diese wirkliche Basis der Geschichte entweder ganz und gar unberücksichtigt gelassen oder sie nur als eine Nebensache betrachtet, die mit dem geschichtlichen Verlauf außer allem Zusammenhang steht. Die Geschichte muß daher immer noch einem außer ihr liegenden Maßstab geschrieben werden; die wirkliche Lebensproduktion erscheint als urgeschichtlich, während das Geschichtliche als das vom gemeinen Leben getrennte, Extra-Überweltliche erscheint. Das Verhältnis der Menschen zur Natur ist hiermit von der Geschichte ausgeschlossen, wodurch der Gegensatz von Natur und Geschichte

erzeugt wird. " Mit der Erzeugung des Gegensatzes von Natur- und Gesellschaftswissenschaft erzeugt" <sup>7)</sup>.

Das andere Extrem ist eine Naturbetrachtung ohne Berücksichtigung der Wechselwirkung zur Gesellschaft, eine Naturbetrachtung, die heute in der völlig unzureichenden, einseitigen Tendenz gipfelt, zu behaupten, die sogenannte " ökologische Krise ", unsere im 20. Jahrhundert recht zugespitzte Situation im Mensch-Umwelt-Verhältnis sei eine ausschließlich oder zumindest vorwiegend natur- oder evtl. noch technikkwissenschaftliche Angelegenheit! Dabei wird gerade hieran deutlich, wie umfangreich und wie wesentlich die gesellschaftliche Komponente der Sachproblematik ist und damit die gesellschaftswissenschaftliche Komponente bei der theoretischen Erfassung und der Ausarbeitung von Lösungsvarianten sein muß.

Marx hatte schon beide Extreme im theoretischen Wesen kritisiert. Fiedler faßt seine Untersuchung in folgenden Bemerkungen zusammen:

" Marx kritisiert aber nicht nur den historischen Idealismus, weil dieser das Verhältnis zur Natur aus seiner Betrachtung ausschließt, er kritisiert umgekehrt den naturwissenschaftlichen Materialismus, weil dieser den geschichtlichen Prozeß ausschließt. Historischer Idealismus und naturwissenschaftlicher Materialismus sind also zwei Seiten einer Medaille und bedingen sich in gewisser Hinsicht. So führt der historische Idealismus bei Wahrung einer naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise der Natur notwendig zu einem - wie Marx schreibt - " abstrakt " naturwissenschaftlichen Materialismus und umgekehrt; der abstrakt naturwissenschaftliche Materialismus geht immer mit einem historischen Idealismus einher. Denn beiden philosophischen Auffassungen ist eines gemeinsam, sie können das aktive, praktische Verhältnis zwischen Mensch und Natur nicht begreifen und abstrahieren davon. Marx bemerkt zum naturwissenschaftlichen Materialismus: " Die Mängel des abstrakt naturwissenschaftlichen Materialismus, der den geschichtlichen Prozeß ausschließt, ersieht man schon aus den abstrakten und ideologischen Vorstellungen seiner Wortführer,

sobald sie sich über ihre Spezialität hinauswagen". Der historische Idealismus trennt also den Menschen von der Natur, der naturwissenschaftliche Materialismus die Natur vom Menschen. Beide sind gleichermaßen einseitig, abstrakt. Beide sind notwendig mit einer Entgegensetzung von Natur- und Gesellschaftswissenschaft verbunden. Der historische Idealismus trennt die Gesellschaftswissenschaft von der Naturwissenschaft, indem er das Verhältnis der Natur zum Menschen ausschließt und vice versa: der naturwissenschaftliche Materialismus trennt die Naturwissenschaft von der Gesellschaftswissenschaft, indem er das Verhältnis des Menschen zur Natur ausschließt. Es ist also von Marx nur konsequent, wenn er vom Boden seiner Wissenschaftsauffassung aus nicht nur den historischen Idealismus, sondern auch den naturwissenschaftlichen Materialismus kritisiert. Den wechselseitigen Zusammenhang zwischen historischem Idealismus und naturwissenschaftlichem Materialismus zeigt übrigens die ganze Geschichte des vormarxistischen Materialismus von Demokrit bis Feuerbach. Die Geschichte der Philosophie zeigt ferner, daß kein Weg vom naturwissenschaftlichen zum historischen Materialismus führt. So ist der historische Materialismus von Marx bekanntlich nicht aus einem naturwissenschaftlichen Materialismus hervorgegangen. Das gilt m.E. auch für die Gegenwart. Naturwissenschaftler, die in ihrer philosophischen Haltung naturwissenschaftliche Materialisten sind, finden aus ihrem naturwissenschaftlichen Materialismus allein - und sei er auch noch so konsequent - keinen Zugang zum historischen Materialismus und damit zum Marxismus - Leninismus. Um diesen Zugang zu gewinnen, ist es erforderlich, für die Arbeiterklasse und für den Sozialismus bewußt Partei zu ergreifen. Mit anderen Worten: Das Bekenntnis zur marxistisch-leninistischen Philosophie setzt eine bestimmte Klassenposition voraus".<sup>8)</sup>

Diese grundsätzlichen Positionen haben auch konzeptionelle Konsequenzen für die Arbeit der Wissenschaftshistoriker. Wissenschaftsgeschichte muß die Gesamtheit aller Wissenschaften erfassen und namentlich ihre Wechselwirkungen herausarbeiten. S. Wollgast bemerkt sehr treffend: "Wer Wissen -

schaftsgeschichte nur als Geschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin faßt, beharrt m.E. auf dem bürgerlichen Standpunkt. Er trennt die Einheit der Wissenschaften. Und diese ist keine Erfindung der Marxisten. Seit ihrem Entstehen haben sich die Naturwissenschaften im engen Konnex mit den Gesellschaftswissenschaften entwickelt".<sup>9)</sup>

Wir stimmen auch seinen Schlußfolgerungen zu, die er zieht: " Es ist also erstens nicht einzusehen, weshalb unter Wissenschaftsgeschichte noch immer vielfach lediglich Geschichte der Naturwissenschaften und der Mathematik verstanden wird. Wissenschaftsgeschichte, schon rein historiographisch gesehen, ist ohne enge Beziehung zur Philosophie letztlich unmöglich.

Wenn man von der notwendigen Verbindung von Wissenschafts- und Philosophiegeschichte spricht, so ist die Verbindung beider Gebiete zur Geschichte der Technik ebenso unumgänglich. Auch eine " Geschichte der Produktivkräfte " gewinnt durch ihre Verbindung ( nicht Identifizierung ) mit der Philosophiegeschichte entscheidend an Aussagekraft und Wirkungsvermögen. Zweitens wird ohne die Beachtung der Leistungen der Vergangenheit eine Prognose für die Zukunft zumindest erschwert. Ideologische und überhaupt theoretische Entwicklungslinien lassen sich nur erschließen, wenn sie die Denkansätze der Vergangenheit beachten, die sich daraus ergebenden Lehren verarbeiten und auf ihnen basieren".<sup>10)</sup>

Marx, Engels und Lenin verkörperten persönlich in gewissem Maße die Einheit von Natur- und Gesellschaftswissenschaften. J. Kuczynski betonte, daß sie diese Einheit nie als Problem betrachtet hätten, eher als selbstverständliches Erfordernis wissenschaftlicher Bildung und Reife, etwa ebenso wie früher Plato, Aristoteles, Bacon, Leibniz, Descartes, Diderot, d'Alembert oder Kant, Goethe und Hegel<sup>11)</sup>, " Die ganze Problematik kam erst auf", führt Kuczynski aus, " als der Kapitalismus im Laufe seiner Entwicklung mehr und mehr Aufmerksamkeit den Naturwissenschaften als profitbringender Produktivkraft widmete, während die herrschende Klasse die Gesellschaftswissenschaften zur Apologetik ihrer Herrschaftsweise herabwürdigte ".<sup>12)</sup>

Die Einheit von Natur und Gesellschaft - sowohl in ihrer Materialität als auch im dialektischen Charakter ihrer Struktur und Geschichte - ist die Basis der Einheit der entsprechenden Wissenschaften. Diese Einheit hebt aber nicht ihre Unterschiede auf. So wird es eben z.B. keine "Physik der Gesellschaft" geben. So wertvoll Analogien in Struktur und Bewegung und deren Erkenntnis sind - die Ablehnung ihres heuristischen Erkenntniswertes wäre ein schädliches Extrem -, genauso wichtig ist es, ihre Grenzen zu erkennen, d.h. die qualitativen Besonderheiten zu beachten, die Natur und Gesellschaft voneinander abgrenzen und unterscheiden. Das heißtz.B. praktisch die Anwendung von Struktur- und Verhaltensanalogien aus der Natur auf die Gesellschaft nicht zur Übertragung, zur Identifizierung werden zu lassen, nicht eine "Quantengesellschaft", eine "Ameisengesellschaft" usw. zu postulieren, nicht zum Biologismus ( Reduzierung gesellschaftlicher Gesetze auf biologische ) zu gelangen. Die objektiv vorhandene Gemeinsamkeit wird über die objektive Dialektik vermittelt, woraus die Bedeutung der Dialektik als philosophischer Teildisziplin für die bewußte Zusammenarbeit von Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern erwächst.

Dabei ist das Historische bei der Erforschung des Gesellschaftlichen wohl im allgemeinen noch wichtiger als bei der Erforschung naturgegebener Erscheinungen. Kuczynski bemerkt treffend: " Die Gesetze der Bewegung der Planeten können ebenso ohne historische Studien gefunden werden wie der Grad, der die Umwandlung von Wasser in Eis oder Dampf unter gegebenen Bedingungen herbeiführt oder die chemische Zusammensetzung eines Pulvers. Wir können aber ein gesellschaftliches Phänomen wie die Arbeiterklasse in der DDR nicht analysieren, ohne um ihre Vergangenheit zu wissen ..."<sup>13)</sup>. Es ist dies aber kein prinzipieller, sondern nur ein gradueller Unterschied, denn eine vollständige wissenschaftliche Erklärung jedes beliebigen Objektes - ganz gleich, ob naturgegeben oder gesellschaftlich - erfordert die Erkenntnis seiner Genesis, seiner Geschichte.

Natur und Gesellschaft bilden eine dialektische Einheit von qualitativ unterschiedlichen Realitätsbereichen, die grundlegende Gemeinsamkeit haben:

erstens die Materialität ihrer Existenz ( woraus nicht folgt, daß absolut alles materiell sei, sondern daß alles auf materiellen Grundlagen beruht),

zweitens ihre Historizität, alle Erscheinungen in Natur und Gesellschaft haben ihre Geschichte, die aus der Entwicklung und deren allgemeinen Grundgesetzen resultiert, die für alle Realitätsbereiche gelten ( objektive Dialektik der Natur und der Gesellschaft), und

drittens gewisse allgemeine Struktur- und Systemeigenschaften, die ebenfalls dialektischer Natur sind, aber zusätzlich mengenmäßige und andere Relationen aufweisen, die von den allgemeinen Strukturwissenschaften (z.B. Mathematik und Kybernetik, die ja keine Einzelwissenschaften von der Natur wie etwa Physik oder Chemie sind) erforscht werden und gerade wegen ihrer Allgemeinheit in den Gegenständen verschiedener Wissenschaften, gerade auch der Gesellschaftswissenschaften, objektiv vorhanden sind und erkannt werden müssen, um auch die strukturellen und quantitativen Seiten der entsprechenden Gesetzmäßigkeiten exakt zu erfassen und zu beherrschen.

Darauf beruht die Einheit von Natur- und Gesellschaftswissenschaften. Sie hat also primär in der objektiven Realität ihre Grundlage, sie bezieht sich aber auch auf ideelle Merkmale, auf spezifische Züge der wissenschaftlichen Tätigkeit und ihrer Ergebnisse.

Die Unterschiedlichkeit zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaften besteht stets in Einheit mit ihren Gemeinsamkeiten, jedoch gibt es eine verschiedene Gewichtung. Prinzipielle Gemeinsamkeiten gibt es hinsichtlich folgender Ebenen:

1. die gesellschaftliche Bedingtheit beider
2. ihre gesellschaftliche Wirksamkeit
3. die qualitativen Spezifika der wissenschaftlichen Tätigkeit
4. die Anwendung der erkannten allgemeingültigen dialektischen, strukturellen, systembezogenen, mengenmäßigen

(mathematischen) Gesetzmäßigkeiten und Relationen auf jeweilige unterschiedliche und konkrete Bereiche aus Natur und Gesellschaft.

Die Punkte 1.-3. sind ihrer Natur nach gesellschaftliche Probleme, unterliegen gesellschaftswissenschaftlichen bzw. philosophischen Disziplinen zur Erforschung. Die gesellschaftliche Wirkung jeder naturwissenschaftlichen Forschung ist stets primär kein naturwissenschaftliches, sondern ein gesellschaftswissenschaftliches Problem.

Der Punkt 4 umfaßt sowohl philosophische als auch mathematische, kybernetische und andere Probleme, wobei gerade auch Erfahrungen verschiedenster Einzelwissenschaften untereinander auswertbar, anwendbar und lehrreich sind, wo die Anwendung der Modellmethode und das abgewogene Studium von Analogien und deren mathematische Modellierung großen heuristischen Wert haben kann. Darauf wird im vorliegenden Material an konkreten Beispielen eingegangen.

#### Literatur

- 1) Vgl. Marx, K., in: Ergänzungsband, MEW, 1. Teil, S. 543/544
- 2) Fiedler, Frank, " Einheitswissenschaft oder Einheit der Wissenschaft?, Dietz Verlag, Berlin 1971, S. 49
- 3) Vgl. Marx, K., in: MEW, Bd. 7, S. 202
- 4) Vgl. Hager, K., in: Forum, Nr. 16/1956, Beilage, S. 11) " Die Deutsche Universität und der Aufbau des Sozialismus "
- 5) Vgl. dazu
  - Albrecht, E., " Gedanken zur Einheit der Wissenschaft ", Greifswald 1965, S. 8
  - Parthey, H./Wahl, D., " Die experimentelle Methode in Natur- und Gesellschaftswissenschaften ", 1966, S. 226;
  - Rochhausen, " Die Klassifikation der Wissenschaft als philosophisches Problem, 1968, S. 40;
  - Fiedler, F., a. a. O., S. 206 f;
  - Kosing, " Über die Einheit von Natur- und Gesellschaftswissenschaften", in: DZfPh, Nr. 6/1964

- 6) Fiedler, F., a.a.O., S. 197, S. 202
- 7) Ebenda, S.210/211
- 8) Ebenda, S.212/213
- 9) Wollgast, S., " Zum Verhältnis von Wissenschafts- und Philosophiegeschichte ", in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Ges.-Sprachw.Reihe, XXV (1976) 1, S.37
- 10) Ebenda, S. 42
- 11) Vgl. Kuczynski, J., " Die Einheit der Wissenschaft - Zur Zusammenarbeit von Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern ", Vortrag auf der Jahreshaupttagung der Physikalischen Gesellschaft 1975.
- 12) Ebenda
- 13) Ebenda

Beiträge der Physik zur mathematischen Modellierung gesellschaftlicher Prozesse.

Von Werner Ebeling, Sektion Physik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock.

## 1. Einleitung

Die Methode der mathematischen Modellierung von Prozessen gehört ohne Zweifel zu den fruchtbarsten Methoden der wissenschaftlichen Forschung. Im folgenden verstehen wir unter mathematischer Modellierung die angenäherte Beschreibung wesentlicher Züge realer Prozesse unter Verwendung der Sprache der Mathematik. Die Methode der mathematischen Modellierung entstand am Anfang des 17. Jahrhunderts bei der Untersuchung physikalischer Prozesse. Galileo Galilei (1564-1642) war vermutlich der erste Forscher, der planmäßig experimentierte und davon ausgehend physikalische Gesetze mathematisch formulierte. Er zeigte u.a., daß die beim freien Fall erreichten Geschwindigkeiten  $v$  linear mit der Fallzeit, die zurückgelegten Wegstrecken  $S$  quadratisch mit der Zeit anwachsen

$$v = gt \quad ; \quad s = \frac{g}{2} t^2 \quad (1)$$

Galileos Methode wurde von Isaac Newton (1643-1727) in genialer Weise verallgemeinert. Die von Newton formulierten Gesetze stellen ein mathematisches Modell der mechanischen Bewegungen dar. Newtons Hauptwerk die "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" kann als die eigentliche Grundlegung der Methode der mathematischen Modellierung betrachtet werden. In dem Maße, wie sich unsere physikalischen Kenntnisse erweiterten und vertieften, wurden auch die mathematischen Modelle vervollkommen. Wesentliche Stationen waren die Formulierung der Gesetze des elektromagnetischen Feldes durch James C. Maxwell (1831-1879), der Gesetze der Thermodynamik durch Rudolf Clausius (1822-1888) und Max Planck (1858-1947), der Gesetze der statistischen Physik durch Ludwig Boltzmann (1844-1906) und Josiah W. Gibbs (1839-1908), der Relativitätstheorie

durch Albert Einstein (1879-1955) und der Quantenmechanik durch Niels Bohr (1885-1962), Erwin Schrödinger (1887-1961) und Werner Heisenberg (1901-1976). Diese Modelle bewiesen ihre große heuristische Kraft durch die Vorhersage neuer bisher unbekannter Tatsachen und durch erfolgreiche Anwendung bei der Lösung von Problemen der Praxis. Man muß sich bewußt machen, daß heute die Konstruktion von Brücken, Hochhäusern, Kraftfahrzeugen und Flugzeugen sowie der Entwurf elektrotechnischer, metallurgischer und chemischer Großanlagen ohne Verwendung der obigen physikalischen Modelle undenkbar wäre.

Das Anwendungsgebiet der Methode der mathematischen Modelle erweiterte sich in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts von der Physik auf andere Naturwissenschaften, z.B. auf die Chemie, Biologie, Geologie und Meteorologie. Hierbei haben die Erfahrungen der theoretischen Physik zweifellos eine bedeutende Rolle gespielt. Wir erinnern an solche bedeutenden theoretischen Physiker wie Bohr, Heitler, London, Delbrück, Schrödinger und Prigogine, die wesentlich zur theoretischen Modellierung chemischer und biologischer Prozesse beigetragen haben.

Die Beschreibung gesellschaftlicher Prozesse durch mathematische Modelle steht erst am Beginn. Nur in der Ökonomie, als derjenigen Gesellschaftswissenschaft, die in hohem Maße quantitative Kennziffern verwendet, werden schon seit längerer Zeit mathematische Methoden verwendet. Die fundamentalen Arbeiten der Klassiker des Marxismus-Leninismus waren auch in dieser Hinsicht von großer Bedeutung. Karl Marx verwendete mathematische Ansätze für das Studium der einfachen und erweiterten Reproduktion. Eine Variante des Marx'schen Modells der erweiterten Reproduktion wurde durch W.I. Lenin weiterentwickelt. Von großem Einfluß auf die Entwicklung des mathematischen Apparates hatten die seit 1937 erscheinenden Arbeiten des Mathematikers und Physikers J.v. Neumann über Fragen der Modellierung ökonomischer Prozesse und die Anwendungen der Spieltheorie. In den 50er Jahren werden weiterhin die sehr erfolgreichen Methoden der linearen Programmierung und

andere Optimierungsmethoden entwickelt (K.J.Arrow, G.Danzig, G.Debreu, L.W.Kantorovich, T.C. Koopmans, W.Leontiew, L.S. Pontrjagin, P.A.Samuelson u.a.). Die Aufstellung hinreichend genauer mathematischer Modelle für ökonomische Prozesse und die Formulierung von Kriterien, mit denen die Effektivität volkswirtschaftlicher Entscheidungen bewertet werden kann, sind der Gegenstand der modernen Optimalplanung der sozialistischen Volkswirtschaft. Die Grundsätze der Optimalplanung gehen wesentlich auf die Leninpreisträger L.W.Kantorovich, W.S. Nemtchinov und W.W. Nowoschilov zurück (siehe z.B.<sup>2)</sup>). In den letzten Jahrzehnten werden mathematische Methoden immer erfolgreicher zur Lösung praktischer ökonomischer Probleme herangezogen. Der bekannte sowjetische Mathematiker und Ökonom N.N. Moissejew<sup>2)</sup> ist der Auffassung, daß sich das Eindringen naturwissenschaftlicher Methoden in die Gesellschaftswissenschaften verstärken wird und daß man die jahrhundertealten Erfahrungen der Physik hierfür fruchtbar machen kann. Er sagt: " Wahrscheinlich wird sich vieles wiederholen, womit wir bei der Herausbildung der Methodologie der modernen Physik konfrontiert wurden. Mit jedem Jahrzehnt wird die Mathematik tiefer und tiefer in die Methodologie der Erforschung in der menschlichen Gesellschaft ablaufender Prozesse eindringen, und offenbar werden diese Prozesse mehr und mehr mittels mathematischer Modelle erforscht werden. Doch muß man sich darüber im klaren sein, daß ein riesiger Unterschied zwischen den Prozessen besteht, die wir in der Physik untersuchen und den Prozessen, die in der Gesellschaft ablaufen... Zur Untersuchung gesellschaftlicher Erscheinungen müssen wir der Tatsache Rechnung tragen, daß jedes Mitglied des untersuchten Kollektivs bestimmte Möglichkeiten besitzt, Informationen zu verarbeiten und eine Entscheidung zu fällen: Es besitzt einen Willen.... Mit anderen Worten, gesellschaftliche Prozesse sind (auf dieser oder jener Stufe) gesteuerte Prozesse ". Mit diesen Worten weist Moissejew auf den Steuerungsaspekt hin, der Gegenstand der Kybernetik ist. Das Eindringen der Methoden der Kybernetik in die Gesellschaftswissenschaften hat den

Prozess der mathematischen Modellierung sehr stark vorange-  
trieben. So kam es zur Entwicklung eines neuen Wissenschafts-  
zweiges, der ökonomischen Kybernetik, die sich sehr weitge-  
hend mathematischer Methoden bedient <sup>2)5)6)</sup>. Nach Bagrinow-  
ski <sup>2)</sup> ist " die ökonomische Kybernetik die angewandte  
Wissenschaft, die die Methoden zur Steuerung komplizierter  
ökonomischer Systeme unter Einsatz der Mittel untersucht, die  
von der theoretischen Kybernetik ausgearbeitet wurden " .

Aus den obigen Ausführungen geht hervor, daß die Physik zur  
Ausarbeitung mathematischer Modelle gesellschaftlicher Pro-  
zesse, die in erster Linie eine Aufgabe der Gesellschafts-  
wissenschaftler ist, nicht mehr als einige Bausteine bei-  
tragen kann. Sinnvolle Beiträge könnten u.E. darin bestehen,  
auf mathematische Strukturen hinzuweisen, die sich in der  
Physik bei der Beschreibung dynamischer Prozesse bewährt  
haben und sie für eine eventuelle Verwendung im Rahmen der  
Gesellschaftswissenschaften aufzuarbeiten. Weiterhin ist es  
u.E. sinnvoll, bestimmte Analogien gesellschaftlicher Teil-  
prozesse zu physikalischen Prozessen zu verfolgen.

Bagrinowski <sup>2)</sup> bemerkt dazu: " Die Methode der mathemati-  
schen Modellierung ermöglicht es, verschiedene Erscheinungen  
und Prozesse zu vergleichen, die in Natur und Gesellschaft  
unter objektiven Bedingungen auftreten und Gemeinsamkeiten  
in ihnen zu entdecken. Wenn sich eine Analogie in den mathe-  
matischen Modellen verschiedener Prozesse herausstellt, kön-  
nen sie erfolgreich zur Lösung von Aufgaben sowohl auf dem  
einen Wissensgebiet als auch für ähnliche Situationen auf  
anderen Gebieten herangezogen werden. " Diese These erinnert  
an Engels bekannte Bemerkung: <sup>7)</sup> " Geschichte (verläuft)  
nach Art eines Naturprozesses und ist auch wesentlich den -  
selben Bewegungsgesetzen unterworfen". Die Entwicklung einer  
allgemeinen Theorie dynamischer Systeme ist Gegenstand spe-  
zieller mathematischer Disziplinen, die sich in letzter Zeit  
formaler insbesondere der Systemtheorie <sup>8)9)10)</sup> und der  
Automatentheorie <sup>11)</sup>.

## 2. Zustand und Dynamik

Ähnlich wie in der Physik <sup>12)13)14)</sup> soll vorausgesetzt werden, daß der Zustand des betrachteten Systems zur Zeit  $t$  durch eine Zustandsvariable  $x(t)$  ausdrücken läßt. Hierbei sei vorausgesetzt, daß  $x(t)$  entweder ein Vektor mit  $f$  Komponenten ( $f$ -Anzahl der Freiheitsgrade) oder im allgemeineren Fall das Element eines metrischen Raumes darstellt. Die Menge aller möglichen Zustände des Systems nennen wir den Zustandsraum bzw. den Phasenraum des Systems und bezeichnen ihn mit dem Buchstaben  $X$ . Der Zustandsraum kann stetigen oder diskreten Charakter tragen. Es sei nun vorausgesetzt, daß sich die zeitliche Entwicklung des Systems bei passender Wahl der Zustandsvariablen durch die folgende Abbildung beschreiben läßt <sup>9)10)</sup>

$$x(t+\Delta t) = T(x(t); u(\tau); \Delta t)$$
$$t \leq \tau \leq t + \Delta t \quad (2)$$

Hierbei beschreibt  $T$  den Operator der Abbildung und  $u(\tau)$  die Eingangsgrößen des Systems zur Zeit  $\tau$ . Häufig bezeichnet man die Größen  $u(\tau)$  auch als Kontrollparameter des Systems und den dadurch aufgespannten Raum als Kontrollraum. Die Zeitvariable soll in dieser Arbeit immer als kontinuierliche Variable angesehen werden. Der Zustandsraum  $X$  und die Abbildung  $T$  heißen das dynamische Modell des betrachteten Systems. Wenn die Abbildung  $T$  eindeutig ist, spricht man von einem determinierten Modell und im Fall einer mehrdeutigen Abbildung  $T$  von einem stochastischen Modell.

Für den Fall, daß man sich nicht für den inneren Zustand des betrachteten Systems aber sehr für seine Reaktionen interessiert, wählt man als Beschreibungsweise die sogenannten funktionalen Modelle. Bezeichnet  $y(t)$  die Ausgangsvariable bzw. den Vektor der Ausgänge und  $u(t)$  wie bisher die Eingangsvariable bzw. den Vektor der Eingänge, so nennt man Beziehungen der Art

$$y(t) = L(u(\tau); \tau \leq t) \quad (3)$$

oder

$$y(t) = L(x(t_0); u(\tau); t_0 \leq \tau \leq t)$$

funktionale Modelle des betrachteten dynamischen Systems<sup>(4)</sup>.  
Hier bezeichnet  $L$  den Operator der betreffenden Abbildungen

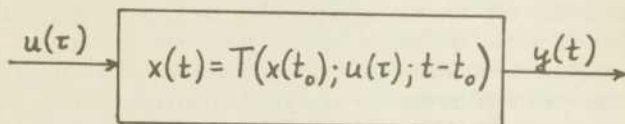


Fig.1 Schema der dynamischen und funktionalen Modelle eines Systems.

Im Rahmen dieser Untersuchung interessieren wir uns weniger für den funktionellen Aspekt, der sicher eine engere Beziehung zur Nachrichtentechnik hat, als für den dynamischen Aspekt, der dem Physiker viel eher einen Ansatzpunkt bietet. Im folgenden werden daher nur dynamische Modelle betrachtet. Die praktische Berechnung der Zustandsvariablen  $x(t)$  als Funktion der Zeit erfordert die Lösung der Bestimmungsgleichung (2). Die Lösbarkeit dieser Aufgabe hängt entscheidend mit von der Anzahl der Freiheitsgrade des Systems ab. Auf Grund der Vielzahl der an gesellschaftlichen Prozessen beteiligten Menschen und sonstigen Faktoren haben diese Systeme natürlich streng genommen eine sehr große Zahl von Freiheitsgraden. In der Physik der Systeme vieler Teilchen hat man es mit einem ähnlichen Problem zu tun. Hier erwies sich das von Lev D. Landau eingeführte Konzept der Ordnungsparameter als außerordentlich nützlich. Es konnte gezeigt werden, daß sich die wesentlichen Eigenschaften des Gesamtsystems bereits durch einen bzw. einige wenige Ordnungsparameter charakterisieren lassen. Übertragen wir auf gesellschaftliche Prozesse, besteht eine der Hauptaufgaben folglich zunächst darin, die angemessenen Variablen (Ordnungsparameter) für die Beschreibung gesellschaftlicher Prozesse zu finden. Eine dieser wesentli-

chen Variablen dürfte sicher der Wert im Sinne von Marx<sup>7)</sup> sein.

### 3. Deterministische Modelle.

Betrachten wir zunächst den Fall, daß die Abbildung (2) eindeutig und stetig ist, und für kleine  $\Delta t$  die Entwicklung besitzt

$$x(t + \Delta t) = x(t) + f(x(t); u(\tau))\Delta t + O(\Delta t^2) \quad (5)$$

Unter Einführung des zeitlichen Differentialquotienten finden wir die Differentialgleichung erster Ordnung bezüglich der Zeit

$$\frac{d}{dt} x(t) = f(x(t); u(t)) \quad (6)$$

Hierbei kann es sich um ein System gewöhnlicher oder partieller Differentialgleichungen handeln. Eventuelle Randbedingungen können als Eingänge aufgefaßt werden. Gelingt es, die Lösung der Differentialgleichung (6) bei gegebenen Anfangsbedingungen  $x(t_0)$  und gegebenen Eingängen zu finden, so wird das betreffende dynamische Problem als gelöst betrachtet. Der zeitliche Verlauf der Zustandsvariablen kann als Trajektorie im Zustandsraum  $X$  dargestellt werden.

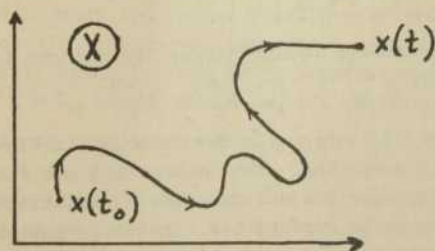


Fig. 2 Die zeitliche Entwicklung des Zustandes als Trajektorien im Zustandsraum

Die Darstellung der zeitlichen Entwicklung des Systems durch Trajektorien im Zustandsraum macht die formalen Analogien zu physikalischen Modellen besonders deutlich. Diese Geometrisierung des dynamischen Problems geht insbesondere auf Poincaré zurück, der diese Methode für das Studium der Bewegungen von Himmelskörpern entwickelte. Die Methode von Poincaré hat nicht nur außerordentlich erfolgreiche Anwendungen in der Physik gefunden (Andronov, Witt, Chaikin, Bogoljubow, Prigogine usw; vgl. <sup>12)13)14)</sup> und die dort zitierte Literatur) sondern führte auch zur Entwicklung einer speziellen mathematischen Disziplin, der qualitativen Theorie der Differentialgleichungen <sup>15)16)17)</sup>. Diese Theorie geht von einer qualitativen topologischen Analyse der Trajektorien aus; eine ihrer wichtigsten Aufgaben ist die Untersuchung von Verzweigungen (Bifurkationen) der Lösungen. Man spricht von Verzweigungen, wenn sich beim Überschreiten kritischer Werte der Parameter  $u$  die Struktur des Systems der Trajektorien qualitativ ändert.

Zur Illustration des Gesagten untersuchen wir als Beispiel die Differentialgleichungen des Reaktionssystems von Prigogine und Lefever <sup>12)13)</sup>

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}x_1 &= u_1 - (u_2 + 1)x_1 + u_2 x_1^2 x_2 \\ \frac{d}{dt}x_2 &= x_1 - x_1^2 x_2 \end{aligned} \quad (7)$$

Die einzige stationäre Lösung dieser Gleichungen ist

$$x_1^{(s)} = u_1 \quad ; \quad x_2^{(s)} = u_1^{-1}$$

Für  $u_2 < (u_1^2 + 1)$  laufen alle Trajektorien in diesen Punkt ein ( stabile Strudel bzw. stabile Knoten ) und für  $u_2 > (u_1^2 + 1)$  laufen alle Trajektorien aus dem stationären Punkt aus ( instabile Strudel bzw. instabile Knoten). In den zuletztgenannten instabilen Regimen beobachtet man die Ausbildung geschlossener Trajektorien, sogenannter Grenzzyklen, die selbsterregten Schwingungen des Systems entsprechen.

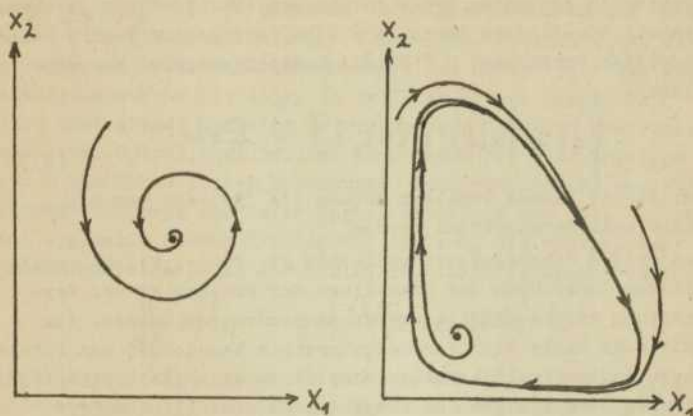


Fig.3 Qualitativer Verlauf der Trajektorien des Reaktionssystems (7) für  $u_2=0,5$  (stabiler Strudel) und  $u_2=8$  (instabiler Knoten und Ausbildung eines Grenzyklus)  
 $u_1=1$

Man nennt einen stationären Punkt dann stabil, wenn alle Trajektorien, die für  $t=t_0$  in seiner Nachbarschaft liegen, für alle Zeiten  $t>t_0$  in der Nachbarschaft bleiben oder sogar in den Punkt einmünden. Stabile stationäre Punkte werden auch als Attraktoren bezeichnet. Eine Trajektorie heißt stabil, wenn alle für  $t=t_0$  benachbarten Trajektorien auch für  $t>t_0$  in der Nachbarschaft bleiben.

Für die Lösung konkreter Probleme der Planung gesellschaftlicher Prozesse, ist man an einer Optimierung des Verlaufes der Trajektorien interessiert. Wie oben gezeigt wurde, sind die Trajektorien durch die Anfangsbedingungen und durch die Größe und Zeitabhängigkeit der Eingangsgrößen  $u(t)$  vollständig bestimmt. Die Eingangsgrößen werden in der mathematischen Ökonomie häufig als Instrumente bezeichnet<sup>18)</sup>. Das Problem besteht also darin, durch eine passende Wahl der

Zeitabhängigkeit der Instrumente  $u(t)$ , die Trajektorie des Systems in optimaler Weise zu steuern. Mathematisch gesehen, besteht die Aufgabe darin, für eine vorgegebene Zeit  $T$  ein gegebenes Funktional  $U$  (Nützlichkeitsfunktional zu optimieren

$$\int_{t_0}^{t_0+T} dt U[x(t); u(t); t] = \text{Extr.} \quad (8)$$

Zur Lösung dieses Problems können die Theoreme von L.S. Pontrjagin herangezogen werden<sup>19)</sup>.

Von großem Interesse ist weiterhin die Frage, welche qualitativen Änderungen des Charakters der Bewegungen bei Veränderung der Kontrollparameter  $u$  auftreten können. Als kritische Werte oder Verzweigungswerte bezeichnet man solche Werte der Kontrollparameter, bei denen sich die topologische Struktur des Systems der Trajektorien wesentlich ändert. Die moderne Theorie der Bifurkationen ist in der Lage, die auftretenden Möglichkeiten zu klassifizieren und weitgehende qualitative Aussagen zu treffen.<sup>10)15)16)17)</sup>. Eine zentrale Rolle spielt dabei der von Andronov und Pontrjagin eingeführte Begriff der strukturellen Stabilität. Ein dynamisches System wird als strukturell stabil bezeichnet, wenn das modifizierte System

$$\frac{d}{dt} x(t) = f(x(t); u(t)) + \delta f(x(t)) \quad (9)$$

unter der Voraussetzung, daß  $\delta f$  und seine Ableitungen genügend klein sind, ein topologisch äquivalentes Trajektoriensystem besitzt wie das Originalsystem (6).

Wir wollen uns vorstellen, daß die Änderung der Dynamik auf eine kleine Änderung der Kontrollparameter  $\delta u$  zurückzuführen ist  $\delta f = f' \delta u$ . In der Menge  $D$  der Kontrollparameter  $u$  (Kontrollraum) läßt sich dann eine offene Menge  $S$  definieren, die zu strukturell stabilen Systemen korrespondiert, sowie eine dazu komplementäre Menge  $K = D - S$  die Bifurkationsmenge der Parameterwerte. In dem oben

betrachteten Beispiel ist die Bifurkationsmenge durch die Kurve  $u_2 = u_1^2 + 1$  gegeben. Im allgemeinen kann man sich  $K$  als eine Fläche im Raum  $D$  vorstellen. Überschreiten die Parameterwerte die Bifurkationsmenge, so ändert sich das Trajektoriensystem qualitativ. Im Fall des obigen Beispiels gehen auslaufende Spiralen in einlaufende Spiralen über, bzw. umgekehrt. Solche qualitativen Änderungen des Bewegungstyps werden als Katastrophen bezeichnet. Eine vollständig ausgearbeitete Theorie der Katastrophen existiert zur Zeit nur für eine spezielle Klasse dynamischer Systeme, die sogenannten Gradientensysteme, die durch Differentialgleichungen vom Typ

$$\frac{d}{dt} x(t) = -\text{grad} V(x(t); u(t); t) \quad (10)$$

beschrieben werden. Diese Theorie, welche bereits eine große Zahl interessanter Anwendungen gefunden hat, stammt von dem französischen Mathematiker René Thom<sup>20</sup>). Die stationären Lösungen der Gl.(10) korrespondieren zu den Maxima, Minima und Sattelpunkten der Flächen  $V = \text{const}$ ; stabile Zustände entsprechen den Minima. Besitzt das System entartete lokale Extrema, d.h. neben den ersten Ableitungen verschwindet auch die Determinante der zweiten Ableitungen,

$$\frac{\partial V}{\partial x_i} = 0 \quad ; \quad \det \left( \frac{\partial^2 V}{\partial x_i \partial x_j} \right) = 0$$

so ist es strukturell nicht stabil, da die Form der Trajektorien empfindlich auf kleine Variationen  $\delta V$  reagiert. Durch Untersuchung der einfachsten Fälle, die durch Polynome niedriger Ordnung realisiert werden, gelingt Thom eine Klassifikation der möglichen Katastrophen, z.B. gibt es nur 7 verschiedene elementare Katastrophen für den Fall, daß die Anzahl der Kontrollparameter nicht höher als 4 ist. Kritische Anwendungen der Katastrophentheorie auf das Studium von Modellen gesellschaftlicher Prozesse versprechen zweifellos interessante neue Ergebnisse und ermöglichen allgemeine strukturelle Aussagen. Ein unkritisches und rein spekulatives Herangehen an diese Fragen, wie man es in letzter Zeit immer häufiger besonders in der populärwissenschaftlichen Literatur findet,

kann ein solches Vorhaben jedoch nur diskreditieren. Nach unserer Auffassung sollten entsprechende Untersuchungen stets von sorgfältig geprüften mathematischen Modellen ausgehen. Leider zeigen vorliegende Erfahrungen, daß mehrdimensionale dynamische Systeme in der Regel nicht vom Gradiententyp sind, u.a. auch das System (7), man sollte sich daher vor einer Überschätzung der Möglichkeiten der Katastrophentheorie hüten. Im Hinblick auf die Klassifizierung qualitativer Übergänge könnte sich der Vergleich mit thermodynamischen Phasenübergängen als sehr fruchtbar erweisen, wie entsprechende Erfahrungen bei der Anwendung dieser Konzepte in Chemie und Biologie zeigen<sup>12)13)14)</sup>.

#### 4. Stochastische Modelle.

Betrachten wir nun den Fall, daß die durch Gl.(2) gegebene Dynamik des Modells einer nichteindeutigen Abbildung entspricht, d.h. die Evolution des Systems ist nicht eindeutig determiniert sondern trägt statistischen Charakter. An die Stelle einer Trajektorie treten viele mögliche Trajektorien (Fig.4). Die Wahrscheinlichkeiten für den Übergang von Zustand  $x_0$  zur Zeit  $t$  zu einem Zustand  $x$  zur Zeit  $t+\Delta t$  seien

$$p = p(x, t+\Delta t | x_0, t; u(\tau)) ; t \leq \tau \leq t+\Delta t \quad (11)$$

( $x$  und  $x_0$  seien hier und im folgenden Elemente eines Vektorraumes  $X$ ).

Da die Übergänge Zeit erfordern, ist im allgemeinen die Annahme gerechtfertigt

$$p = \delta(x-x_0) + W(x|x_0; u(t))\Delta t + O(\Delta t^2). \quad (12)$$

Die Wahrscheinlichkeit, einen Zustand  $x$  zur Zeit  $t$  zu finden, entwickelt sich gemäß

$$P(x, t + \Delta t) = \int dx_0 p(x, t + \Delta t | x_0, t; u(\tau)) P(x_0, t) \quad (13)$$

Durch Einsetzen der Annahme (12) erhält man

$$\frac{\partial}{\partial t} P(x, t) = \int dx_0 W(x | x_0; u(t)) P(x_0, t) \quad (14)$$

Die Integrodifferentialgleichung (14), die man mit Hilfe eines linearen Operators  $W$  formal auch schreiben kann

$$\frac{\partial}{\partial t} P(x, t) = W P(x, t) \quad (15)$$

betrachten wir als Grundgleichung der Dynamik stochastischer Modelle und nennen sie wie in der Physik die Master-Gleichung. Die stochastische Gleichung (15) ist das Analogon der deterministischen Gleichung (6). Besitzt man von einem Originalsystem ein deterministisches und ein stochastisches Modell, so muß die Konsistenz beider Bilder gefordert werden. Wir verlangen, daß die mittlere Trajektorie des stochastischen Modells

$$\bar{x}(t) = \int x P(x, t) dx \quad (16)$$

in hinreichend guter Übereinstimmung mit der Trajektorie des deterministischen Modells ist.

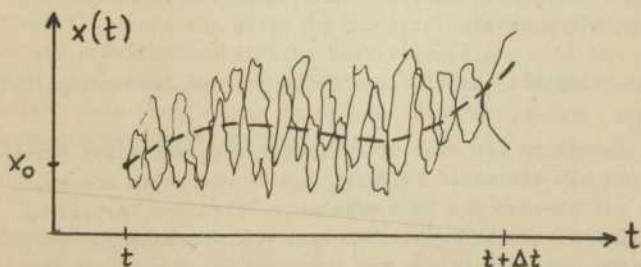


Fig.4 Stochastische Trajektorien und deterministische Trajektorie ( gestrichelt).

Liegt bereits ein gutes deterministisches Modell des Systems in Form der Gl.(6) vor, so kann die korrespondierende stochastische Gleichung unter der Voraussetzung genügend kleiner stochastischer Übergänge in Form einer Fokker-Planck-Gleichung angesetzt werden

$$\frac{\partial}{\partial t} P(x,t) = -\frac{\partial}{\partial x} [f(x,u)P] + \frac{D}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} P \quad (17)$$

Hierbei ist  $f$  die Evolutionsfunktion aus Gl.(6) und  $D$  ein konstanter Parameter, der mit der mittleren Stärke der Fluktuationen zusammenhängt.

Die Untersuchung stochastischer Modelle ist im Normalfall wesentlich komplizierter als die Analyse deterministischer Modelle für das gleiche Originalsystem. Andererseits spielen ebenso wie bei vielen physikalischen Prozessen, so auch bei fast allen gesellschaftlichen Prozessen die zufälligen Aspekte die Fluktuationen usw. eine ganz wesentliche Rolle. Zur Zeit sind die meisten Modelle gesellschaftlicher Prozesse - insbesondere trifft das für die mathematische Ökonomie zu - von deterministischem Charakter. Möglicherweise kann die Physik aufgrund ihres großen angesammelten Erfahrungsschatzes auf dem Gebiet der stochastischen Modelle eine Unterstützung beim Aufbau stochastischer Theorien in den Gesellschaftswissenschaften geben.

### 5. Ein Beispiel: Modelle von Teilprozessen der Warenproduktion.

Um die Anwendung der hier diskutierten mathematischen Strukturen auf ein einfaches Beispiel demonstrieren zu können, wenden wir uns nun dem ökonomischen Problem der Verteilung der Produktion einer bestimmten Ware auf verschiedene Produzenten zu, das bekanntlich von Marx eingehend analysiert wurde<sup>7)</sup>. Bei der Modellierung lassen wir uns von den formalen Analogien zu gewissen molekularen Konkurrenzprozessen leiten<sup>21)22)23)</sup>. Hier soll ein extrem einfaches dynamisches Modell gewisser Teilprozesse diskutiert werden, das zwar die Details

der Warenproduktion nicht wiedergeben kann, aber doch wenigstens das ökonomische Grundgesetz der Warenproduktion annähernd richtig abbildet. Nach Marx ist das fundamentale Gesetz der Warenproduktion das Wertgesetz welches besagt, daß sich die Waren entsprechend der zu ihrer Produktion notwendigen Menge gesellschaftlicher Arbeit, also zu ihren Werten austauschen (Äquivalenzprinzip)<sup>7)</sup>. In der auf Privateigentum beruhenden Warenwirtschaft reguliert das Wertgesetz die Verteilung der Produktion auf die Produzenten spontan; es setzt sich im Konkurrenzkampf über den Mechanismus der Abweichung der Marktpreise vom Wert durch. In der sozialistischen Wirtschaft nutzt der Staat bewußt das Wertgesetz aus, indem er planmäßig die Größe der gesellschaftlich notwendigen Arbeitszeit beeinflusst, die für die Produktion einer Ware aufzuwenden ist. Ein einfaches deterministisches Modell für das Wirken des Wertgesetzes im Kapitalismus der freien Konkurrenz wurde kürzlich von Feistel<sup>21)</sup> vorgeschlagen, sowie von Ebeling und Feistel<sup>22)23)</sup> näher diskutiert. Wir geben hier eine vereinfachte Version dieses Modells wieder und schlagen entsprechende stochastische Modelle vor.

Betrachten wir eine Anzahl von Produzenten (Betrieben)  $i=1,2,3, \dots$ , wobei der  $i$ -te Produzent mit einer bestimmten Arbeitsproduktivität im Zeitelement  $dt$  die Warenmenge  $dx_i$  erzeugt. Ändert ein Produzent seine Technologie oder andere Bedingungen, die die Arbeitsproduktivität beeinflussen, so wird ihm rein formal eine neue Nummer zugeordnet. Auf diese Weise erscheinen laufend neue Produzenten im System. Der Produzent  $i$  möge  $dx_i$  Waren mit dem individuellen Wert

$$dw_i^* = W_i dx_i \quad (18)$$

erzeugen. Hierbei ist die Konstante  $W_i$  ein Maß für die individuell notwendige Arbeitszeit, die der Arbeitsproduktivität umgekehrt proportional ist. Im gesellschaftlichen Austauschprozeß repräsentiert die gleiche Warenmenge den Wert

$$dw_i = W_0 dx_i \quad (19)$$

Hierbei ist  $W_0$  nach Marx vom Produzenten unabhängig und nur durch die gesellschaftlich notwendige Arbeitszeit bestimmt. Da Wert nur im Arbeitsprozeß entsteht, muß gelten <sup>21)23)</sup>

$$\sum_i dw_i^* = \sum_i dw_i \quad (20)$$

d.h. die Summe aller individuellen Werte muß gleich der Summe der gesellschaftlichen Werte sein. Einsetzen von Gl.(18) und Gl.(19) in Gl.(20) ergibt

$$W_0 = \sum_i W_i y_i / \sum_i y_i = \langle W \rangle \quad (21)$$

Hierbei ist  $y_i = dx_i/dt$  die Produktion des i-ten Produzenten, d.h. die pro Zeitelement erzeugte Warenmenge. Wie Gl. (21) zeigt, erweist sich der Wertkoeffizient  $W_0$  als proportional zum Durchschnitt der individuell notwendigen Arbeitszeiten ermittelt für die Menge aller Produzenten. In diesem Punkt zeigt sich, daß das Modell in seinen Grundzügen im Einklang mit den von Marx formulierten Gesetzen ist. Im folgenden Schritt sei nun angenommen, daß der Produzent einen Teil der Differenz zwischen dem durch gesellschaftlichen Austausch realisierten Wert  $dw_i$  und dem individuell produzierten Wert  $dw_i^*$  sowie einen Teil des Mehrproduktes  $M_i dx_i$  zur Erweiterung seiner Produktion einsetzen kann d.h.

$$\begin{aligned} dy_i &= g_i (dw_i - dw_i^* + M_i dx_i) \\ dy_i/dt &= g_i (\langle W \rangle - W_i + M_i) y_i \end{aligned} \quad (22)$$

Hierbei ist  $g_i$  ein Proportionalitätsfaktor.

Definieren wir einen individuellen Aufwandskoeffizienten

$A_i = g_i (W_i - M_i)$  und den Anteil des i-ten Produzenten an der Gesamtproduktion durch  $r_i = y_i / \sum_j y_j$  so folgt

$$\frac{dr_i}{dt} = (\langle A \rangle - A_i) r_i \quad ; \quad \langle A \rangle = \sum_j r_j A_j \quad (23)$$

Die Gl.(23) ist die mathematische Formulierung der von Marx gefundenen Gesetzmäßigkeit, wonach nur die Produzenten

wachsen können, deren individueller Aufwand unter dem gesellschaftlichen Durchschnitt liegt. Bei gegebenen Anfangsbedingungen lautet die Lösung

$$r_i(t) = \frac{r_i(0) \exp(-A_i t)}{\sum r_j(0) \exp(-A_j t)} \quad (24)$$

Es sei auf die Ähnlichkeit des durch Gl.(23) ausgedrückten Modells zu dem von Eigen entwickelten Modell der Selbstorganisation von Biopolymeren verwiesen<sup>22)24)</sup>.

Wir gehen nun zur Betrachtung stochastischer Modelle über. Das einfachste zu Gl.(23) korrespondierende stochastische Modell ist die in einer früheren Arbeit<sup>22)</sup> diskutierte Gleichung vom Langevin-Typ. Sie geht aus Gl.(23) durch Hinzufügen eines stochastischen Quellenterms hervor. Die einfachste Form einer Mastergleichung vom Typ der Gl.(15) für die Warenproduktion ist die Fokker-Planck-Gleichung

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} P(r_1, r_2, \dots; t) = & \sum_i q_i \frac{\partial}{\partial r_i} (A_i r_i P - \langle A \rangle r_i P) \\ & + \frac{1}{2} \sum_i D_i \frac{\partial^2}{\partial r_i^2} P \end{aligned} \quad (26)$$

Hierbei ist  $P(r_1, r_2, \dots; t)$  die Wahrscheinlichkeit (bzw. Wahrscheinlichkeitsdichte), daß der Produzent Nr.1 zur Zeit die relative Produktion  $r_1$  liefert, der Produzent Nr.2 die relative Produktion  $r_2$  usw....; weiterhin ist  $D_i$  eine Art Diffusionskonstante. Der erste Term auf der rechten Seite der Gl.(26) beschreibt die Tendenz zur Konzentration der Produktion auf die effektivsten Produzenten, während der zweite Term eine stochastische Tendenz zur Nivellierung von Unterschieden (Diffusion) ausdrückt. Die Behandlung des Entstehens neuer Produzenten als eine Art Diffusionsprozeß ist eine sehr rohe Näherung, die in mancher Hinsicht unrealistisch ist. Ein besseres Modell muß berücksichtigen, daß die Übergänge von einer Technologie  $i$  zu einer Technologie  $j$

mit sehr verschiedenen Wahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von  $i$  und  $j$  erfolgen können. Zur Formulierung eines solchen Modells wollen wir zunächst die Produktion diskretisieren. Vereinfachend wird angenommen, daß die gesamte Produktion in genau  $N$  Einheiten von der Größe  $y_0$  unterteilt wird ( $\cdot N = \text{const.}$ );  $y_0$  könnte etwa die Produktion der kleinsten produktionsfähigen Abteilung darstellen. Gemessen an diesem Standard würde der  $i$ -te Produzent  $N_i = y_i/y_0$  Produktionseinheiten liefern. Laut Voraussetzung sind die Größen  $N_i$  ganze Zahlen

$$N_i = 0, 1, 2, \dots, N$$

die die Bedingung erfüllen

$$\sum_i N_i = N = \sum y_i/y_0 = \text{const} \quad (27)$$

Die Wahrscheinlichkeit für die Verteilung der Produktionseinheiten auf die Produzenten sei  $P(N_1, N_2, \dots; t)$ , d.h. auf den Produzenten Nr.1 entfallen zur Zeit  $t$  insgesamt  $N_1$  Einheiten, auf den Produzenten Nr.2 entfallen  $N_2$  Einheiten usw.. Wir nehmen nun 2 stochastische Teilprozesse mit bestimmten Übergangswahrscheinlichkeiten an:

(1) Die Anzahl der Produktionseinheiten des Produzenten Nr.  $i$  vermindert sich aufgrund des Wertgesetzes um die Zahl Eins mit der Übergangswahrscheinlichkeit

$$P(N_1, \dots, N_i+1, \dots, N_j-1, \dots | N_1, \dots, N_i, \dots, N_j, \dots) = W_{ij} \cdot N_i \cdot N_j / N$$

$$\sum_i P(N_1, \dots, N_i+1, \dots, N_j-1, \dots | N_1, \dots, N_i, \dots, N_j, \dots) = W_{ij} \cdot N_j \quad (28)$$

(2) Eine Produktionseinheit der Sorte  $i$  wird z.B. durch Umstellung der Technologie in eine Produktionseinheit der Sorte  $j$  umgewandelt; die Übergangswahrscheinlichkeit sei

$$P(N_1, \dots, N_i+1, \dots, N_j-1, \dots | N_1, \dots, N_i, \dots, N_j, \dots) = A_{ij} \cdot N_i \quad (29)$$

Die beide Teilprozesse berücksichtigende Mastergleichung lautet dann

$$\frac{\partial}{\partial t} P(N_1, \dots, N_i, \dots, t) = \sum_j \left[ \frac{1}{N} W_j(N_i-1)(N_j+1) + A_{ji}(N_j+1) \right] \cdot$$

$$P(N_1, \dots, N_i-1, \dots, N_j+1, \dots, t) - \sum_j \left[ \frac{1}{N} W_i N_i N_j + A_{ji} N_i \right] \cdot$$

$$P(N_1, \dots, N_i, \dots, N_j, \dots, t)$$

(30)

Ein Beispiel für stochastische Trajektorien eines Systems von relativ wenigen Warenproduzenten zeigt die Fig. 5. Das Modell zeigt, wie im Entwicklungsprozeß laufend Produzenten mit neuen effektiven Technologien auftauchen, sich durchsetzen, falls ihr Aufwand unter dem gesellschaftlichen Durchschnitt liegt und schließlich doch durch einen Produzenten mit noch geringerem Aufwand abgelöst werden. Wir erinnern noch einmal daran, daß in diesem einfachen Modell ein Produzent stets durch einen festen Aufwand charakterisiert wird. Stellt sich ein Produzent auf eine Technologie mit geringerem Aufwand um, so wird er im Modell formal als neuer Produzent gezählt. Produzenten mit gleichem Aufwand werden zusammengefasst.

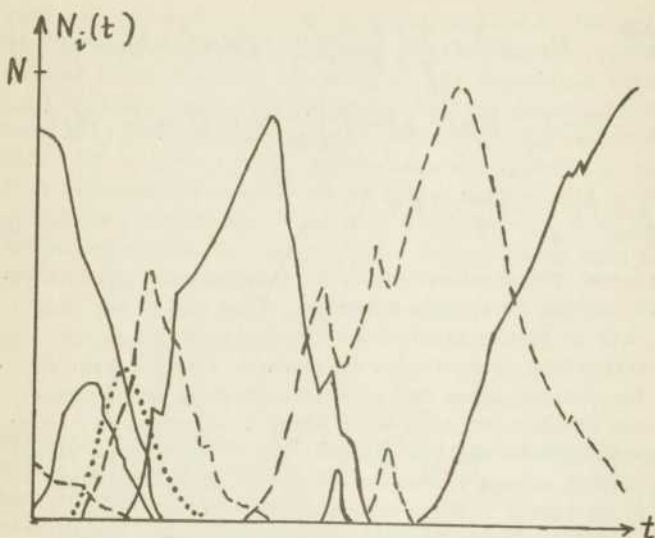


Fig.5 Stochastische Trajektorien eines Modells des Entstehens und AblöSENS von Produzenten (Schema mit willkürlich angenommenen Zahlenwerten für den Aufwand).

Bei der Ableitung der Gl. (30) haben wir uns von der Analogie zur Mastergleichung molekularer Replikationsprozesse<sup>25)</sup> leiten lassen. Es soll noch einmal betont werden, daß die hier dargestellten Modelle von Teilprozessen der Warenproduktion nur zwei Aspekte der realen Warenproduktion modellieren sollen:

- (1) Das Wirken des Wertgesetzes
- (2) Die Entstehung und das Durchsetzen neuer Technologien.

Marx hat diese beiden gesellschaftlichen Teilprozesse eingehend erforscht und ihre grundlegenden Gesetzmäßigkeiten aufgedeckt. Hier wurde den Marxschen Aussagen inhaltlich nichts hinzugefügt, sondern lediglich ein Versuch einer mathematischen Modellierung unternommen. Es ist bemerkenswert, daß bereits so relativ einfache gesellschaftliche Teilprozesse

einen gewissen mathematischen Aufwand erfordern.

## 6. Schlußbemerkungen

Diese Untersuchung ist der Frage gewidmet, in welchem Maße die Physik, die vor etwa 300 Jahren die Methode der mathematischen Modellierung in die Wissenschaft einführte, die heutigen Gesellschaftswissenschaften bei der Formulierung mathematischer Modelle unterstützen kann. Es wird der Standpunkt vertreten, daß sinnvolle Beiträge der Physik

- 1) in der Aufbereitung der mathematischen Strukturen physikalischer Modelle und
- 2) in der Verfolgung formaler Analogien zu physikalischen Prozessen bestehen könnten.

Die vorliegende Arbeit enthält den Versuch, die für die Physik zentrale Konzeption der Beschreibung des Systems und seines Zeitverhaltens durch Trajektorien in einem Zustandsraum entsprechend aufzubereiten. Als Beispiel für eine möglicherweise fruchtbare Analogie werden die Beziehungen zwischen molekularen Konkurrenzprozessen und einigen Teilprozessen der Warenproduktion diskutiert und für die Aufstellung einfacher dynamischer Modelle ausgenutzt.

## Literatur

- 1) Fedorenko, N.P. et al.: Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie (Übers.a.d.Russ.) Berlin 1973
- 2) Bagrinowski, K.A.: Modelle und Methoden der ökonomischen Kybernetik.(Übers.a.d.Russ.) Berlin 1975
- 3) Lange, O.: Ganzheit und Entwicklung in kybernetischer Sicht.(Übers.a.d.Poln.) Berlin 1966
- 4) Klaus, G.: Kybernetik in philosophischer Sicht. Berlin 1963
- 5) Lange, O.: Einführung in die ökonomische Kybernetik. (Übers.a.d.Poln.) Berlin 1969
- 6) Kobrinski, N.E., Maiminas, E.S., Smirnov, A.D.: Einführung in die ökonomische Kybernetik.(Russ.) Moskau 1975.
- 7) Marx, K., Engels, F.: Ausgewählte Schriften in zwei Bänden. Berlin 1951 (Zitat aus Engels Brief an Bloch).
- 8) Lange, F.H.: Signale und Systeme. Berlin 1965, 1970, 1971
- 9) Wunsch, G.: Systemtheorie. Berlin 1975
- 10) Nejmarm, Ju.I.: Die Methode der punktwweisen Abbildung in der Theorie nichtlinearer Schwingungen.(Russ.)Moskau 1972
- 11) Gössel, M.: Angewandte Automatentheorie. Berlin 1972
- 12) Ebeling, W.: Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen. Eine Einführung in die Theorie dissipativer Strukturen. Leipzig 1976
- 13) Glansdorff, P., Prigogine, I.: Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations. London 1971; Russ. Übersetzung Moskau 1973.
- 14) Haken, H.(Hrsg.): Synergetics. Stuttgart 1973; . Cooperative Effects. Amsterdam 1974.
- 15) Andronov, A.A., Leontovich, E.A., Gordon, I.I., Maier, A.G.: Qualitative Theorie dynamischer Systeme zweiter Ordnung (Russ.), Moskau 1966; Theorie der Bifurkationen dynamischer Systeme auf Flächen (Russ.) Moskau 1967

- 16) Sattinger, D.H.: Topics in Stability and Bifurcation Theory. Berlin-Heidelberg-New York 1973
- 17) Arnold, V.I.: Gewöhnliche Differentialgleichungen (Russ.) Moskau 1972
- 18) Mitjagin, B.S. (Hrsg.): Mathematische Ökonomie (Russ.) Moskau 1974
- 19) Pontrjagin, L.S. et al.: Mathematische Theorie optimaler Prozesse (Russ.), Moskau 1961
- 20) Thom, R.: Stabilité Structurelle et Morphogenèse. New York 1972
- 21) Feistel, R.: Ein dynamisches Modell für die differenzierende und stimulierende Funktion des Wertgesetzes im Kapitalismus der freien Konkurrenz. Belegarbeit. W.-Pieck-Universität Rostock 1976 (s.a. Beitrag von R. Feistel in diesem Band).
- 22) Ebeling, W., Feistel, R.: Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin GSR 25(1976)25
- 23) Feistel, R., Ebeling, W.: Wiss. Z. W. Pieck-Univ. Rostock (im Druck)
- 24) Eigen, M.: Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules. Naturwiss. 58 (1971)465. Russ. Übers. Moskau 1973
- 25) Ebeling, W., Feistel, R.: Ann. Phys. (Leipzig) 34(1977)N.1

Ein dynamisches Modell für die differenzierende und stimmulierende Funktion des Wertgesetzes im Kapitalismus der freien Konkurrenz

Rainer Feistel, Sektion Physik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock.

## 1. Einleitung.

Karl Marx Werk "Das Kapital" ist die erste konsequent materialistische Theorie der kapitalistischen Wirtschaft, in der das Wesen der kapitalistischen Produktionsweise und ein breites Spektrum ihrer Erscheinungen dargestellt wird. Bei der Erarbeitung bediente sich Marx der logisch-historischen Methode. "Da in der Geschichte ... die Entwicklung im ganzen und großen ... von den einfachsten zu den kompliziertesten Verhältnissen fortgeht, so gab die literaturgeschichtliche Entwicklung der politischen Ökonomie einen natürlichen Leitfaden, ... und im ganzen und großen würden die ökonomischen Kategorien dabei in derselben Reihenfolge erscheinen wie bei der logischen Entwicklung". "Die Geschichte geht oft sprunghaft und im Zickzack und mußte hierbei überall verfolgt werden ...", "die logische Behandlungsweise war also allein am Platz. Diese aber ist in der Tat nichts anderes als die historische, nur entkleidet der historischen Form und der störenden Zufälligkeiten." [1, S. 348] Marx selbst sagt zu dieser Methode: "Die Ökonomen ... enden ... damit, daß sie durch Analyse einige bestimmende, abstrakte, allgemeine Beziehungen, wie Teilung der Arbeit, Geld, Wert etc. herausfinden. Sobald diese einzelnen Momente mehr oder weniger fixiert und abstrahiert waren, begannen die ökonomischen Systeme, die von dem einfachen, wie Arbeit, Teilung der Arbeit, Bedürfnis, Tauschwert, aufstiegen bis zum Staat, Austausch der Nationen und Weltmarkt. Das letztere ist offenbar die wissenschaftlich richtige Methode". [2, S. 257] Die von Marx gewählte Form der Darstellung seiner Theorie ist verbal, stützt sich auf logische Schlüsse und verzichtet weitgehend auf Formalismen. Um eine klare, verständliche Darstellung zu erreichen, benutzte er eine Vielzahl einfacher Bei-

spiele oder Modelle, oft einfache Rechnungen und Zahlenbeispiele. Weiterhin beweisen die Reproduktionsschemata [3, Bd. II, S. 536] und die Theorie der Profitrate [3, Bd. III, Kap. 3] daß Marx auch der Formalisierung eine wesentliche Rolle beimais.

In der vorliegenden Arbeit soll nun auf der Grundlage der Marx'schen Werttheorie ein mathematisches Modell für einen gesellschaftlichen Konkurrenzprozeß vorgestellt werden. Anlaß dafür geben die Entstehung einer neuen Darstellungsweise kybernetischer und physikalischer Zusammenhänge, der "Synergetic" [4, 5] und weitere neue Versuche, gesellschaftliche Phänomene mittels einfacher Modelle zu interpretieren [6, 7]. Die Synergetic ist interdisziplinär, sie sucht Analogien zwischen Prozessen in verschiedensten Bereichen, die zumindest formal-mathematisch sind [8, 9, 10].

## 2. Die Konzeption.

Wie aus dem Titel der Arbeit hervorgeht, soll ein dynamisches Modell untersucht werden. Dynamisch soll bedeuten, daß das zeitliche Verhalten eines Systems auf Grund innewohnender Gesetzmäßigkeiten, startend von gegebenen Ausgangsbedingungen untersucht wird; während Modell bedeutet, daß ein mathematisch-logisches Analogon eines realen Prozesses betrachtet wird, in dem bestimmte wesentliche Strukturen und Relationen dieses Prozesses einfacher und übersichtlicher dargestellt werden können [8, 27, 28, 25]. Das Modell soll Konkurrenz und Konzentration der Produktion innerhalb einer Produktionssphäre untersuchen. Der zugehörige reale Prozeß stellt sich verbal so dar:

"Bei der freien Konkurrenz handelt es sich im wesentlichen um die Konkurrenz zwischen den Kapitalisten eines Produktionszweiges um den Absatz ihrer Waren (Marktkonkurrenz) und um die Konkurrenz zwischen den Kapitalisten verschiedener Produktionszweige um die profitabelste Kapitalanlage (Konkurrenz der Kapitalanlagen)". "Die Konkurrenz innerhalb eines Produktionszweiges ist der Konkurrenzkampf ... um die Verwandlung des in diesen Waren enthaltenen Mehrwerts in Profit. Obgleich diese Waren unter unterschiedlichen Produktionsbe-

dingungen hergestellt werden, wird der Wert all dieser Waren durch den durchschnittlichen Aufwand an gesellschaftlicher Arbeit bestimmt. Durch die Konkurrenz kommt es zur Herausbildung eines Marktwertes, der den durchschnittlichen Produktionsbedingungen beziehungsweise dem durchschnittlichen Grad der Arbeitsproduktivität des jeweiligen Produktionszweiges entspricht. Um diesen Marktwert schwankt der Marktpreis entsprechend Angebot und Nachfrage. Im Zusammenhang damit bildet sich in jedem Produktionszweig auch eine durchschnittliche Profitrate heraus.

Diejenigen kapitalistischen Unternehmer, die über bessere Produktionsbedingungen verfügen, sind jedoch in der Lage, ihre Waren kostengünstiger als ihre Konkurrenten herzustellen. Auf Grund der besseren Produktionsbedingungen ist in diesen Unternehmen die Arbeitsproduktivität höher. Infolgedessen liegt der individuelle Wert ihrer Waren unter dem Marktwert; die Differenz zwischen beiden bildet einen Extramehrwert, den sich der Kapitalist beim Verkauf seiner Waren als Extraprofit aneignet. Dieser Extraprofit, das heißt die Möglichkeit, einen Profit über den in dem jeweiligen Produktionszweig durchschnittlichen Profit hinaus zu erlangen, treibt die Kapitalisten an, die Produktionsbedingungen zu verbessern und die Arbeitsproduktivität zu erhöhen.

Die kapitalistischen Unternehmen dagegen, bei denen die Produktionstechnik und die Arbeitsproduktivität unter dem durchschnittlichen Niveau des Produktionszweiges liegen, halten den Konkurrenzkampf nicht durch. Infolge ihrer schlechteren Produktionsbedingungen übersteigt der individuelle Wert ihrer Waren den Marktwert. Beim Verkauf ihrer Waren erleiden sie einen entsprechenden Verlust. Sie unternehmen große Anstrengungen, um den Kostpreis zu senken, um sich jenen Produktionsbedingungen anzunähern, über die ihre Konkurrenten verfügen, die einen Extraprofit einstreichen. Das bedeutet vor allem Steigerung der Ausbeutung auf der Grundlage verbesserter Produktionstechnik und -organisation und erhöhter Arbeitsproduktivität. Wer dazu nicht in der Lage ist, wird verdrängt und ruiniert. So treibt die Marktkonkurrenz die Konzentration der

Produktion und des Kapitals voran, zwingt zum wissenschaftlich-technischen Fortschritt und führt gleichzeitig zur Verstärkung der Ausbeutung." [11, S.122,123] Natürlich werden bei der mathematischen Modellierung dieses Prozesses die Akzente etwas anders gesetzt werden; einige Größen bedürfen der Präzisierung, einige Sachverhalte werden nur gestreift werden, dafür werden aber andere Folgen neu hervortreten. So ist der kurze Satz " Wer dazu nicht in der Lage ist, wird verdrängt und ruiniert " verbal einfach und fast selbstverständlich, seine mathematische Darstellung jedoch umfaßt die Untersuchung vieler Prämissen und Konsequenzen ( je nach Bedingungen kann ein Produzent relativ oder absolut, asymptotisch oder nach endlichen Zeiten verdrängt werden usw.).

Ein Ziel der politisch-ökonomischen Theorie des Kapitalismus ist es, gegenwärtige Verhältnisse zu erklären. Vom Kapitalismus der freien Konkurrenz bis zum heutigen Imperialismus haben sich die ökonomischen Kategorien entwickelt, aus Preisen wurden Monopolpreise, es wurden Monopolprofite möglich. Die zyklische Krise des Kapitalismus zeigt heute ein vielschichtiges Erscheinungsbild [12]. Wie die historische Entwicklung der Kategorien bei den einfachsten Formen begann, muß auch die logische Entfaltung der Theorie ihren Anfang bei den elementaren Beziehungen zwischen Warenproduktion und Warenaustausch nehmen.

### 3. Der $G - W - G'$ - Zyklus, der Umschlag des Kapitals.

Ausgangspunkt der Betrachtungen soll " die ökonomischen Zellenform ", " die Wertform der Ware " sein [3, Bd. I, S. 6] . Grundlage ist die Marx'sche Werttheorie, zu finden etwa in [2, 3, 13, 14, 15, 16, 17, 11] . Ein Kapitalist  $i$  besitzt Produktionsmittel, die ihm die Produktion der Ware  $x$  gestatten. Wir interessieren uns nur für eine Seite der Arbeit, die abstrakte Arbeit, und entsprechend nur für eine Seite des Werts von Waren, den Tauschwert, kurz Wert genannt. Der Einfachheit halber wollen wir von der konkreten Form der Ware fordern, daß sie kontinuierlich produzierbar ist, d.h. zum einen die Produktion nicht

von irgendwelchen äußeren Faktoren wie Jahreszeiten usw. beeinflusst wird und zum anderen, daß sie aus hinreichend kleinen Einheiten besteht; mathematisch ausgedrückt soll die pro Zeiteinheit ausgelieferte Warenmenge, die Warenproduktion  $y_1 = \frac{dx_1}{dt}$  eine stetig differenzierbare Funktion der Zeit sein. Um den Arbeitsprozeß ablaufen zu lassen, investiert der Kapitalist konstantes Kapital zum Kauf von Produktionsmitteln und variables Kapital zum Kauf von Arbeitskräften und erhält dieses Kapital über den Wertübertragungs- bzw. Wertbildungsprozeß in Warenform zurück, indem er sich die produzierten Waren aneignet. Die Geschwindigkeit der Übertragung des konstanten Kapitals bezeichnen wir mit  $\frac{dc_1}{dt}$ . Ist die Geschwindigkeit während einer Umschlagperiode  $\frac{1}{T_C^1}$  des konstanten Kapitals  $T_C^1$  konstant, so ist sie gleich dem Quotienten aus vorgeschossenem Kapital  $C_1$  und der Umschlagperiode  $T_C^1$ :  $\frac{dc_1}{dt} = \frac{C_1}{T_C^1}$ . Analog ist die Umschlaggeschwindigkeit  $\frac{dv_1}{dt}$  des variablen Kapitals, wenn sie während der Umschlagperiode des variablen Kapitals  $T_V^1$  konstant ist, gleich dem Quotienten aus vorgeschossenem variablen Kapital  $V_1$  und der Umschlagperiode  $\frac{dv_1}{dt} = V_1 / T_V^1$ .

Die Anteile von Produktionszeit und Umlaufzeit [3, Bd. II, S. 147, 149, 295, 300 ff., 254 ff.] an der Gesamtzirkulationszeit spielen hierbei keine Rolle, in das Modell geht nur ihre Summe ein.

Mit dem variablen Kapital kauft der Kapitalist die Ware Arbeitskraft, und im Verlauf des Arbeitsprozesses erhält er in Warenform dafür den Neuwert  $n_1$ :

$$\frac{dn_1}{dt} = \frac{dv_1}{dt} + \frac{dm_1^m}{dt} \quad (1)$$

$\frac{dm_1^m}{dt}$  ist der produzierte Mehrwert pro Zeiteinheit. Wir definieren die Mehrwertrate zu [3, Bd. I, S. 555]

$$\mu_1 = \frac{dm_1^m}{dv_1} = \frac{dm_1^m}{dt} / \frac{dv_1}{dt} \quad (2)$$

Diese Größe ist die Mehrwertmasse  $u_1^m$ , die während einer Umschlagperiode produziert wird, dividiert durch das vorge-

schossene Kapital  $V_i$ :

$$\mu_i = \frac{\frac{dw_i^*}{dt}}{\frac{dv_i}{dt}} = \frac{\frac{w_i^*}{T_i}}{\frac{V_i}{T_i}} = \frac{w_i^*}{V_i} \quad (3)$$

Für die Jahresrate des Mehrwerts finden wir

$$\mu_i = \frac{\frac{dw_i^*}{dt} \cdot 1 \text{ Jahr}}{V_i} = \frac{\mu_i}{T_i} \cdot 1 \text{ Jahr} = \mu_i \cdot v_i \quad (4)$$

wobei  $v_i$  die jährliche Umschlagzahl ist. Analysieren wir diese [Jahresrate des Mehrwerts-Rf] näher, so zeigt es sich, daß sie gleich ist der Rate des Mehrwerts, die das vorgeschossene variable Kapital während einer Umschlagperiode produziert, multipliziert mit der Zahl der Umschläge des variablen Kapitals ( die mit der Arbeit der Umschläge des gesamten zirkulierenden Kapitals zusammenfällt ) ". [3, Bd. II, S. 295]

Der Neuwert (1) bildet zusammen mit dem Übertragenen konstanten Kapital den individuellen Wert  $w_i^*$ :

$$\frac{dw_i^*}{dt} = \frac{dn_i}{dt} + \frac{dc_i}{dt} = \frac{dc_i}{dt} + \frac{dv_i}{dt} + \frac{dw_i^*}{dt} \quad (5)$$

Aufwand oder individuellen Wert der Ware wollen wir nennen den Wert  $w_i^*$  bezogen auf die ihn repräsentierende Warenmenge  $x_i$ :

$$\omega_i = \frac{dw_i^*}{dx_i} = \frac{dw_i^*}{dt} / \frac{dx_i}{dt} = \frac{1}{y_i} \frac{dw_i^*}{dt} \quad (6)$$

Somit läßt sich die Warenproduktion durch den Aufwand  $\omega_i$  ausdrücken

$$y_i = \frac{1}{\omega_i} \frac{dw_i^*}{dt} = \frac{1}{\omega_i} \left( \frac{dc_i}{dt} + \frac{dv_i}{dt} + \frac{dw_i^*}{dt} \right) \quad (7)$$

Der reziproke Wert des Aufwands ist ein Maß der Arbeitsproduktivität. Als weitere Größe soll die organische Zusammensetzung eingeführt werden. Wir wollen die statische organische Zusammensetzung  $1/B_i$  durch das Verhältnis von vorgeschossenen Konstanten und vorgeschossenem variablen Kapital definieren

$$\frac{1}{B_i} = \frac{C_i}{V_i} \quad (8)$$

die dynamische durch das Verhältnis ihrer Umschlaggeschwindigkeiten

$$\frac{1}{\beta_i} = \frac{dc_i}{dt} / \frac{dv_i}{dt} = \frac{dc_i}{dv_i} \quad (9)$$

Sind die Geschwindigkeiten konstant, so sind beide Größen über die Umschlagzeiten verbunden

$$\frac{1}{\beta_i} = \frac{\frac{dc_i}{dt}}{\frac{dv_i}{dt}} = \frac{\frac{C_i}{T_c^i}}{\frac{V_i}{T_v^i}} = \frac{T_v^i}{T_c^i} \cdot \frac{C_i}{V_i} = \frac{T_v^i}{T_c^i} \cdot \frac{1}{B_i} \quad (10)$$

Im weiteren soll nur von der dynamischen Größe gesprochen werden.

Mit  $\frac{dw_i^*}{dt} = \mu_i \frac{dv_i}{dt}$  und  $\frac{dv_i}{dt} = \beta_i \frac{dc_i}{dt}$  können wir nun für die Warenproduktion schreiben

$$y_i = \frac{1}{\omega_i} \cdot \frac{dw_i^*}{dt} = \frac{1}{\omega_i} (1 + \beta_i (1 + \mu_i)) \frac{dc_i}{dt} \quad (11)$$

Wenden wir uns nun von der Warenform des Kapitals der Geldform zu.

Durch Verkauf erhält der Kapitalist für die Ware  $X_i$  das Geld  $G_i'$ , das den Wert  $w_i$  repräsentiert. " Im  $G...G'$  ist die Rückkehr  $G' = G + g$ . Wird der Prozeß auf derselben Stufenleiter erneuert, so bildet  $G$  wieder den Ausgangspunkt und  $g$  geht nicht in ihn ein, sondern zeigt uns nur, daß  $G$  sich selbst als Kapital verwertet und daher einen Mehrwert  $g$  erzeugt, aber von sich abgestoßen hat ". [3, Bd. II, S. 148]

Der Wert wird also als variables und konstantes Kapital wieder in die Produktion eingeführt, den Profit  $w_i$  eignet sich der Kapitalist an und kann ihn einsetzen zur privaten Konsumtion, zur Erweiterung der Produktion oder zur Schatzbildung [3, Bd. I, S. 607-617]

$$\frac{dw_i}{dt} = \frac{dc_i}{dt} + \frac{dv_i}{dt} + \frac{dw_i^*}{dt} \quad (12)$$

Die Größe  $dw_i/dt$  bezeichnet zunächst nicht eine Zirkulationsgeschwindigkeit, sondern den Profitzuwachs, im Fall der

Schatzbildung also die Schatzvergrößerung.

Unter der Voraussetzung, daß Mehrwertrate  $\mu_i$  und organische Zusammensetzung  $\beta_i$  unverändert bleiben, ist

$$\frac{dw_i}{dt} = (1 + \beta_i) \frac{dc_i}{dt} + \frac{d\omega_i}{dt} \quad (13)$$

oder, wenn wir nach dem Profit fragen

$$\frac{d\omega_i}{dt} = \frac{dw_i}{dt} - (1 + \beta_i) \frac{dc_i}{dt} \quad (14)$$

Eliminieren wir aus (11) und (14) das konstante Kapital, so ergibt sich der Profit durch die Warenproduktion

$$\frac{d\omega_i}{dt} = \frac{dw_i}{dt} - \omega_i \frac{1 + \beta_i}{1 + \beta_i (1 + \mu_i)} y_i \quad (15)$$

Die Größe  $x_i = \left( \frac{dc_i}{dt} + \frac{dv_i}{dt} \right) / \frac{dx_i}{dt}$  ist der Kostpreis der Ware

$$x_i = \frac{1}{y_i} (1 + \beta_i) \frac{dc_i}{dt} = \omega_i \frac{1 + \beta_i}{1 + \beta_i (1 + \mu_i)} \quad (16)$$

Hier wird der Kostpreis  $k = c + v$  ebenfalls auf die damit produzierte Warenmenge  $x$  bezogen.

Als Endgleichung folgt somit

$$\frac{d\omega_i}{dt} = \frac{dw_i}{dt} - x_i y_i \quad (17)$$

Die Bedeutung der Gleichung (17) leuchtet unmittelbar ein: Der erzielte Profit ist die Differenz aus dem auf dem Markt realisierten Wert und dem zur Produktion eingesetzten Kapital (Kostpreis).

Auch (16) läßt sich leicht interpretieren

$$x_i = \omega_i \left( 1 + \frac{\mu_i}{1 + \beta_i} \right)^{-1} \quad (18)$$

Der Kostpreis steigt mit wachsendem Aufwand, er fällt mit wachsender Mehrwertrate und mit fallender organischer Zusammensetzung. Zum Abschluß sei noch einmal hervorgehoben: Der bei den Kapitalisten  $i$  produzierte Mehrwert  $d\omega_i/dt$  ist nicht

gleich dem von Kapitalisten erzielten Profit  $du_i/dt$ . Die Differenz zwischen beiden hängt ab vom Markt, von der Möglichkeit, den individuellen Wert der Ware zu realisieren, d.h. inwieweit der individuelle Wert gesellschaftlich als Wert anerkannt wird. Gerade diese Differenz ist potentielle Quelle des Extraprofits und ist wesentlich für die Herausbildung des Konkurrenzverhaltens.

#### 4. Wertbilanz und Wertgesetz.

" Der Tauschwert der Waren, so als allgemeine Äquivalenz und zugleich als Grad dieser Äquivalenz in einer spezifischen Ware, oder in einer einzigen Gleichung der Waren mit einer spezifischen Ware ausgedrückt, ist der Preis. Der Preis ist die verwandelte Form, worin der Tauschwert der Waren innerhalb des Zirkulationsprozesses erscheint" [2, S. 64]. Da Wert nur durch menschliche Arbeit entsteht, muß die Summe der erzielten Profite gleich der Summe der geschaffenen Mehrwerte sein ( wir nehmen an, daß diese allgemeine Relation auch auf unseren ausgewählten Produktionszweig allein zutrifft ).

$$\sum_i \frac{du_i^*}{dt} = \sum_i \frac{du_i}{dt} \quad (19)$$

Die Summation ist über alle an dieser Produktionssphäre beteiligten Kapitalisten zu erstrecken. Äquivalent ist die Formulierung in bezug auf oberes Zitat: Die Summe aller Preise ist gleich der Summe aller Werte

$$\sum_i \frac{dw_i^*}{dt} = \sum_i \frac{dw_i}{dt} \quad (20)$$

Ohne auf die Dynamik der Marktpreisbildung [18, 19, 20] einzugehen, nehmen wir an, daß sich ein einheitlicher Marktpreis herausbildet. " In Wirklichkeit aber ist diese Sphäre [der Realisierung auf dem Markt-R.F.] die Sphäre der Konkurrenz, die, jeden einzelnen Fall betrachtet, vom Zufall beherrscht ist; wo also das innere Gesetz, das in diesen Zufällen sich durchsetzt und sie reguliert, nur sichtbar wird, sobald diese Zufälle in großen Massen zusammengefaßt werden .. " [3, Bd. III S. 882]

Wir fragen nur danach, wie groß dieser Marktpreis ist und stützen uns auf die Bilanz (19) bzw. (20).

Der einheitliche Preis sei  $k_0 = dw_i / dx_i$

d.h.

$$\frac{dw_i}{dt} = k_0 \frac{dx_i}{dt} = k_0 y_i \quad (21)$$

Der Kapitalist erhält für seine Warenmenge eine proportionale Geldmenge, der Proportionalitätsfaktor wird durch die Wertbilanz bekannt.

$$\frac{dw_i^*}{dt} = \omega_i y_i \quad \text{nach (6)}$$

und

$$\frac{dw_i}{dt} = k_0 y_i \quad \text{nach (21)}$$

damit

$$\sum_i \frac{dw_i^*}{dt} = \sum_i \frac{dw_i}{dt}$$

d.h.

$$\sum_i \omega_i y_i = \sum_i k_0 y_i = k_0 \sum_i y_i \quad (22)$$

Der Ware-Geld-Austauschfaktor  $k_0$  ist also der mittlere Aufwand  $\langle \omega \rangle$  zur Produktion der Ware  $x$ . Gemittelt wird über alle an der Produktion dieser Ware beteiligten Kapitalisten  $i$ , wobei sie mit dem Gewicht  $g_i = \frac{y_i}{\sum y_i}$  d.h. die von ihnen beigesteuerte Warenmenge zur Gesamterzeugung, in die Mittelung eingehen.

Damit erhält die Profitgleichung (17) die Gestalt

$$\frac{d\pi_i}{dt} = (\langle \omega \rangle - x_i) y_i \quad (23)$$

Jeder Kapitalist macht also Profit, solange sein Kostpreis für die Ware unter ihrem Marktpreis liegt:  $x_i < \langle \omega \rangle$ . Sein Profitinteresse äußert sich also in einem Interesse, möglichst klein zu halten. Das bedeutet nach (18): hohe

Arbeitsproduktivität, niedrige organische Zusammensetzung, hohe Mehrwertrate.

Es sei bemerkt, daß mit diesem Modell Wertbildung unter besonderen Bedingungen (Landwirtschaft, Energiewirtschaft) nicht erfaßt wird [3, Bd. 3, 6. Abschnitt].

5. Akkumulation des Kapitals, Konkurrenz und Konzentration der Produktion.

Wir wollen nun annehmen, daß der Kapitalist seinen erzielten Profit "arbeiten läßt", d.h. zur Erweiterung seiner Produktion anlegt

$$\frac{dy_i}{dt} = \alpha_i \frac{du_i}{dt} \quad (24)$$

(Die Erweiterung der Warenproduktion sei proportional dem anfallenden Profit). Dann wird (23) zu

$$\frac{dy_i}{dt} = \alpha_i y_i (\langle \omega \rangle - x_i) \quad (25)$$

wobei zunächst angenommen wird, daß stets alle Waren zum Wert realisiert werden können. Somit wachsen alle Betriebe, die mit einem Kostpreis  $x_i < \langle \omega \rangle$  produzieren, alle anderen werden ruiniert. (Wachstum bedeutet hier nicht unbedingt extensives Wachstum, sondern nur Vergrößerung des Warenausstoßes pro Zeiteinheit). Um die Eigenschaften der Gleichung (25) noch genauer zu untersuchen, betrachten wir den Anteil  $g_i = y_i / \sum y_j$  des i-ten Kapitalisten an der Gesamtproduktion und setzen dabei voraus, daß die Erweiterung der Produktion bei konstanter organischer Zusammensetzung, konstantem Aufwand und konstanter Mehrwertrate, kurz bei konstantem Kostpreis vor sich geht.

$$\frac{dg_i}{dt} = \frac{\frac{dy_i}{dt}}{\sum_j y_j} - g_i \frac{\frac{dy_i}{dt}}{\sum_k y_k}$$

$$\frac{d\varphi_i}{dt} = \varphi_i \alpha_i (\langle \omega \rangle - \omega_i) - \varphi_i \sum_j \alpha_j \varphi_j (\langle \omega \rangle - \omega_j)$$

$$\frac{d\varphi_i}{dt} = \varphi_i \left\{ \langle \omega \rangle (\alpha_i - \langle \alpha \rangle) + \langle \alpha \omega \rangle - \alpha_i \omega_i \right\} \quad (26)$$

Nehmen wir an, daß alle Kapitalisten den gleichen Anteil  $\alpha_i = \alpha$  zur Akkumulation einsetzen, vereinfacht sich die Konkurrenzgleichung (26) wesentlich:

$$\frac{d\varphi_i}{dt} = \alpha \varphi_i (\langle \omega \rangle - \omega_i) \quad (27)$$

Und für den Fall, daß alle Mehrwertraten und organischen Zusammensetzungen gleich sind, folgt

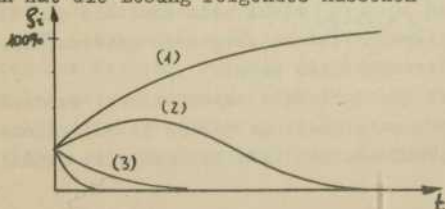
$$\frac{d\varphi_i}{dt} = \alpha \varphi_i \frac{1+\beta}{1+\beta(1+\mu)} (\langle \omega \rangle - \omega_i) \quad (28)$$

Die Gleichungen (26), (27), (28) beschreiben ein Konkurrenzverhalten. Eine analoge Formulierung wurde für Konkurrenzprozesse von Eigen [21, 22, 23, 24, 6] im Fall der präbiologischen Selektion gefunden.

Wir wollen uns bei der Interpretation auf den Fall (28) beschränken. Ihre analytische Lösung läßt sich leicht finden

$$\varphi_i(t) = \frac{\varphi_i(0) \exp(-\alpha \omega_i t)}{\sum_j \varphi_j(0) \exp(-\alpha \omega_j t)} \quad (29)$$

Nehmen wir ein Beispiel. 4 Kapitalisten haben bei  $t = 0$  je einen Anteil von 25 % an der Gesamtproduktion. Ihr Aufwand sei jedoch verschieden:  $\omega_1 < \omega_2 < \omega_3 < \omega_4$ . Dann hat die Lösung folgendes Aussehen



Der Kapitalist mit dem kleinsten Aufwand reißt im Laufe der Zeit praktisch die gesamte Produktion an sich. Auch der Kapitalist 2, der sich zunächst auf Kosten der Kapitalisten 3 und 4 vergrößern kann, unterliegt schließlich der Konkurrenz des Kapitalisten 1. Dieses Ergebnis ist als differenzierende Funktion des Wertgesetzes bekannt.

Das Durchsetzen eines Produzenten ist nur möglich auf Grund des erzielten Extraprofits  $du_i^{ex}/dt = y_i (\langle x \rangle - x_i)$ , solange der individuelle Aufwand  $\omega_i \sim x_i$  unter dem durchschnittlichen liegt. Da aber hier eine unbegrenzte Aufnahmefähigkeit des Marktes angenommen wurde, liegt nur ein relatives Durchsetzen eines Produzenten, schwache Selektion vor. Im Fall der begrenzten Aufnahmefähigkeit des Marktes weicht dieses Verhalten einem absoluten Durchsetzen, starker Selektion.

Taucht ein neuer Produzent ( oder ein alter mit einem neuen Verfahren ) auf, so kann sich das System in 2 Weisen verhalten. Erstens, wenn der Aufwand des neuen Produzenten über dem Durchschnitt liegt, wird er sofort " aus dem Rennen geworfen ", das System ist stabil gegen ungünstig Produzierende. Hat jedoch der neue Produzent einen kleineren als den mittleren Aufwand, so " klappt " das System zu seinen Gunsten " um ", er verdrängt alle anderen Konkurrenten vom Markt, das System verhält sich instabil. " Nicht alles Neue hat also die Chance, sich durchzusetzen. Es findet vielmehr ein Ausleseprozeß statt. ( Verallgemeinerung des Darwinschen Selektionsprinzips )" [25].

In der Praxis wird es natürlich so sein, daß sich, durch wissenschaftlich-technischen Fortschritt bedingt, die organische Zusammensetzung und die Mehrwertrate verändern. Dann sind  $\beta_i = \beta_i(y_i)$  und  $\mu_i = \mu_i(y_i)$  nicht mehr konstant und wir müssen einen nichtlinearen Selektionsprozeß untersuchen. Dabei treten 2 neue Eigenschaften auf.

Erstens tritt Selektion nicht mehr asymptotisch, sondern nach endlichen Zeiten auf, zweitens werden im Selektionsprozeß einmalige Entscheidungen gefällt, ein sich einmal

durchgesetzter Produzent kann dann nicht mehr verdrängt werden, auch nicht durch einen besseren. [21,22,23,26] Stark vereinfacht lautet diese Eigenschaft in unserem Modell, daß ein noch so günstiger produzierender neuer kleiner Produzent keine Chance hat, den Konkurrenzkampf gegen ein Monopol zu gewinnen.

6. Zum tendenziellen Fall des Warenwertes und der Profitrate, die stimulierende Funktion des Wertgesetzes.

Durch die ständige Verschiebung der Anteile des einzelnen Produzenten an der Gesamtproduktion der Ware  $x$  verändert sich auch ständig der mittlere Produktionsaufwand, der Wert der Ware  $x$

$$\langle \omega \rangle = \sum_i f_i \omega_i \quad (30)$$

Für seine zeitliche Änderung gilt

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \langle \omega \rangle &= \sum_i \omega_i \frac{df_i}{dt} = \alpha \frac{1+\beta}{1+\beta(1+\mu)} \left( \sum_i \omega_i f_i \langle \omega \rangle - \sum_i f_i \omega_i^2 \right) \\ \frac{d}{dt} \langle \omega \rangle &= \alpha \frac{1+\beta}{1+\beta(1+\mu)} \left( \langle \omega \rangle^2 - \langle \omega^2 \rangle \right) \leq 0 \quad (31) \end{aligned}$$

Die Änderung des Warenwertes ist stets negativ und nur dann gleich Null, wenn sich ein einzelner Kapitalist durchgesetzt hat oder alle Produzenten mit dem gleichen Aufwand produzieren. ( $\omega_i = \langle \omega \rangle$ ).

Eine unmittelbare Folge der Konkurrenz ist in diesem Modell also der Fall des Warenwertes.

Wie aus Gl.(28) ersichtlich, kann der Anteil des  $i$ -ten Kapitalisten nur wachsen, solange  $\omega_i < \langle \omega \rangle$  gilt, d.h. sein Aufwand unter dem durchschnittlichen liegt. Da aber  $\langle \omega \rangle$  ständig sinkt, ist jeder Produzent gezwungen, seinen Aufwand  $\omega_i$  zu verkleinern, um konkurrenzfähig zu bleiben. Das ist die

stimulierende Funktion des Wertgesetzes. Da aber eine Verkleinerung von  $\omega_i$  unmittelbar eine weitere Verkleinerung von  $\langle \omega \rangle$  zur Folge hat, wird der Fall des Warenwertes noch durch die stimulierende Funktion verschärft. Steigende Arbeitsproduktivität hat ein Sinken des Wertes der einzelnen Waren zur Folge und umgekehrt [11, S. 32], deshalb ist Steigerung der Arbeitsproduktivität ebenfalls eine Folge der Konkurrenz und damit des Wertgesetzes.

Wir wollen nun noch das Verhalten der Profitrate untersuchen. Dabei wollen wir nicht die Tendenz der Profitrate zum Fall untersuchen, die durch Vergrößerung der organischen Zusammensetzung bedingt ist [16, 3, Bd. III, 3. Abschnitt], sondern den Einfluß der "Produktivität der Arbeit" untersuchen, wie er in [3, Bd. III, S. 70] ausdrücklich unberücksichtigt bleibt.

Für die Profitrate haben wir

$$p_i = \frac{d\omega_i}{dk_i} \quad (32)$$

wobei diese Definition für den Fall konstanter Geschwindigkeiten der Marx'schen entspricht (ähnlich der Mehrwertrate Gl. (2)) und für eine Umschlagperiode gilt. Für Bezüge zur Jahresrate siehe [3, Bd. III, S. 70, Bd. II, S. 292 ff., Bd. I, S. 834]

Setzen wir den Profit nach Gl. (23) ein und für den Kostpreis

$$\alpha_i = \frac{dk_i}{dx_i}$$

so folgt

$$p_i = \frac{(\langle \omega \rangle - \alpha_i) y_i}{\alpha_i y_i} = \frac{\langle \omega \rangle}{\alpha_i} - 1 \quad (33)$$

Auch hier, wie in Gl. (23), wird aus Profit Verlust, wenn der Kostpreis den Marktpreis übersteigt.

Für die zeitliche Änderung der individuellen Profitrate finden wir

$$\frac{dp_i}{dt} = \frac{1}{\alpha_i} \frac{d}{dt} \langle \omega \rangle$$

und mit Gl. (31)

$$(34)$$

$$\frac{d\rho_i}{dt} = \frac{\alpha}{\omega_i} (\langle \omega \rangle^2 - \langle \omega^2 \rangle) \leq 0 \quad (35)$$

Der Vorgang der Konkurrenz und Selektion ist also mit einem ständigen Sinken der Profitrate für den einzelnen Produzenten in diesem Modell verbunden. Durch Vergrößerung der Arbeitsproduktivität, Verkleinerung des Aufwands kann dem Sinken zeitweilig entgegengewirkt werden, Folge ist aber stets ein noch schnellerer Fall. Bei der Betrachtung eines durchschnittlichen Produzenten  $\omega_i = \langle \omega \rangle$  geht (33) über in

$$\rho_i = \frac{\omega_i}{\alpha_i} - 1 = \frac{\mu_i}{1 + 1/\beta_i} \quad (36)$$

Die vorgelegte Arbeit ist eine gekürzte und leicht veränderte Fassung einer Belegarbeit im Fach Marxismus-Leninismus im Rahmen des Promotionsverfahrens A [29].

Für die Betreuung dieser Arbeit bin ich Herrn Doz. Dr. Fischer zu besonderem Dank verpflichtet, weiterhin Prof. Dr. Vogel und Prof. Dr. Ebeling für förderndes Interesse und viele fruchtbare Diskussionen.

## Literatur

- [1] F.Engels: Karl Marx" Zur Kritik der politischen Ökonomie " in " Karl Marx und Friedrich Engels - Ausgewählte Schriften in zwei Bänden " Berlin 1952
- [2] K.Marx : " Zur Kritik der politischen Ökonomie " Berlin 1951
- [3] K.Marx : " Das Kapital " Bd.I - III Berlin 1951
- [4] " Synergetics " Ed. H. Haken, Stuttgart 1973
- [5] H.Haken, R.Graham: Die Umschau 6 (1971) 191
- [6] M. Eigen,R.Winkler: " Das Spiel " München 1975
- [7] R. Thom: " Structural Stability and Morphogenesis " New York 1972
- [8] W. Ebeling: Beitrag in diesem Band
- [9] R. Feistel, W. Ebeling: Wiss.Z.W.-Pleck-Univ.Rostock MNR ( im Druck)
- [10] W. Ebeling, R. Feistel: Wiss.Z. Humboldt-Univ.Berlin GWR 25 (1976) 25
- [11] " Einführung in die politische Ökonomie des Kapitalismus " Berlin 1973
- [12] O. Reinhold: " Die Wirtschaftskrisen " Berlin 1974
- [13] K. Neelsen, K. Mueller-Bülow: " Ware und Geld " Berlin 1973
- [14] K. Neelsen: " Kapital und Mehrwert " Berlin 1973
- [15] A. Lemnitz: " Kreislauf und Umschlag des Kapitals " Berlin 1974
- [16] A. Heinze, A.Lemnitz: " Profit, Durchschnittsprofit und Produktionspreis " Berlin 1973
- [17] " Lehrbuch Politische Ökonomie " Berlin 1955
- [18] O. Lange: " Einführung in die ökonomische Kybernetik " Berlin 1968
- [19] O. Lange: " Einführung in die Ökonometrie " Berlin, Warschau 1968
- [20] K. Marx " Lohn, Preis und Profit " siehe [1 , Bd.I S. 387 f]
- [21] M. Eigen: Naturwiss. 58 (1971) 465

- [22] W. Ebeling, R. Feistel: *studia biophys.* 46 (1974) 183
- [23] W. Ebeling, R. Feistel: *Z. phys. Chem.* 257 (1976) 705
- [24] W. Ebeling, R. Feistel: *Ann. Phys. (Leipzig)* (1976)
- [25] G. Klaus: Vorwort zu O. Lange "Ganzheit und Entwicklung in kybernetischer Sicht" Berlin 1966, S. XX.
- [26] P. Schuster: *Chemie in unserer Zeit* 6(1972)1
- [27] G. Klaus : "Kybernetik in philosophischer Sicht " Berlin 1963
- [28] G. Klaus : " Kybernetik - eine neue Universalphilosophie der Gesellschaft?". Zur Kritik der bürgerlichen Ideologie 27 Berlin 1973
- [29] R. Feistel : " Ein dynamisches Modell für die differenzierende und stimulierende Funktion des Wertgesetzes im Kapitalismus der freien Konkurrenz ". Belegarbeit an der Sektion Marxismus-Leninismus der W.-Pieck-Universität Rostock 1976.

Ein Modell zur Ermittlung ausgewählter, langfristig optimaler volkswirtschaftlicher Grundproportionen oder die Darstellung des Bewegungsproblems in ökonomischen Systemen in Analogie zur Beschreibung des dynamischen Verhaltens mechanischer Systeme.

Von Peter Trettin, Zentralinstitut für Wirtschaftswissenschaften der AdW der DDR.

Im vorliegenden Beitrag wird versucht, den zuerst für die Darstellung der klassisch mechanischen (Punkt-)Systeme ausgearbeiteten methodischen Weg heranzuziehen für die Beschreibung der optimalen Entwicklung einer sozialistischen Volkswirtschaft in ausgewählten Grundproportionen. Für ökonomische Systeme, insbesondere für Volkswirtschaften, ist zwar ein völlig anderer Bewegungstyp als für die Systeme der klassischen Mechanik charakteristisch - sie erfahren ein Wachstum, vorwiegend gespeist aus inneren, wechselweise aufeinander einwirkenden Quellen wie Grundfondsreproduktion, Reproduktion der lebenden Arbeit, Erzeugung und Nutzung des technischen Fortschritts, u.a. - , dennoch wurde für die Optimierungsaufgabe, mit deren Hilfe Antworten auf die Frage nach der langfristig optimalen Aufteilung des Nationaleinkommens bzw. Endprodukts für Konsumtions- und Investitionszwecke gegeben werden sollen - hinter dieser Frage verbirgt sich ja letztlich das Problem, das optimale Regime für die " Instandhaltung " bzw. Erweiterung der einzelnen " inneren Quellen " des volkswirtschaftlichen Reproduktionsprozesses zu bestimmen -, in der mathematischen Struktur eine möglichst große Ähnlichkeit zur Beschreibung des Bewegungsproblems in der Hamiltonschen Mechanik angestrebt. Somit haben solche Grundbegriffe wie " verallgemeinerte Lage- und Impulskoordinate ", " Wirkungsfunktion " und " kanonische Bewegungsgleichungen " in der betrachteten ökonomischen Optimierungsaufgabe und in ihrem Lösungsalgorithmus ihre Entsprechung. Darüber hinaus weist das Zielfunktional der Aufgabe eine gewisse strukturelle Verwandtschaft mit der Wirkungsfunktion des linearen harmonischen Oszillators auf. Im Analogon zu den kanonischen Bewegungs-

Gleichungen, einem linearen, einseitig gekoppelten Differenzgleichungspaar, spielt der Bewertungsparameter, mit dessen Hilfe die Belange des zukünftigen Lebensstandard- zu den Belangen des gegenwärtigen Lebensstandard-Wachstums in Beziehung gesetzt werden, eine wesentliche Rolle. Dieser Parameter verfügt, wie im Schluß des Beitrages kurz erörtert wird, über Bifurkationswerte, an denen sich die Bewegung des modellierten ökonomischen Systems qualitativ verändert.

#### 1. Erläuterungen zur Problemstellung.

Auf der Ebene der sozialistischen Volkswirtschaft ist die Erarbeitung der Pläne in bestimmtem Maße und in bestimmten Phasen immer auch Festlegung der Grundproportionen des gesamten ökonomischen Reproduktionsprozesses. Solche Grundproportionen sind u.a.

1. die Verteilungsproportion des Nationaleinkommens (bzw. Endprodukts) für Akkumulations- (bzw. Brutto-Investitions-) und Konsumtionszwecke;
2. das Aufteilungsverhältnis des gesellschaftlichen Arbeitsvermögens in die dem produzierenden Bereich sowie dem nichtproduzierenden Bereich der Volkswirtschaft zugeordneten Anteile;
3. die Entwicklungsproportionen zwischen den Abteilungen I und II der Produktionssphäre;
4. der Anteil der ausgesonderten Grundfonds am Grundfonds-Gesamtbestand (bzw. die Proportion zwischen der Aussonderung älterer und der Zuführung neuer produktiver Grundfonds);
5. die Relation zwischen dem Zuwachs an Arbeitsproduktivität im produzierenden Bereich und dem Zuwachs des Durchschnittslohnes der Werktätigen.

Das methodische Instrumentarium, welches bei der Bestimmung dieser wechselseitig aufeinander einwirkenden Grundproportionen benutzt wird, leitet sich aus der marxistisch-leninistischen Reproduktionstheorie ab. Auf dem Boden dieser Lehre gibt es in den sozialistischen Ländern neben der Arbeit zu

anderen Schwerpunkten auch eine intensive Grundlagenforschung mit dem Ziel, in der Modellierung eine immer vollständigere Widerspiegelung des volkswirtschaftlichen Reproduktionsprozesses in seinen Grundproportionen zu erreichen. Die Forscher setzten hier gegenwärtig mehrere Modelltypen ein, nämlich mehrsektorale dynamische Bilanzierungsmodelle, ökonomische Modelle und sehr hochaggregierte Wachstumsmodelle mit Optimierung. Jeder dieser Ansätze hat, so kann man wohl formulieren, seine starken Seiten etwa gerade an den Schwachstellen des jeweils anderen Typs. Für den zuletzt angeführten Modelltyp, auf den sich die weiteren Erörterungen dieses Beitrages beziehen, sind starke Abstriche in der Darstellung der für die Produktionssphäre spezifischen mannigfachen Verflechtungsbeziehungen kennzeichnend. Im Grenzfall geht man soweit, den produzierenden Bereich der Volkswirtschaft als einheitliches homogenes Aggregat aufzufassen (einsektorale Modelle). Mit den zur Zeit bekannten Modellen dieses Typs lassen sich Ergebnisse zu den Grundproportionen 1 sowie 4 und, falls die Modelle über eine zwei- oder dreisektorale Gliederung des produzierenden Bereiches verfügen, auch zur Proportion 3 ermitteln. Aussagen zur Proportion 2 benötigen hingegen diese Modelle häufig bereits als Vorgabe-Informationen.

Sehr hochaggregierte Modelle zur Ermittlung ausgewählter optimaler Grundproportionen werden in der wirtschaftswissenschaftlichen Forschung der sozialistischen Länder schon seit längerer Zeit eingesetzt. Namentlich mit dem Pontrjagin-Maximumprinzip und mit der Methode der dynamischen Programmierung (R. Bellman) standen dieser Forschungsrichtung bald auch leistungsfähige Lösungsverfahren zur Verfügung. Aus der Gesamtzahl der Arbeiten zu diesem Schwerpunkt sei hier wenigstens auf Untersuchungen von L. S. Lashrowitsch, B. W. Michalewski, A. S. Dadajan, K. A. Bagrinowski und A. A. Saltuch hingewiesen/1a-e/. Diese Untersuchungen waren oft Ausgangspunkt und Orientierung für die Arbeiten /2a-c/, die hierzu in der DDR geleistet worden sind und geleistet werden.

Durch die bisherigen Arbeiten ist in hinreichendem Maße aufgeklärt, nach welchen Grundsätzen in den hochaggregierten wach-

tumsmodellen mit Optimierung die Abbildung des volkswirtschaftlichen Reproduktionsprozesses in seinen Hauptproportionen erfolgt. Somit können nun auch jene Punkte gut erkannt werden, an denen aus der Sicht des Anwenders noch eine adäquatere Widerspiegelung der realen ökonomischen Zusammenhänge benötigt wird. Ein derartiger Punkt ist zweifellos die verbesserte Darstellung der Zielstellungen, denen in der sozialistischen Gesellschaftsformation der ökonomische Reproduktionsprozeß zu dienen hat. Erläutern wir kurz, worauf es uns bei dieser Feststellung ankommt.

Aus mathematischer Sicht handelt es sich bei diesen hochaggregierten Modellen um Optimalsteuerprobleme. Diese setzen sich aus den zwei Bausteinen Bedingungssystem und Zielfunktional zusammen; wesentlicher Bestandteil des Bedingungssystems ist die Wachstumsbeziehung ( Bewegungsgleichung ) des ökonomischen Systems. Beide Bausteine sind in den Variablen des Steuerproblems zu formulieren. Natürlich muß in diesen Optimierungsaufgaben das Bestreben dahin gehen, (zumeist in ihrem Zielfunktional) das ökonomische Grundgesetz des Sozialismus auszu- drücken, wonach in jeder Zeiteinheit, z.B. in jedem Planjahr, alle Tätigkeit der Gesellschaft darauf gerichtet ist, den höchstmöglichen Zuwachs in der Befriedigung der materiellen und kulturellen Bedürfnisse der Werktätigen zu erreichen. Dabei sind in der Gegenwart jeweils die Voraussetzungen für die wachsende Bedürfnisbefriedigung in der Zukunft zu sichern:

Auf der Grundlage einer a n h a l t e n d stabilen und proportionalen Entwicklung der gesellschaftlichen Produktion ... ist ... das materielle und kulturelle Lebensniveau des Volkes Schritt für Schritt weiter zu verbessern.

/3/

Aber es geht uns bei dieser Feststellung noch um einen weiteren Gesichtspunkt, auf den auch H.Maier/4/ hinweist:

Die angestrebten Wachstumsraten (müssen) ... das Ergebnis der Prüfungen konkreter Gleichgewichtsbedingungen für das Wachstum, vorhandener Faktoren und Restriktionen in Hinblick auf ganz konkrete sozialökonomische Ziele, denen das ökonomische Wachstum dienen soll, sein. Hierbei ändern sich mit dem erreichten Entwicklungsniveau und den sich wandelnden Wachstumsbedingungen die Prioritäten, Schwerpunkte und Wege des ökonomischen Wachstums. Dies führt

natürlich auch zu einer differenzierten Entwicklung der Wachstumsraten in den einzelnen Ländern und Jahren. ... Die Bestimmung einer optimalen Wachstumsmagistrale der sozialistischen Wirtschaft ist daher ein Kardinalproblem der sozialistischen Theorie und Praxis.

Solche Forderungen nach flexibler Anpassung an wechselnde Prioritäten und nach Berücksichtigung von zeitlich befristeten Teilzielen, die die Gesellschaft als diejenigen Aufgabenstellungen wertet, welche in einzelnen Planabschnitten den wirkungsvollsten Beitrag zur Realisierung des ökonomischen Grundgesetzes leisten, wurden an die hochaggregierten Wachstumsmodelle mit Optimierung bisher nicht gestellt. Das im vorliegenden Beitrag erörterte Modell zeigt einen Weg, wie diesen Anforderungen entsprochen werden kann.

Ein zweiter Punkt, an welchem ökonomisch-mathematische Modelle die Realität besser als bisher erfassen müssen, sei wenigstens noch angedeutet. In Übereinstimmung mit den herangereiften Bedingungen streben die sozialistischen Länder danach, mehr und mehr den "intensiven Typ der erweiterten Reproduktion zur Hauptform des ökonomischen Wachstums zu machen. Dies ist ein Wachstum, das eine immer bessere Befriedigung der materiellen und kulturellen Bedürfnisse mit einem geringen spezifischen Aufwand an menschlicher Arbeit, Energie und Naturstoff ermöglicht" /4/. Diese Hauptform durchzieht in zunehmendem Maße den gesamten Reproduktionsprozeß; deshalb muß sie sich namentlich in der Modellierung der volkswirtschaftlichen Grundproportionen niederschlagen.

Die Analogie zur Behandlung des Bewegungsproblems z.B. für konservative mechanische Systeme ist hier aufgesucht worden, um die zu untersuchende Aufgabe " ... auf bekannte Problemstrukturen zurückzuführen.... Grundlage der Analogien sind die objektiv existierenden gemeinsamen Beziehungen in qualitativ verschiedenen Systemen ", führt H. Hörz /5/ weiter aus, nicht ohne darauf hinzuweisen, daß die Grenzen für Analogien fixiert werden durch die spezifischen Gesetzmäßigkeiten in den jeweiligen Systemen. Wir meinen, im vorliegenden Beitrag die spezifischen Grundzüge von dynamischen ökonomischen Systemen gewahrt zu haben.

## 2. Darstellung des ursprünglichen Wachstumsmodells.

Das ursprüngliche Modell faßt die Volkswirtschaft als einsektorales System mit zeitlich diskreter Entwicklung auf, in welchem das ökonomische Wachstum auf folgendem Mechanismus beruht:

Die Entwicklung der zentralen Produktgröße (Bruttoprodukt bzw. Endprodukt oder Nationaleinkommen) leitet sich - bei Berücksichtigung der Reproduktion des produktiv genutzten Teiles  $L(t)^x$  vom gesellschaftlichen Arbeitsvermögen - direkt aus der Dynamik der Grundfonds<sup>xx</sup> ab. Dem in einem Betrachtungsjahr  $t$  der Planperiode  $(1, T)$  neu zugeführten GF-Anteil  $G(1, t)$  sind die jeweils höchsten Kennwerte für Arbeitsproduktivität und Fondsquote zugeordnet; über diese Parameter wird hier im wesentlichen der technische Fortschritt erfaßt. Der Anteil  $G(1, t)$  ist auf jeden Fall in Nutzung zu nehmen. Übersteigt das für den Einsatz der jeweiligen GF-Zuführung erforderliche Arbeitsvermögen den natürlichen Arbeitskräfte-Zuwachs  $\Delta L(t-1) = L(t) - L(t-1)$  in der Produktionssphäre, so ist das Defizit durch Arbeitskräfte Freisetzung bei den aus dem Vorjahre übernommenen GF-Beständen zu schließen. Die von der Arbeitskräfte-Freisetzung betroffenen Altfonds-Bestandteile scheiden für alle Zeiten aus dem Produktionsprozeß aus; ein zeitweiliges Brachliegen von Teilen des GF-Bestandes ist nicht zugelassen. Auf diese Weise wird die GF-Aussonderungsrate eine endogene Variable des Problems.

Gewäß einer in /2 b / gegebenen Klassifizierung bezeichnen wir alle Modelle mit diesem Wachstumsmechanismus als Modelle vom Typ M3. Jedes M3 - Modell faßt die GF-Reproduktion als einzige i n t e r n e Wachstumsquelle auf. Deshalb liegt es auf der Hand, gerade diesen Prozeß besonders detailliert zu modellieren. Um bei den GF eine Altersstruktur berücksichtigen zu können, wird im Modell von einer Zerlegung des Gesamtvolumens ausgegangen:

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{im Jahre } t \\ \text{wirksamer GF-} \\ \text{Gesamtbestand} \end{array}} = \boxed{\begin{array}{l} \text{GF-Zuführung} \\ \text{im Jahre } t \end{array}} + \boxed{\begin{array}{l} \text{aus dem Vorjahre} \\ \text{übernommener GF-} \\ \text{Bestand} \\ \text{(Altfonds im Jahre} \\ \text{t)} \end{array}}$$

x) Diese Kennziffer wird in  $10^3$  Personen, alle anderen Absolut-Kennziffern in Mio Mark gemessen.

xx) Im weiteren mit GF abgekürzt.

$$G(t) = G(1,t) + G(2,t)+G(3,t) ; t= 0,1,\dots(1)$$

Die Bestimmungsgleichungen für die jährlichen GF-Teile  $G(1,t)$ ;  $l=1,2,3$  ergeben sich wie folgt:

Die GF-Zuführung  $G(1,t)$  umfaßt sowohl die Erweiterung des GF-Bestandes als auch den Ersatz ausgesonderter GF-Anteile. Durch sie werden jene Komponenten des wissenschaftlich-technischen und produktionsorganisatorischen Fortschritts für die wirtschaftliche Entwicklung genutzt, die an die Bereitstellung von Investitionsmitteln gebunden sind. Bei Beachtung von mehrjährigen verteilten Zeitverzögerungen führt die GF-Erweiterung des Jahres  $t$  zur Aktivierung von Anteilen aus den Brutto-Investitionsfonds mehrerer Vorjahre  $t-1, \dots, t-K$  ( $K \geq 1$ ):

$$G(1,t) = \sum_{t'=1}^K k(t') I(t-t') \quad ; \quad t = 0,1,\dots \quad (2a)$$

$$0 \leq k(t') \leq 1 \quad ; \quad \sum_{t'=1}^K k(t') = 1 \quad (2b)$$

Bleiben in der GF-Reproduktion mehrjährige Zeitverzögerungen unberücksichtigt, so gilt:  $k(1)=1$ ;  $k(t')=0$  für  $t' > 1$ . Vereinfachend ist hier noch davon abgesehen worden, daß die Verzögerungsstrukturen in der GF-Reproduktion sich in der Zeit ändern können. Statt der  $k(t')$  wären genauer also  $k(t,t')$ -Koeffizienten einzusetzen.

Grundmittel müssen nach ihrer Indienststellung eine Reihe von Jahren, sagen wir  $K'$  Jahre, in der Produktion wirken, bevor sie für Aussonderungen in Frage kommen. Folglich ist bei den Altfonds ein Anteil  $G(2,t)$  abzugrenzen, der die jeweils produktiveren Grundmittel enthält und aus dem im Jahre  $t$  noch keine Aussonderungen vorgenommen werden dürfen. Dieser Anteil berechnet sich nach der Vorschrift

$$G(2,t) = G(2,t-1) + G(1,t-1) - G(1,t-K'-1)$$

$$= \sum_{t^+ = -K'}^{-1} G(1,t+t^+) \quad ; \quad t = 0,1,\dots \quad (2c)$$

Sind die (früheren) GF-Zuführungen  $K'$  Jahre produktionswirksam gewesen, gehen sie in jenen Altfonds-Bestandteil über, der für Aussonderungen in Frage kommt. In dieser 3. Grundfonds-Art steht im Jahre  $t$  potentiell das Volumen

$$G(3P,t) = G(3,t-1) + G(1,t-K'-1) \quad ; \quad t = (0),1,2,\dots \quad (3a)$$

für den produktiven Einsatz zur Verfügung. Gemäß dem oben skizzierten Wachstumsmechanismus kann von diesem Bestand in der Regel lediglich ein bestimmter Anteil  $G(3,t)$  in produktiver Nutzung verbleiben. Die Größe dieses Anteils wird, wie die Beziehung

$$G(3,t) = \frac{b(3,t)}{a(3,t)} L(3,t) \quad ; \quad t = 0,1,\dots \quad (3b)$$

zeigt, maßgeblich vom Umfang des Arbeitskräfte-Restbestandes

$$L(3,t) = L(t) - L(1,t) - L(2,t) \quad ; \quad t = 0,1,\dots \quad (3c)$$

$$L(1,t) = \frac{a(1,t)}{b(1,t)} G(1,t) \quad ; \quad L(2,t) = L(2,t-1) + L(1,t-1) - L(1,t-K'-1)$$

bestimmt. Das Grundfonds-Differenzvolumen

$$G(t, \text{Aus}) = G(3P,t) - G(3,t) \quad ; \quad t = 0,1,\dots \quad (3d)$$

ist aus dem Produktionsprozeß auszusondern; als Aussonderungsrate  $g(t)$  wird hierbei der Quotient

$$g(t) = G(t, \text{Aus}) / G(t-1) \quad ; \quad t = 0,1,\dots \quad (3e)$$

definiert.

Im Anschluß an die Modellierung der GF-Reproduktion sollen jetzt weitere Relationen des Wachstumsmodells M3 angegeben werden. Die Zerlegung (1) des GF-Gesamtbestandes  $G(t)$  zieht in jedem Planjahr, wie schon die Beziehungen (3b,c) erkennen lassen, sowohl eine Dreiteilung solcher Absolutkenngrößen wie

produktiv eingesetztes Arbeitsvermögen  $L(t)$  und gesamtgesellschaftliches oder Bruttoproduct  $B(t)$

als auch eine Strukturierung der Relativkenngrößen

GF-Quote  $a(t)$ , Arbeitsproduktivität  $b(t)$ , u.a.  
nach sich:

$$B(t) = B(1,t) + B(2,t) + B(3,t) ; L(t) = L(1,t) + L(2,t) + L(3,t) \quad (4a,b)$$

$$a(t) = B(t)/G(t) ; b(t) = B(t)/L(t) ; t = 0, 1, \dots \quad (4c,d)$$

$$a(1,t) = B(1,t)/G(1,t) ; b(1,t) = B(1,t)/L(1,t) ; l=1,2,3. \quad (4e,f)$$

Durch die Beziehungen (4c,d) wird gleichzeitig auch die sog. Aufkommensbeziehung für das jährliche Bruttoproduct  $B(t)$  erfaßt:

$$B(t) = a(t)G(t) \text{ bzw. } B(t) = b(t)L(t) ; t = 0, 1, \dots \quad (4g,h)$$

Genauer: Aus formaler Sicht kann man hier sowohl (4g) wie auch (4h) als Aufkommensbeziehung interpretieren, je nachdem ob modellintern die Entwicklung des Produktionselements  $L(t)$  oder  $G(t)$  dargestellt wird. Das jeweils andere Produktionselement nimmt dabei die Rolle einer limitierenden, in ihrer Entwicklung modellextern determinierten Ressource ein. Im realen volkswirtschaftlichen Reproduktionsprozeß jedoch wirkt die Bruttoproduct-Verwendung (siehe hierzu die Beziehungen (5a-c, 2a)) auf die  $G(t)$ -Entwicklung viel unmittelbarer und eindeutiger ein als auf die  $L(t)$ -Reproduktion. Dieser Umstand hat zur Folge, daß im Modell M3 wie in allen anderen Ansätzen, die sich auf limitationale Produktionsfunktionen (4g,h) stützen, gerade die GF-Reproduktion intern beschrieben wird.

Das vorliegende Wachstumsmodell benötigt neben den zur Kennzeichnung des Ausgangszustandes im Jahre  $t=0$  und der Investitionsverzögerungen erforderlichen Daten mit den Kennziffern  $L(t), a(1,t), b(1,t)$  nur 3 Vorgabegrößen, um aufkommensseitig in jedem Planjahr  $t$  den volkswirtschaftlichen Zustand vollständig beschreiben zu können. Insbesondere ist im Modell die Berechnung der den GF-Arten  $l=2,3$  zugeordneten Kennwerte  $a(1,t), b(1,t)$  für die Fondsquote und die Arbeitsproduktivität sowie der jährlichen Gesamtwerte  $a(t), b(t)$  möglich.

Auf der Verwendungsseite besteht das erörterte Modell in seiner einfachsten Variante aus den Beziehungen

$$W(t) = z(t)B(t), \quad W(t) = R(t) + I(t), \quad I(t) = y(t)W(t); \quad t=0,1,\dots$$

(5a-c)

$y(t)$  - Bruttoinvestitionsrate.

Die in (5a) gewählte Darstellung gibt die Möglichkeit, im Modell explizit die zeitliche Veränderung in der Proportion zwischen dem Endprodukt und dem Bruttoproduct zu erfassen. Im Modell muß für eine hinreichende Widerspiegelung dieser Proportion, die ein wichtiger Indikator für die Effektivität des Produktionsprozesses auf volkswirtschaftlicher Ebene ist, gesorgt werden. Denn aus vielfältigen Ursachen heraus ist in einer Ökonomie zu verschiedenen Zeiten in der Regel ein verschieden großes Bruttoproduct zu erzeugen, um eine Einheit Endprodukt bilden zu können. Für die DDR-Wirtschaft beispielsweise hatte sich die  $W(t)$ - $B(t)$ -Proportion über längere Zeiten (bis zum Jahre 1972 hin) beständig leicht verschlechtert.

### 3. Herleitung des Bedingungssystems der Optimalsteueraufgabe /6/.

Im Steuerproblem zur Ermittlung ausgewählter längerfristig optimaler volkswirtschaftlicher Grundproportionen muß das Wachstumsmodell aus dem vorherigen Abschnitt als Bewegungsgleichung, d.h. als zentrale Beziehung seines Restriktionssystems, auftreten. Dazu ist es erforderlich, dem Modell (1-5) eine kompaktere Gestalt zu geben. Diese kompaktere Modellform konnte auf dem folgenden Wege aufgefunden werden:

Notiert man die Zerlegungsvorschrift (4a) bequemerweise sofort für den Zeit-Index  $t+1$ , so ergibt sich bei Substitution von (4e,f) die Relation

$$W(t+1)/z(t+1) = b(2,t+1)L(2,t+1) + b(3,t+1)L(3,t+1) + a(1,t+1)G(1,t+1). \quad (6a)$$

Nach Einführung der Arbeitskräfte-Bilanzbedingung (3c) geht (6a) mit den Beziehungen

$$L(2,t+1) = L(t) - L(3P,t+1)$$

$$L(t+1) = T(L,t)L(t) = (1+T^+(L,t))L(t); \quad L(t) = B(t)/b(t)$$

$$b(2,t+1)L(2,t+1) + b(3,t+1)L(3P,t+1) = B(t),$$

die, sofern sie nicht Definitionen sind, aus den Gleichungen (4a,d) hergeleitet werden können, über in

$$\frac{W(t+1)}{z(t+1)} = \left[ 1 + T^+(L, t) \frac{b(3, t+1)}{b(t)} \right] B(t) + \left[ b(1, t+1) - b(3, t+1) \right] \cdot \frac{a(1, t+1)}{b(1, t+1)} \cdot G(1, t+1). \quad (6b)$$

Mit (5a) und den Abkürzungen

$$R(t) = \frac{b(t) + T^+(L, t) b(3, t+1)}{b(t)} T(z, t); \quad T(z, t) = z(t+1)/z(t) \quad (6c)$$

$$V(t) = z(t+1) \frac{b(1, t+1) - b(3, t+1)}{b(1, t+1)} a(1, t+1); \quad t = 0, 1, \dots \quad (6d)$$

nimmt (6b) die Form

$$W(t+1) = A(t)W(t) + V(t)G(1, t+1) \quad ; \quad t = 0, 1, \dots$$

an. Wird jetzt der Ansatz (2a) für die GF-Zuführung berücksichtigt, so resultiert

$$W(t+1) = R(t)W(t) + k(1)V(t)I(t) + V(t) \sum_{t'=2}^K k(t') I(t-t'+1); \quad t = 0, 1, \dots \quad (6e)$$

sowie nach Anwendung der Normierungen

$$w(t) = W(t)/W(0), \quad i(t) = I(t)/W(0), \quad \text{usw.}, \quad (6f)$$

welche anstelle von (5b,c) nun zu

$$w(t) = r(t) + i(t) \quad ; \quad i(t) = y(t)w(t) \quad (6h)$$

führen, schließlich die folgende Rekursionsbeziehung in den dimensionslosen Variablen  $w(t), i(t)$ :

$$w(t+1) = A(t)w(t) + k(1)V(t)i(t) + V(t) \sum_{t'=2}^K k(t')i(t-t'+1); \quad t = 0, 1, \dots \quad (7a)$$

Der Versuch, ein kompakteres Modell des volkswirtschaftlichen Reproduktionsprozesses aufzubauen, hat also eine in  $w(t)$  und  $i(t)$  lineare Differenzgleichung mit zeitabhängigen Koeffizienten  $A, V$  ergeben. Für diese Differenzgleichung bestehen die Anfangsbedingungen

$$w(0) = 1 \quad ; \quad i(0) = i_0 > 0; \quad (7b)$$

weiterhin sind neben den Größen  $i(-1)$ ,  $i(-2)$ , ...,  $i(-K+1)$  noch die für die Berechnung von  $A(0)$ ,  $V(0)$  erforderlichen Anfangswerte einiger ökonomischer Kennziffern bereitzustellen. Die resultierende Differenzgleichung (7a), in der die Variable  $w(t)$  das Analogon der verallgemeinerten Lagekoordinaten der Mechanik ist, weist eine charakteristische Eigenschaft auf: Die zeitabhängigen Koeffizienten  $A, V$  werden nicht ausschließlich durch die Eingabedaten  $b(1,t)$ ,  $a(1,t)$ , ... determiniert, sondern sie hängen auch von internen Modellvariablen, so von  $b(t)$  und  $b(3,t+1)$ , und damit von dem jeweiligen optimalen Reproduktionsregime ab. Um aber die  $A, V$ -Werte zum Zeitpunkt  $t$  berechnen zu können, werden lediglich Informationen über den zum Zeitpunkt  $t-1$  erreichten Entwicklungszustand der Volkswirtschaft benötigt.

Für den Aufbau des Lösungsverfahrens spielt dieser Sachverhalt eine wesentliche Rolle (s.a. Abschnitt 5).

#### 4. Zum Zielkriterium des Optimierungsproblems /6/.

Welchen ökonomischen und modellmäßigen Anforderungen muß der Zielausdruck  $Z$  der Optimalsteueraufgabe entsprechen? Hinsichtlich der modellmäßigen Anforderungen kann man die folgende Antwort geben: Ausdruck  $Z$  muß ein eindeutiger Indikator für den "Nutzen" oder, um einen in der Physik gebräuchlichen Begriff zu verwenden, für die "Wirkung" sein, den (bzw. die) dieser oder jener ökonomische Entwicklungsweg für die Gesellschaft mit sich bringt.

Die ökonomischen Anforderungen an das Zielfunktional sind im Abschnitt 1 formuliert worden. Die nachstehenden Punkte erklären, wie sich diese Anforderungen mit Hilfe der Variablen des Modells ausdrücken lassen:

1. Ohne weiteres ist zu akzeptieren, daß der Zielausdruck in kumulativer ("integraler") Form gebildet wird

$$Z = \sum_{t=0}^T L_t$$

und daß seine Lagrange-Funktion  $LF$  vom jährlichen Konsumtionsfonds-Volumen  $R(t)$  bzw.  $r(t)$  abhängen muß. Denn unter den Modellvariablen ist gerade diese Größe Repräsentant für das jeweils gegenwärtig (d.h. im laufenden Betrachtungsjahr  $t$ ) erreichte Lebensstandard-Niveau.

2. Eine lediglich von  $r(t)$  abhängige Lagrange-Funktion kann aber keine Informationen darüber enthalten, welche (Vor-)Leistungen in einer Volkswirtschaft jeweils gegenwärtig für die zukünftige Sicherung, ja Verbesserung des materiellen und kulturellen Lebensniveaus erbracht worden sind bzw. erbracht werden sollten. Unter den Variablen des Modells ist der Fonds  $I(t)$  bzw.  $i(t)$  der produktiv genutzten Brutto-Investitionen der (jeweils gegenwärtige) Repräsentant für die zukünftige Lebensstandard-Entwicklung. Andere interne Quellen für das ökonomische Wachstum kennt der Modelltyp M3 bekanntlich nicht. Folglich muß auch die Variable  $i(t)$  in die Lagrange-Funktion eingehen.

3. Die Berücksichtigung dieser oder jener globalen Teilaufgabe, welche sich die sozialistische Gesellschaft zum Zwecke der bestmöglichen Realisierung des ökonomischen Grundgesetzes in den konkreten Abschnitten ihrer Entwicklung vornimmt, interpretieren wir als jeweils veränderte Bewertung der Proportion zwischen dem gegenwärtigen und der Vorleistung für das zukünftige Wachstum des Lebensstandards. In die Lagrange-Funktion ist deshalb ein entsprechender Bewertungsparameter aufzunehmen.

4. Schließlich bringt die im Abschnitt 1 gegebene Argumentation auch klar zum Ausdruck, daß im einsektoralen Modell dem Grundgesetz in jedem Planjahr um so besser entsprochen werden kann, je mehr Konsumtions- und Investitionsgüter aus dem letztlich begrenzten Ressourcen-Aufkommen dieses Jahres erzeugt werden konnten. Mit anderen Worten: Auf der zentralen Planungsebene wird zwecks bestmöglicher Ausschöpfung der verfügbaren Ressourcen jeder weiteren Einheit im  $R(t)$ - und  $I(t)$ -Fonds ein höherer "Nutzen" zugeordnet als der jeweils vorangegangenen Einheit. Um diesem Sachverhalt entsprechen zu

können, muß der Zielausdruck eine in den Variablen  $r(t), i(t)$  konvexe Funktion sein.

Der einfachste Z-Ansatz, der allen 4 Forderungen gerecht wird, lautet

$$Z = \sum_{t=0}^T \left[ \frac{q}{2q-1} r(t) + \frac{q-1}{2q-1} i(t) \right]^2; \quad \frac{q}{2q-1} + \frac{q-1}{2q-1} = 1 \quad (8a, b)$$

Eine Bedingung vom Typ (8b) läßt sich auch erfüllen, wenn der Bewertungsparameter  $q$  auf andere Weise in das Zielfunktional eingeführt wird. Jedoch die obige Art seiner Einführung wird im Lösungsalgorithmus zu besonders übersichtlichen Berechnungsvorschriften beitragen.

Es existiert mathematische Literatur (7a,b/u.a.), in der Optimalsteueraufgaben für lineare dynamische Systeme mit quadratischem Zielkriterium umfassend untersucht werden. Eine derartige Aufgabe wird beispielsweise erhalten, wenn die Steuerung eines chemischen Reaktors modelliert werden soll. Auf Anwendungen dieses Modelltyps in der Volkswirtschaftsplanung ist bisher nicht hingewiesen worden. Mehr noch: In der ökonomischen Forschung werden die obigen Argumente 2 und 4 und damit der Ansatz (8a) zur Modellierung des ökonomischen Grundgesetzes des Sozialismus gegenwärtig in der Regel noch als sehr problematisch eingeschätzt. Über die in der ökonomisch-mathematischen Modellierung gewöhnlich herangezogenen Zielfunktionale kann man sich u.a. in den ZIW-Publikationen /2b,c/ informieren.

Das Zielfunktional (8a) ergab sich im Anschluß an die ökonomische Argumentation. Seine sog.  $w(t), i(t)$ -Arbeitsform, d.h. diejenige Form, die unmittelbar mit der Wachstumsgleichung (7a) verknüpft werden kann, erhält man, nachdem mit Hilfe der Bilanzforderung (6h) die Variable  $r(t)$  eliminiert worden ist:

$$Z = \sum_{t=0}^T \left[ \frac{q^2}{(2q-1)^2} w^2(t) - 2 \frac{q}{(2q-1)^2} w(t) i(t) + \frac{1}{(2q-1)^2} i^2(t) \right] \quad (8c)$$

Diese Beziehung läßt sich als Entsprechung der Wirkungsfunktion in der klassischen Mechanik interpretieren.

### 5. Formulierung des Lösungsalgorithmus /6/.

Im Anschluß an die Abschnitte 2-4 läßt sich nun die Steuerungs-aufgabe formulieren, durch die das Problem der Ermittlung ausgewählter, langfristig optimaler volkswirtschaftlicher Grundproportionen hier beschrieben wird. In den Variablen  $w(t), i(t)$  lautet sie:

Maximiere das Funktional (8c) unter den Bedingungen (7a) und (6h), (7b), wobei für die Koeffizienten  $A(t), V(t)$  die Berechnungsvorschriften (6c, d) bestehen.

Aus ökonomischen Gründen sind weiterhin natürlich die Nicht-negativitätsforderungen

$$w(t) > 0, i(t) > 0, r(t) > 0 \quad ; \quad t = 0, 1, \dots \quad (9a)$$

zu erfüllen. Bemerkenswerterweise werden diese Forderungen bei der hier vorliegenden hochaggregierten Betrachtungsweise im Lösungsalgorithmus jedoch nicht ausdrücklich benötigt.

In der Literatur, z.B. in /8/, konnten lediglich Verfahren zur Lösung dieser Aufgabe für den Fall vorgegebener Koeffizienten  $A, V$  aufgefunden werden, die außerdem noch zusätzliche Informationen über den ökonomischen Zustand am Ende  $T$  des Planungszeitraumes erfordert hätten. Wir wollten hingegen einen Algorithmus einsetzen, der mehr dem aus der klassischen Mechanik vertrauten Prinzip

" Im Falle hinreichend einfacher mechanischer Systeme sichert bei bekannten Bewegungsgleichungen für die den Systemzustand beschreibenden Variablen die Vorgabe eines vollständigen Satzes von Anfangswerten die Beschreibung des Systemverhaltens in der Folgezeit "

angepaßt war. Dazu wurde aus der Lagrange-Funktion des Kriteriums (8c) und der rechten Seite der Wachstumsgleichung (7a) in jedem Jahr  $t$  eine Hamilton-Funktion

$$H(t) = \frac{q^2}{(2q-1)^2} w^2(t) - 2 \frac{q}{(2q-1)^2} w(t) i(t) + \frac{1}{(2q-1)^2} i^2(t) \quad (9b)$$

$$-\bar{m}(t-1) \left[ A(t)w(t) + k(1)V(t)i(t) + V(t) \sum_{t'=1}^K k(t')i(t-t'+1) \right] \quad (9b)$$

konstruiert, aus welcher gemäß der Vorschrift  $\bar{m}(t) = \partial H(t) / \partial w(t)$  sowie der notwendigen Extremwertbedingung  $\partial H(t) / \partial i(t) = 0$  Rekursionsbeziehungen für die neue eingeführte Hilfsvariable  $\bar{m}(t)$ , dem Analogon zur verallgemeinerten Impulskoordinate in der Hamiltonschen Mechanik, und für die Steuergröße  $i(t)$  hergeleitet werden:

$$\bar{m}(t) = 2 \frac{q^2}{(2q-1)^2} w(t) - 2 \frac{q(q-1)}{(2q-1)^2} i(t) - A(t) \bar{m}(t-1); \quad t = 0, 1, \dots$$

woraus mit (6h) und nach Übergang zu der modifizierten Variablen

$$m(t) = (2q-1)^2 \bar{m}(t) \quad ; \quad t = 0, 1, \dots \quad (9c)$$

resultiert

$$m(t) = 2q^2 r(t) + 2q(q-1)i(t) - A(t)m(t-1) \quad ; \quad t = 0, 1, \dots, \quad (9d)$$

$$i(t) = qw(t) + \frac{1}{2} k(1)V(t)m(t-1) \quad ; \quad t = 0, 1, \dots \quad (9e)$$

Als Folge der Bilanzgleichung (6h) wird aus (9e) sofort auch eine Rekursionsbeziehung für die Komplementärgröße  $r(t)$  erhalten

$$r(t) = (1-q)w(t) - \frac{1}{2} k(1)V(t)m(t-1) \quad ; \quad t = 0, 1, \dots, \quad (9f)$$

Werden mit Hilfe der Relationen (9e, f) aus (7a), (9d) die Variablen  $r(t), i(t)$  eliminiert, so führt der Lösungsalgorithmus auf das folgende System zweier in den Variablen  $w(t)$  und  $m(t)$  linearer, gekoppelter Differenzgleichungen

$$\left. \begin{aligned} w(t+1) &= \left[ A(t) + k(1)V(t)q \right] w(t) + \frac{1}{2} \left[ k(1)V(t) \right]^2 m(t-1) \\ &+ V(t) \sum_{t'=2}^K k(t') i(t-t'+1) \quad ; \quad t = 0, 1, \dots \\ m(t) &= (-1) \left[ A(t) + k(1)V(t)q \right] m(t-1) \end{aligned} \right\} \quad (10a)$$

Dabei resultiert aus der noch verfügbaren Information über den volkswirtschaftlichen Ausgangszustand eine  $w(t)$ -Anfangsbedingung

$$w(0)=1 ; m(-1)=\frac{2}{k(1)v(0)} [1(0)-q] . \quad (10b)$$

## 6. Diskussion der Bewegungsgleichungen.

An das Differenzgleichungspaar (10a), welches den kanonischen Bewegungsgleichungen in der Hamiltonschen Mechanik analog ist, sollen an dieser Stelle einige knappe Bemerkungen angefügt werden:

1. Die Bewegungsgleichungen (10a) beschreiben die im Sinne des Kriteriums (8c) optimale Entwicklung einer sozialistischen Volkswirtschaft, der der Wachstumsmechanismus M3 zugrundeliegt.

2. Da die entsprechenden Begriffsbildungen auch für Systeme mit diskretem Zeitablauf üblich sind (vgl./9/), sei darauf hingewiesen, daß durch das Differenzgleichungspaar (10a) ein sog. dynamisches System 2. Ordnung beschrieben wird. (Das Verzögerungsglied in der  $w(t)$ -Beziehung kann hierbei als bloße Modifizierung des generellen Schemas aufgefaßt werden).

3. Das durch (10a) beschriebene System 2. Ordnung gehört insbesondere zu jenen dynamischen Systemen, die in ihren Bewegungen wesentlich von Parametern beeinflusst werden (s.a./10/). Im vorliegenden ökonomischen Problem hat der Bewertungsparameter  $q$  eine solche Funktion: Es resultieren jeweils qualitativ andere optimale volkswirtschaftliche Entwicklungsregimes, sobald der (reelle) Zahlenparameter  $q$  bestimmte kritische (oder Bifurkations-)Werte überschreitet. Ein Bifurkationswert liegt z.B. an der Stelle  $q=1(0)$  (vgl. Bemerkung 6); die an diesem Punkt auftretende qualitative Veränderung wird im Abschnitt 7 erörtert.

4. Der Parameter  $q$  kann im Differenzgleichungspaar (10a) seine Aufgabe nur dann erfüllen, wenn eine eindeutige funktionale Beziehung zwischen ihm und einer zentralen Kenngröße (und damit auch zu den anderen Kenngrößen) des ökonomischen

Modells hergestellt worden ist. Diese Zuordnung ist heranzuziehen, um den zulässigen  $q$  Veränderungsbereich - zunächst am Beginn  $t=1$  der Planperiode  $(1, T)$  zu "eichen". Es lag bei der Funktion des Parameters  $q$  nahe, seinen Wertebereich unter Ausnutzung des Zusammenhanges

$$q = -0,5 c_1 + \sqrt{[0,5 c_1 + i(0)]^2 - c_2 D} ; D = T(r, 0) - T(w, 0);$$

$$c_1 = \frac{v(0)w(1) + r(0)v(1)}{k(1)v(0)v(1)} - i(0) ; c_2 = \frac{r(0)}{k(1)v(1)} \quad (11a)$$

$$T(r, 0) = r(1)/r(0) ; T(w, 0) = w(1)/w(0) ;$$

mit Hilfe von  $r(1)$ - bzw.  $T(r, 0)$ -Vorgaben zu skalieren.

5. Der Umstand, daß das Differenzgleichungspaar (10a) bei der Untersuchung der vorliegenden volkswirtschaftlichen Aufgabenstellung eine so zentrale Position gewinnt, macht es wünschenswert, für die ursprünglich als Hilfsvariable eingeführte Größe  $m(t)$  eine anschauliche ökonomische Erklärung zu geben. Man erkennt: Als Folge von (10b) kann man den Ausdruck  $\frac{1}{2} k(1)v(0)w(0)m(-1)$  interpretieren als den anfänglichen Investitions- "impuls", den der produzierende Bereich erhalten muß, damit die Volkswirtschaft auf die nach dem Kriterium (8c) optimale Entwicklungsbahn "einschwenken" kann.

6. Die  $m(t)$ -Elemente besitzen, wie die Gleichungen (10a,b) zeigen, die folgende Eigenschaft

$$m(t-1) = 0 ; t = 0, 1, \dots \quad , \text{ wenn } q = i(0) . \quad (11b)$$

Im Ergebnis dieser Eigenschaft vereinfacht sich die  $w(t)$ -Differenzgleichung zu

$$w(t+1) = [A(t) + k(1)v(t)i(0)] w(t) + v(t) \sum_{t'=2}^K k(t') i(t-t'+1) ;$$

$$t = 0, 1, \dots \quad (11c)$$

und die  $i(t)$ -,  $r(t)$ -Rekursionsbeziehungen (9e,f) entarten zu elementaren linearen Proportionen

$$i(t) = i(0)w(t) , r(t) = r(0)w(t) ; t = 0, 1, \dots \quad (11d)$$

mit

$$y(t) = i(t)/w(t) = i(0) = \text{const.}$$

$$T(w, t-1) = T(i, t-1) = T(r, t-1) \quad ; \quad t = 1, 2, \dots \quad (11e)$$

Den Fall (11e) wollen wir als den "Gleichbewertungsfall" (GB-Fall) der volkswirtschaftlichen Entwicklung bezeichnen und den Ort  $q=i(0)$  den "Gleichbewertungspunkt" auf der  $q$ -Achse nennen.

7. Erörterungen zu den Haupteigenschaften der Modellösungen und Schlußbemerkungen.

Aus Platzgründen müssen wir uns bei dieser Erörterung mit wenigen Hinweisen begnügen.

Im GB-Fall resultieren, wie man den Beziehungen (11c,d) entnimmt, für alle ökonomischen Kennziffern ausschließlich monoton wachsende "Trajektorien" als optimale Entwicklungsläufe. Außerhalb des GB-Falles bestehen die optimalen Entwicklungswege aus monoton anwachsenden "Trajektorien" mit aufgeprägter "Schwingung", bei dem hier zugrunde liegenden diskreten Zeitablauf also mit aufgeprägter Sägezahnkurve. Der Schwingungsverlauf ist bei sonst unveränderten Bedingungen um so ausgeprägter, je weiter der jeweilige  $q$ -Wert vom GB-Punkt entfernt ist. Die einzelnen ökonomischen Kenngrößen werden von der Schwingungskomponente verschieden stark beeinflusst, so  $w(t)$  und  $b(t)$  weniger stark als  $i(t)$  und  $y(t)$ .

Da der Parameter  $q$  gemäß (11a) eine monoton fallende Funktion von  $T(r,0)$  ist, besteht im  $q$ -Wertebereich die folgende Zuordnung

- $q < q(\text{GB})$ : Die Gesellschaft gibt dem gegenwärtigen Lebensstandard-Wachstum die höhere Bewertung;
- $q > q(\text{GB})$ : Die Gesellschaft gibt dem zukünftigen Lebensstandard-Wachstum die höhere Bewertung.

Im Bereich  $q < q(\text{GB})$  zeigt jede ökonomische Variable des Modells gerade das entgegengesetzte Schwingungsverhalten wie im Bereich  $q > q(\text{GB})$ .

Die Berücksichtigung der mehrjährigen verteilten Zeitverzögerungen in der GF-Reproduktion hat bei sonst gleichen

Bedingungen sowohl eine Verringerung der Wachstumsraten als auch eine Dämpfung des Schwingungshaltens zur Folge. Bisher wurde die Steueraufgabe stets in den Variablen  $w(t)$ ,  $r(t)$  formuliert. Dabei ist der GB-Fall durch die Eigenschaften (11e) charakterisiert. Wird die Steueraufgabe jedoch in sog. excess-Größen

$\bar{w}(t) = w(t) - w(t, \min)$ ;  $\bar{r}(t) = r(t) - r(t, \min)$ ; (12a)  
formuliert, so bestehen im GB-Zustand andere Relationen, nämlich

$$\bar{y}(t) = i(t)/\bar{w}(t) = i(0)/\bar{w}(0) = \text{const.} \quad ; \quad t = 1, 2, \dots (12b)$$

$$T(\bar{w}, t-1) = T(\bar{r}, t-1) = T(i, t-1)$$

aber  $T(i, t-1) > T(w, t-1) > T(r, t-1) \quad ; \quad t = 1, 2, \dots (12c)$

Die  $\bar{w}, \bar{r}$ -Modellvariante liefert damit wohl eine bessere Anpassung an den Grundzug, der die reale stabile Entwicklung z.B. der DDR-Volkswirtschaft kennzeichnet.

Alle diese Aussagen -- sie sind durch umfangreiche Testrechnungen verifiziert -- gelten am Bifurkationspunkt  $q = i(0)$  (im  $w, r$ -Modell) bzw.  $q = i(0)/\bar{w}(0)$  (im  $\bar{w}, \bar{r}$ -Modell) oder in seiner Umgebung. Dort befindet sich die Wirtschaft im Regime der erweiterten Reproduktion, und nur dieses Regime ist für Untersuchungen auf volkswirtschaftlicher Ebene von praktischem Interesse.

In größerer Entfernung vom GB-Punkt existiert auf der  $q$ -Achse wenigstens noch ein weiterer Bifurkationspunkt; hier wechselt das vorliegende ökonomische Modell aus dem Regime der erweiterten in das Regime der schrumpfenden Reproduktion über.

Weiterhin ist es in dem vorgestellten Modell auch möglich, die Bewertung  $q$  innerhalb der Planperiode  $(1, T)$  zu variieren. Beispielsweise kann mittels einer Zwischenphase, in der dem zukünftigen Lebensstandardwachstum eine höhere Bewertung gegeben wird, vom anfänglichen zu einem neuen GB-Zustand übergegangen werden. Dabei ist die Zwischenphase unter sonst unveränderten Bedingungen durch erhöhte GF-Zuführungen und -Aussonderungen sowie durch ein zusätzliches Anwachsen vor

allem der Arbeitsproduktivität  $b(t)$  gekennzeichnet.

Mit dem vorliegenden Ansatz wurde ein hinreichend flexibles und sensitives Modell zur Ermittlung ausgewählter optimaler volkswirtschaftlicher Grundproportionen beschrieben. Dieses Modell, bei dessen Formulierung beträchtlich von der analogen Darstellung bestimmter dynamischer Systeme in der Physik profitiert worden ist, wurde hier für die einsektorale Wirtschaft diskutiert. Die weitere Arbeit ist u.a. zunächst auf die Überwindung der einsektoralen Betrachtungsweise zu konzentrieren. Vor allem interessiert, wie der obige Ansatz beim Fortschreiten zum dreisektoralen Modell, in dem der Produktionsbereich in einen Material, einen Investitionsgüter und einen Konsumgüter produzierenden Sektor untergliedert wird, zu modifizieren ist. Aber auch in manch anderer Hinsicht muß beim obigen Modell eine verbesserte Widerspiegelung des Reproduktionsprozesses gefordert werden. Diese Forderung bezieht sich nicht nur auf die Erfassung der Außenwirtschaftsbeziehungen, auf die Berücksichtigung der Stochastik in den ökonomischen Prozessen, usw.. Sogar in der Modellierung der GF-Reproduktion bestehen noch Lücken, die auch dann, wenn die Betrachtung auf die Grundproportionen beschränkt bleibt, auszufüllen sind.

## Literatur:

- /1a-e/ L.W.Kantorowitsch, W.L.Makarow  
Optimalmodelle der Perspektivplanung,  
im Sammelband " Anwendung der Mathematik in öko-  
nomischen Untersuchungen", Bd.III(russ.),Mysl,  
Moskau 1965;  
deutsche Ausgabe: Verlag Die Wirtschaft,Berlin  
1967
- B.N.Michalewski  
Das Modellsystem der mittelfristigen volkwirt-  
schaftlichen Planung (russ.),Nauka,Moskau 1972
- W.S.Dadajan (Herausgeber)  
Modellierung volkwirtschaftlicher Prozesse  
(russ.),Ekonomika, Moskau 1973
- K.A.Bagrinski  
Über die glatten Lösungen bestimmter Planungs-  
aufgaben (russ.), im Sammelband " Probleme des  
volkwirtschaftlichen Optimums ", Ekonomika,  
Moskau 1969
- K.K. Waltuch  
Die Ermittlung des optimalen Verhältnisses zwi-  
schen Konsumtion und produktiver Akkumulation  
(russ.), im Sammelband " Probleme der Modellie-  
rung der Volkswirtschaft", Teil I, Nauka,Nowosi-  
birsk 1970
- /2a-c/ B. Biersack  
Dynamisches Modell zur Prognostizierung materiel-  
ler Grundproportionen, OFI-Reihe " Volkswirt-  
schaftsplanung ", H.2, 1971
- H.-D.Anders, K.Schwarz (Mitarbeit:H.Steckler,P.  
Trettin)  
Modelle zur Ermittlung eines optimalen Auftei-  
lungsverhältnisses zwischen Akkumulation und  
Konsumtion, ZIW-Forschungsbericht,Akademie-Ver-  
lag, Berlin 1976
- ZIW-Forschungsbericht ( in Vorbereitung)  
mit den Tagungsmaterialien des Symposiums "Pro-  
bleme der Modellierung des volkwirtschaftlichen  
Reproduktionsprozesses ", Berlin,April  
1976
- /3/ Dokumente des IX. Parteitages der SED  
Direktive zum Fünfjahrplan 1976-80, Dietz-Ver-  
lag, Berlin 1976,S.16
- /4/ H. Maier  
Gibt es Grenzen des ökonomischen Wachstums?  
Spektrum,1976,Heft 6,S.2-4; Heft 7,S.21-25
- /5/ H.Hörz  
Spiel mit Analogien,Spektrum 1976,Heft 9,S.18-20

- /6/ P. Trettin  
ZIW-Studien 1975/76 (nichtveröffentlichte Materialien)
- /7a,b/ E. Lee, L. Markus  
Grundlagen der Optimalsteuertheorie (Übersetzung aus dem Engl. ins Russ.), Mir, Moskau 1972
- R. Gabassow, F. M. Kirillowa  
Grundlagen der dynamischen Programmierung (russ.) BGU-Verlag, Minsk 1975
- /8/ A. Bryson, Y. C. Ho  
Angewandte Optimalsteuertheorie (Übersetzung aus dem Engl. ins Russ.), Mir, Moskau 1972
- /9/ S. Director, R. Rohrer  
Einführung in die Systemtheorie (Übersetzung aus dem Engl. ins Russ.), Mir, Moskau 1974
- /10a,b/ J. I. Neimark  
Die Methode der Punktabbildungen in der Theorie der nichtlinearen Schwingungen (russ.), Nauka, Moskau 1972
- W. Ebeling  
Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen, Kap. 3, Teubner, Leipzig 1976.

Interdisziplinarität und interdisziplinäre Forschung  
von Heinrich Parthey, Institut für Theorie, Geschichte und  
Organisation der Wissenschaften,  
Akademie der Wissenschaften der DDR.

Das Zusammenwirken von Vertretern verschiedener Wissenschaftsdisziplinen kann in zwei Richtungen erfolgen: einmal im Sinne der Verwendung von verschiedenen Theorie- und Methodenbereichen bei der Bearbeitung von disziplinär formulierten Forschungsproblemen und zum anderen im Sinne der Verwendung von verschiedenen Theorie- und Methodenbereichen bei der Formulierung und Bearbeitung von interdisziplinär zusammengesetzten Problemfeldern der Forschung. In der erstgenannten Richtung des Zusammenwirkens von Wissenschaftlern ergeben sich stets bestimmte Verhältnisse von Disziplinarität und Interdisziplinarität bei der Formulierung und Bearbeitung von Forschungsproblemen. Wissenschaftshistorisch sind diese Situationen nicht unbekannt. Das Wissen über effektive Formen dieses Verhältnisses gewinnt jedoch in dem Maße an Bedeutung, wie die zweitgenannte Richtung des Zusammenwirkens von Wissenschaftlern an Bedeutung gewinnt: die interdisziplinäre Forschung ist Ausdruck eines Niveaus der Entwicklung der Wechselwirkung von Forschung und gesellschaftlicher Praxis, in dem die zunehmende Komplexität der Problemsituationen in der gesellschaftlichen Praxis die Formulierung und Bearbeitung entsprechender interdisziplinär zusammengesetzter Problemfelder in der Forschung verlangt. Fallstudien über die Zusammenarbeit von Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern wie sie auf dieser Tagung am Beispiel von Physikern, Ökonomen und Philosophen vorgetragen werden, haben wissenschaftstheoretische Voraussetzungen. Die folgenden Betrachtungen versuchen diese zu systematisieren und zu präzisieren. Ausgehend von den eingangs erwähnten zwei Richtungen des Zusammenwirkens von Vertretern verschiedener Wissenschaftsdisziplinen kommt es vor allem darauf an, zu erkennen, in welcher Richtung sich die Zusammenarbeit von Physikern, Ökonomen und Philosophen bei der weiteren Gestaltung des Sozialismus entwickelt, damit

auch adäquate Formen der Organisation und Leitung der Zusammenarbeit gestaltet werden können.

In beiden genannten Richtungen des Zusammenwirkens von Wissenschaftlern ist zu beachten, daß sowohl die Formulierung von Forschungsproblemen als auch die Entwicklung von Forschungsmethoden stets in Bezug auf vorhandene Theorien vollzogen wird. So werden bei der Formulierung von Problemen in der Forschung bestimmte Bereiche des theoretischen Wissens berücksichtigt und mit Fragen nach weiterem und tieferem Wissen zu Forschungsproblemen verbunden. Bestimmte Bereiche des theoretischen Wissens liegen auch der Entwicklung und Anwendung von Forschungsmethoden zugrunde. Dieser Betrachtung folgend besteht die wissenschaftstheoretische Voraussetzung einer jeden Analyse konkreter Fälle des Verhältnisses von Disziplinarität und Interdisziplinarität in der Theoriebezogenheit sowohl der Formulierung als auch der Bearbeitung von Forschungsproblemen. Soweit nur ein Bereich des theoretischen Wissens als Bezug bei der Formulierung und Bearbeitung von Forschungsproblemen dient, ist die Situation überschaubarer als in allen Fällen, in denen versucht wird, die Problemformulierung und Methodenbegründung auf verschiedene Bereiche des theoretischen Wissens zu beziehen. Die Organisation und Leitung der Zusammenarbeit von Vertretern verschiedener Wissenschaftsdisziplinen bedarf der wissenschaftstheoretischen Analyse aller letztgenannten Fälle, damit möglichst nur die mit gesicherter Effektivität gestaltet und die mit unsicherer Effektivität möglichst von vornherein vermieden werden. Diese Betrachtung geht in einer zweiten wissenschaftstheoretischen Voraussetzung aus von einer Struktur der Problemfelder innerhalb und außerhalb der Forschung. So treten in allen Bereichen der Gesellschaft ständig Situationen ein, in denen zur Reproduktion und Weiterentwicklung von gesellschaftlichen Tätigkeiten zusätzlich Wissen eingesetzt werden muß. Wenn diese Bedürfnisse nach Wissen nicht aus dem vorhandenen Wissensfundus befriedigt werden können, dann kennzeichnen sie eine Situation, in der neues Wissen gewonnen werden muß. Nicht

jede dieser Problemsituationen stellt Bedürfnisse nach gesellschaftlich neuen Gesetzeswissen dar. Der adäquateste Ausdruck von Problemsituationen, in denen Bedürfnisse nach gesellschaftlich neuen Gesetzeswissen auftreten, sind Forschungsprobleme. Unabhängig davon treten Probleme auf verschiedenen Wissensebenen auf, wobei Forschungsprobleme nur auf der wissenschaftlichen Ebene auftreten können, die mit dem Ziel der Gewinnung neuen Wissens verbunden ist. Für die Betrachtung des Zusammenhangs von Interdisziplinarität und interdisziplinärer Forschung wird deshalb vorausgesetzt, daß einem Problem auf einer Wissensebene ein Feld von Problemen auf einer anderen Wissensebene hinsichtlich der Erkenntnisziele und der Wissensgebiete entsprechen kann.

Diesen Überlegungen folgend wird unter interdisziplinärer Forschung eine Forschung verstanden, die mit dem Ziel durchgeführt wird, neue Erkenntnisse zur Lösung eines Erkenntnisproblems zu gewinnen, dem ein Feld von Forschungsproblemen zugeordnet ist, die in Bezug auf verschiedene theoretische Bereiche wissenschaftlichen Wissens formuliert worden sind. So ist der Bezug sowohl der Formulierung als auch der Bearbeitung von Forschungsproblemen auf bestimmte Bereiche des theoretischen Wissens disziplinär, wenn er einen Bereich theoretischen Wissens erfaßt. Interdisziplinarität tritt in diesem Zusammenhang dann auf, wenn ein Bezug zu mindestens zwei Bereichen des theoretischen Wissens besteht. In der interdisziplinären Forschung muß das Verhältnis von Disziplinarität und Interdisziplinarität auf die Zusammensetzung von Problemfeldern angewendet werden. Dabei kann das Feld von Forschungsproblemen interdisziplinär zusammengesetzt sein, auch wenn alle in ihm enthaltenen Forschungsprobleme disziplinär formuliert sind. In dieser Möglichkeit liegt die sowohl wissenschaftstheoretische wie auch wissenschaftsorganisatorische Bedeutung der vorgetragenen Betrachtung über Interdisziplinarität und interdisziplinärer Forschung. Unter Verwendung der genannten wissenschaftstheoretischen Voraussetzungen kann das Feld von Forschungsproblemen, dessen Bearbeitung im Sinne

der interdisziplinären Forschung zur Lösung von Problemsituationen der gesellschaftlichen Praxis erforderlich ist, entweder a) disziplinär oder b) interdisziplinär zusammengesetzt sein, d.h. die verschiedenen Forschungsprobleme haben einen Bezug zu einem Theoriebereich oder zu mehreren. Für den letztgenannten Fall müssen entsprechend der Unterscheidung zwischen disziplinär und interdisziplinär formulierten Forschungsproblemen folgende zwei Möglichkeiten in Betracht gezogen werden:

- (b 1) Im interdisziplinär zusammengesetzten Problemfeld sind verschiedene disziplinär formulierte Forschungsprobleme vorhanden.
- (b 2) Im interdisziplinär zusammengesetzten Problemfeld gibt es neben verschiedenen disziplinär formulierten Forschungsproblemen auch solche, die jedes für sich genommen nur unter Bezug auf verschiedene Bereiche theoretischen Wissens formuliert werden.

Es ist anzunehmen, daß dieser Fall (b 2) Tendenzen zur Herausbildung einer neuen Wissenschaftsdisziplin auslöst. Wenn man von dieser Problematik der Herausbildung neuer Wissenschaftsdisziplinen absieht, dann kann angenommen werden, daß nur der Fall (b 1) die charakteristischen Merkmale enthält, die im allgemeinen mit der Forderung nach interdisziplinärer Forschung verbunden werden.

Für die Untersuchung der interdisziplinären Forschung sind deshalb alle denkbaren Verhältnisse zwischen Disziplinarität und Interdisziplinarität bei der Formulierung und Bearbeitung von Forschungsproblemen zu überprüfen, ob sie in der Forschung auftreten. Denn wenn der Fall (b 2) nicht dauerhaft auftritt, d.h. wenn die Forschungsprobleme nicht auf Dauer interdisziplinär formuliert werden können, sondern Tendenzen zur Herausbildung neuer Wissenschaftsdisziplinen ausgelöst werden, dann kommt nur der Fall (b 1) dauerhaft vor.

Diese Analyse ist auch wichtig für wissenschaftsorganisatorische Hinweise, die danach unterschiedlich ausfallen, ob nun der Fall (b 1) oder auch der Fall (b 2) dauerhaft vorkommt.

Der Fall (b 2) ist dauerhaft nur dann möglich, wenn es den Typ interdisziplinär formulierter Forschungsprobleme gibt, d. h. einen Typ von Forschungsproblemen, die man auf der Grundlage des Wissens mehrerer Theoriebereiche formulieren, bearbeiten und lösen kann.

Die zweite Gruppe von Annahmen, die mit der ersten verbunden ist, betreffen die Abhängigkeit der Problemformulierung und der Methodenentwicklung und -anwendung von der disziplinären Struktur des theoretischen Wissens. In diesem Sinne sind alle möglichen Fälle des Theoriebezuges von Problem und Methode daraufhin zu überprüfen, inwieweit und mit welchem Grad der Kontrollierbarkeit des Theoriebezugs sie in der natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Forschung auftreten. Im Zusammenhang von Problem und Methode in der Forschung können unter Berücksichtigung des genannten disziplinären und interdisziplinären Bezugs auf Bereiche des theoretischen Wissens folgende Fälle auftreten:

- (1.1) Sowohl die Formulierung als auch die Bearbeitung von Problemen beziehen sich jeweils nur auf einen Bereich des theoretischen Wissens.
- (1.1.1) Sowohl die Formulierung als auch die Bearbeitung beziehen sich jeweils nur auf ein und denselben Bereich des theoretischen Wissens. In diesem Fall liegt nur Disziplinarität ohne Verhältnis zur Interdisziplinarität vor, d. h. es liegt ein disziplinärer Zusammenhang zwischen Problem und Methode in der Forschung, d. h. disziplinäre Forschung vor.
- (1.1.2.) Interdisziplinarität kann nur dann auftreten, wenn ein Bezug zu mindestens zwei Bereichen des theoretischen Wissens besteht. In diesem Fall, d. h. wenn sowohl die Formulierung als auch die Bearbeitung von Forschungsproblemen sich jeweils nur auf einen Bereich des theoretischen Wissens beziehen, würde das bedeuten: die Formulierung und die Bearbeitung beziehen sich jeweils auf einen, aber nicht auf ein und denselben Wissensbereich.

So können erfolgreiche Methoden einer disziplinären Forschung bei der Bearbeitung von Problemen verwendet werden, die nicht in dieser disziplinären Forschung formuliert sind. In diesem Fall kann es jedoch bei der Gestaltung des Zusammenhangs von Problem und Methode in der Problemformulierung zu Verschiebungen kommen, so daß schließlich in unzulässiger Weise ein Problem gelöst wird, das in der Disziplin formuliert wurde, aus der die Methode stammt, aber nicht das ursprünglich gestellte. Die zulässige Verschiebung ist durch Kriterien der Formulierung von Forschungsproblemen zu charakterisieren. Eine besondere Bedeutung für den genannten Fall kommt mathematischen Verfahren zu, denn ihre Anwendung kann zur Präzisierung von natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Problemformulierungen führen. Dieser Einfluß mathematischer Verfahren auch auf die Problemformulierung ergibt sich unter anderem aus der größeren Leistungsfähigkeit von metrischen gegenüber nichtmetrischen Begriffen für eine präzisere Unterscheidung bei wissenschaftlichen Beschreibungen.

Die Verwendung von Methoden aus naturwissenschaftlicher disziplinärer Forschung für die Bearbeitung naturwissenschaftlicher Probleme ist in dem Sinne eingeschränkt, daß gegenüber physikalischen Methoden, die bei Bearbeitung aller naturwissenschaftlichen Probleme verwendet werden können (z.B. Physikalische Chemie, Biophysik), die chemischen Methoden, obwohl sie zur Lösung physikalischer Probleme ungeeignet sind, noch im methodischen Vorgehen zur Bearbeitung biologischer Probleme Verwendung finden (z.B. Biochemie), und daß die Methoden der Biologie sowohl zur Lösung physikalischer wie auch chemischer Probleme ungeeignet sind.

Die Verwendung von Methoden aus naturwissenschaftlicher disziplinärer Forschung für die Bearbeitung gesellschaftlicher Probleme bezieht sich in der Regel auf die methodischen Erfahrungen bei der Verwendung mathematischer Verfahren bei der Bearbeitung wissenschaftlicher Problemstellungen. Hierbei kommt der Physik eine besondere Bedeutung zu. Ebenso bezieht sich die Verwendung von Methoden aus gesellschaftswissenschaftlicher disziplinärer Forschung für die Bearbeitung

naturwissenschaftlicher Probleme in der Regel auf die methodischen Erfahrungen bei der Verwendung mathematischer Verfahren bei der Bearbeitung wissenschaftlicher Problemstellungen. Hierbei kommen der Ökonomie und der Soziologie eine besondere Bedeutung zu.

Die Philosophie als Wissenschaftsdisziplin hat für das methodische Vorgehen in allen natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Disziplinen theoretische und methodologische Bedeutung, was sich insbesondere in dem untrennbaren Zusammenhang zwischen dialektisch-materialistischer Philosophie und politischer Ökonomie als theoretische Grundlage aller Wirtschaftswissenschaften und der fruchtbaren Wechselwirkung der dialektisch-materialistischen Philosophie mit der modernen Physik sowie mit den Chemie- und Biowissenschaften zeigt.

Naturwissenschaft wird als gesellschaftliche Erscheinung von verschiedenen Gesellschaftswissenschaften als Objekt untersucht. An diesen Untersuchungen beteiligen sich Naturwissenschaftler selbst, sei es, daß sie die in der für Forschung erforderlichen historischen Aufarbeitung eines Wissensgebietes wissenschaftshistorische Arbeit leisten, die bisher noch zu wenig für die Geschichtswissenschaft genutzt wird, oder sei es, daß sie in der Wissenschafts- und Forschungsleitung erforderlichen ökonomischen, soziologischen und psychologischen Erfahrungen gewinnen und verallgemeinern, was auch von den entsprechenden gesellschaftswissenschaftlichen Forschungen zu wenig genutzt wird.

Weitere Verhältnisse von Disziplinarität und Interdisziplinarität im Zusammenhang von Problemformulierung und Problembearbeitung sind folgende:

- (1.2.) Die Problemformulierung bezieht sich nur auf einen, die Problembearbeitung hingegen nur auf einen theoretischen Wissensbereich (z.B. medizinische Forschung, Ernährungswissenschaft, Technikwissenschaften). Dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden:  
Unter den mehreren Wissensbereichen, auf die die Problembearbeitung bezogen wird.

- (1.2.1.) ist einer mit dem für die Problemformulierung verwendeten identisch  
oder  
(1.2.2.) ist keiner identisch.
- (2.1.) Die Problemformulierung bezieht sich auf mehrere, die Problembearbeitung hingegen nur auf einen theoretischen Wissensbereich. Dabei können wieder zwei Fälle unterschieden werden:  
Unter den mehreren Wissensbereichen, auf die sich die Problemformulierung bezieht,  
(2.1.1.) ist einer mit dem für die Problembearbeitung verwendeten identisch  
oder  
(2.1.1.) ist keiner identisch.
- (2.2.) Sowohl die Formulierung als auch die Bearbeitung von Forschungsproblemen beziehen sich auf mehrere theoretische Wissensbereiche. Dabei können wieder zwei Fälle unterschieden werden:  
Je nachdem ob unter ihnen  
(2.2.1.) mindestens einer ein und derselbe ist  
oder  
(2.2.2.) nicht ein einziger ein und derselbe ist.

Es kann angenommen werden, daß der letztgenannte Fall (2.2.2.) möglichst zu vermeiden ist, weil dann kein Zusammenhang zwischen dem Theorienbezug von Problem und Methode gegeben ist. Ähnliches kann auch von den Fällen (1.2.2.) und (2.1.2.) angenommen werden. Die Schwierigkeit für die Fälle (2.1) und (2.2.), plausible Beispiele anzuführen, läßt vermuten, daß diese Fälle des Verhältnisses von Disziplinarität und Interdisziplinarität bei der Formulierung und Bearbeitung von Forschungsproblemen nicht auftreten. Läßt sich diese Vermutung bestätigen, dann ergeben sich Konsequenzen für das Verständnis und die Diskussion möglicher Organisationsformen interdisziplinärer Forschung. In dieser Hinsicht können die Konsequenzen an Praktikabilität gewinnen, wenn unter Wissenschaftsdisziplinen die von Hochschulen praktizierten Ausbil-

dungsrichtungen verstanden werden, die auf der Grundlage von in Lehrbüchern und in Lehrveranstaltungen fixierten Bereichen des theoretischen Wissens erfolgen. In diesem Sinn ergeben sich Fragen danach, inwieweit den interdisziplinär zusammengesetzten Problemfeldern der Forschung auch interdisziplinär zusammengesetzte Forscherkollektive entsprechen oder ob die an Hochschulen praktizierten Ausbildungsrichtungen solche Wissensqualifikationen von Forschern nach Disziplinen hervorgebracht bzw. hervorzubringen haben, die entsprechende disziplinäre Forschung ermöglichen.

Zur Stellung der Physik und des Physikers in der sozialistischen Gesellschaft

von Heinz Ulbricht, Sektion Physik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock.

## 1. Einleitung

Die Physik gehört zweifellos zu den aktivsten Wissenschaftsdisziplinen in unserem Jahrhundert. Diese Aussage gilt sowohl für die durch sie geleisteten Beiträge zum Erkenntnisgewinn als auch für den weiten Bereich der Anwendung ihrer Ergebnisse in den verschiedensten Gebieten der gesellschaftlichen Praxis. Quanten- und Relativitätstheorie, Hochenergie- und Festkörperphysik sind dafür ebenso beweiskräftige Beispiele wie Halbleiterelektronik und Lasertechnik, Kernenergienutzung und Weltraumforschung. Dabei bildet die Physik als Wissenschaftsdisziplin in ihrer Einheit von Theorie, Experiment und durchgängiger Mathematisierung sowohl methodisch als auch inhaltlich ein wichtiges Fundament für zahlreiche andere Wissenschaftsdisziplinen, wie das z.B. traditionell in der engen Wechselwirkung mit der Mathematik, der Chemie und den Technikwissenschaften zum Ausdruck kommt. Daß darüber hinaus der Einfluß der Physik auf andere Disziplinen weiterhin zunimmt, zeigt die verstärkte Anwendung physikalischer Methoden nicht nur in der Biologie und Medizin, sondern auch auf gesellschaftswissenschaftlichen Gebieten, insbesondere im Bereich der Ökonomie.

Als naturwissenschaftliches Grundlagenfach lieferte und liefert die Physik nicht zuletzt entscheidende einzelwissenschaftliche Beiträge für die Herausbildung weltanschaulicher und philosophischer Frage- und Problemstellungen. Dabei ist die philosophische Interpretation moderner naturwissenschaftlicher Erkenntnisse auf der Basis des dialektischen Materialismus eine dringende Notwendigkeit, um den gerade in solchen Disziplinen wie Physik, Chemie und Biologie vorhandenen Einfluß idealistischer Strömungen wirksam entgegenzutreten zu können. Die diesbezüglichen Arbeiten der Klassiker des Marxismus - Leninismus (vgl. z.B. 1), 2), 3) ) bilden hierfür nach

wie vor eine ausgezeichnete Basis.

Der Einfluß der Physik auf die Gesellschaft ist umfangreich und vielschichtig. Im einzelnen sollen hier folgende Bereiche genannt werden.

- Überleitung und Nutzung von Ergebnissen physikalischer Forschung in der Volkswirtschaft.
- Physikalischer Erkenntnisgewinn als ein Beitrag zum Bildungsniveau des Volkes.
- Physikalische Gesetzmäßigkeiten als Grundlage philosophisch-weltanschaulicher Arbeiten und damit als Beiträge zur ideologischen Bewußtseinsbildung.
- Anwendung physikalischer Untersuchungsmethoden in anderen Wissenschaftsgebieten und in spezifischen Bereichen der Praxis.

Dabei bedeutet die genannte Reihenfolge keine Wertigkeit und insbesondere keine Abgrenzung sondern vielmehr eine Unterscheidung .

Diesen bisher erwähnten Ueberaus positiven Fakten stehen in der letzten Zeit einige Tatsachen gegenüber, die sich u.a. in verschiedenen Schwierigkeiten beim Einsatz von Physikabsolventen und auch bei der Überleitung von Forschungsergebnissen in die Praxis äußern. Diese Entwicklungsprobleme auf die u.a. H.J. Böhme in seinem Diskussionsbeitrag auf dem 4. Plenum des Zentralkomitees der SED<sup>4)</sup> hingewiesen hat, erfordern von den Physikern in Hochschulen, Akademieinstituten und in der sozialistischen Industrie eine gemeinsame Analyse und entsprechende Initiativen zu ihrer Lösung. Von besonderer Bedeutung erscheint hierbei der Gedanke, daß zur Bewältigung dieser Fragen sowohl die veränderten Bedingungen der Studenten und Absolventen als auch die weiter spezifizierten Anforderungen der Praxis im Erziehungs- und Ausbildungsprozess intensiver berücksichtigt werden müssen.

## 2. Die gesellschaftlichen Triebkräfte der physikalischen Forschung.

Brecht umreißt treffend den Sinn wissenschaftlicher Arbeit, wenn er Galilei die Worte sagen läßt: "... Ich halte dafür, daß das einzige Ziel der Wissenschaft darin besteht, die Mühseligkeit der menschlichen Existenz zu erleichtern" <sup>5)</sup>. Dieses humanistische Grundanliegen bildet seit jeher die Richtschnur der Wissenschaftsentwicklung in unserem Staat und findet seinen erweiterten Niederschlag im Programm der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands, das vom IX. Parteitag angenommen wurde. Es heißt dort u.a.: " Die Politik der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands ist deshalb darauf gerichtet, die Wissenschaft planmäßig und langfristig zu entwickeln, damit ihr fortschrittsfördernder und humanistischer Charakter voll zur Wirkung gelangen kann." <sup>6)</sup>

Das dialektische Wechselverhältnis zwischen Grundlagenforschung und Anwendung erzielter Ergebnisse beeinflußt immer stärker die Entwicklung der einzelnen Wissenschaftsdisziplinen und insbesondere auch der Physik. Dabei zeigt die Geschichte der Physik sehr eindeutig die Richtigkeit der Engelschen These, daß ..... " schon von Anfang an die Entstehung und Entwicklung der Wissenschaften durch die Produktion bedingt war " <sup>7)</sup>.

Neben solch klassischen Beispielen wie der Entwicklung von Wärmekraftmaschinen und Thermodynamik, Nutzung der Elektrizität und Maxwell'scher Theorie sei hier an die Darlegungen von F. Kohlrausch <sup>8)</sup> über den Anlaß, der zur Entdeckung des Planck'schen Strahlungsgesetzes führte, erinnert (vgl. auch R. Rompe <sup>9)</sup>. Danach hatten die damaligen intensiven Untersuchungen am Schwarzen Körper ihre eigentliche Ursache in der technischen Forderung, ein Lichtnormal zu schaffen.

Die Klassenstruktur und die Machtverhältnisse der Gesellschaft üben einen entscheidenden Einfluß auf die Haupttriebkräfte der Wissenschaftsentwicklung aus. Die entsprechenden Bedürfniskomplexe der Gesellschaft und der erreichte Entwicklungsstand der Produktivkräfte sind die bestimmenden Faktoren, die in Abhängigkeit von den Produktionsverhältnissen real die Möglichkeiten

der Forschung umreißen. Solche physik-relevanten Bedürfnis-komplexe sind u.a. Energieversorgung einschließlich Energie-wandlung, optimale Werkstoffe und Informationsverarbeitung. Die Beeinflussung der Wissenschaftsentwicklung durch die Pro-duktivkräfte ist letztendlich nur die Umkehrung der Marx'schen Erkenntnis, daß die Wissenschaft selbst zur Produktivkraft wird, wobei jedoch erst in der sozialistischen Gesellschaft die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Produktion einen immer planmäßigeren Charakter annehmen. Elastizität in der Leitung, sorgfältige Auswahl der zu bearbeitenden Wissen-schaftskomplexe, das Problem des wissenschaftlichen Risikos, die nationale und internationale sowie die disziplinäre und die interdisziplinäre Forschungskooperation bestimmen schließ-lich wesentlich die Effektivität der wissenschaftlichen Arbeit und beeinflussen damit wieder rückkoppelnd die Wissenschafts-strategie.

### 3. Physik und Technologie.

Ohne Zweifel bildet heute der wissenschaftlich-technische Fortschritt die entscheidende Voraussetzung, um unsere Produk-tion zu intensivieren und zu rationalisieren. Der Physik kommt in diesem Zusammenhang insbesondere bei der Weiterentwicklung der Technologie eine große Bedeutung zu (vgl.<sup>10</sup>). Dabei will und kann die physikalische Forschung nicht die Aufgaben der Technikwissenschaften übernehmen, sondern sie hat ihre eigenen spezifischen Beiträge zu leisten, was jedoch ein sehr enges und unmittelbares Zusammenwirken mit Technikern erforderlich macht. Dieser Umstand ist bei der Bildung wissenschaftlicher Kollektive in viel stärkerem Umfange als bisher zu berücksich-tigen.

Eine Analyse des tatsächlichen Einsatzes von Physikabsolventen zeigt jedoch, daß die Zahl der direkt an technologischen Pro-blemen arbeitenden Physiker nach wie vor zu gering ist. Es ist dringend erforderlich, diesen Umstand bei der Absolventenver-mittlung eingehender zu beachten und die Bedeutung der Techno-logie in allen Lehrveranstaltungen stärker zu betonen und zu

demonstrieren. Weiter müssen Mittel und Wege gefunden werden, um die wertvollen technologischen Erfahrungen, die im Rahmen der Vertragsforschung an den Sektionen gewonnen werden, systematisch der Praxis zuzuführen. Ein Weg besteht sicher darin, neue entwickelte Geräte und Verfahren gemeinsam mit Absolventen in interessierte Betriebe überzuleiten bzw. zu vermitteln.

Es kommt in diesem Zusammenhang darauf an, die gesamte Absolventenlenkung inhaltlich zu verbessern. Obwohl es hierbei stets wesentliche einschränkende Bedingungen geben wird, wie z.B. die familiäre Situation, müssen die speziellen Fähigkeiten und Neigungen der jungen Physiker stärker in Betracht gezogen werden. Das setzt natürlich voraus, daß in unseren Studenten solche Fähigkeiten und Neigungen geweckt werden, die mit den gesellschaftlichen Interessen und Bedürfnissen im Einklang stehen. Diese, das Wesen der kommunistischen Erziehung entscheidend mitbestimmende Komponente verlangt große Aufmerksamkeit, da hier noch keineswegs alle Möglichkeiten ausgeschöpft sind.

In der Regel erfolgt das erste unmittelbare Zusammentreffen von Physikstudenten mit technologischen Problemen während des Industriepraktikums. Die Überwiegende Mehrzahl der Studierenden erzielt hier gute und sehr gute Resultate (vgl. z.B.<sup>11)</sup>). Echte Fragestellungen führen in diesem Praktikum oft zu bemerkenswerten Leistungen, die häufig auch mit einem direkt nachweisbaren volkswirtschaftlichen Nutzen verbunden sind. Dabei werden die Themen während der Arbeit durch den Studenten nicht selten erweitert und präzisiert. Dieser hohe Wirkungsgrad des Industriepraktikums ist sicher durch das unmittelbare Zusammenwirken von Praktikanten und Mitarbeitern der Praxis begründet. Das hier beginnende Wechselverhältnis zwischen Physiker und Technologie muß zielstrebig gefördert und gepflegt werden, so daß gerade diese Problematik während des gesamten Berufslebens die gebührende Beachtung findet.

Die Realisierung solcher Überlegungen setzt aber geeignete Partner einerseits in den Forschungsinstituten und Hochschulsektionen und andererseits in der Industrie voraus. Das heißt

aber, daß der normale und gesunde Austausch von Physikern zwischen Forschungseinrichtungen und Praxis wesentlich selbstverständlicher und von den Nebenbedingungen her leichter werden muß.

#### 4. Zur Verantwortung des Physiklers in der Gesellschaft.

Kurt Hager charakterisiert die Wissenschaft als " ... eine spezifische zielgerichtete Tätigkeit, um immer tiefer und in systematischer Weise das Wesen der natürlichen und gesellschaftlichen Prozesse und die Gesetze der objektiven Wirklichkeit in ihren wechsel eitigen Beziehungen zu erfassen"<sup>12)</sup>. Damit wird auch gleichzeitig betont, daß zwischen Wissenschaft, Gesellschaft und Politik einerseits ein untrennbarer Zusammenhang besteht und andererseits die wissenschaftlichen Erkenntnisse als objektive Wahrheit unabhängig von den Menschen und ihren Klassen gültig sind. H. Vogel schreibt dazu treffend: " Ob einer Klasse oder einem Individuum eine Tatsache, ein Beweis oder eine Wahrheit gefällt oder nicht, berührt nicht deren Gültigkeit, sondern höchstens, ob sie akzeptiert und verbreitet oder verdreht und unterschlagen wird"<sup>13)</sup>.

Sinn und Zweck der Wissenschaft, d.h. die Anwendung und Nutzung ihrer objektiven Ergebnisse hängen also vom Charakter der Gesellschaftsordnung ab. Damit ergibt sich für jeden Wissenschaftler die Aufgabe, diese Tatsache in seiner Forschungstätigkeit zu beachten und sich der damit verbundenen Verantwortung stets bewußt zu sein.

Wir stellen heute bei der Ausbildung unserer Studenten den engen Zusammenhang zwischen Politik, Gesellschaft und Wissenschaft in den Mittelpunkt unserer Erziehungsarbeit. Die ideologische Auseinandersetzung zwischen der sozialistischen und der kapitalistischen Gesellschaftsordnung macht auch um den Physiker keinen Bogen. Das beweisen Diskussionen auf Konferenzen und Tagungen, Gestaltung aber auch der Inhalt wissenschaftlicher Zeitschriften und die Reaktion von Physikern auf aktuelle politischen Fragen. Wir kennen aus der älteren und neuen Geschichte unseres Fachgebietes zahlreiche Beispiele sowohl positiver als auch negativer Art für die Haltung

bedeutender Physiker. Namen wie Galilei, Einstein, die der Göttinger Achtzehn mögen für das eine genannt sein, Lenard und Stark für das andere. Die vorhandenen Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Physik und der Gesellschaftsordnung - aber auch die Differenziertheit der Problematik - den Studenten und Nachwuchswissenschaftlern verständlich zu machen, bildet m.E. einen entscheidenden Aspekt unserer Verantwortung als Physiker.

Jede Erziehung hat nur dann ihr Ziel erreicht, wenn sie zu den entsprechenden und beabsichtigten Aktivitäten führt. Unsere Gesellschaft fordert heute solche Aktivitäten gerade auch von den Physikern sehr eindringlich. Die ungeheure Fülle von wissenschaftlichen Ergebnissen, die ununterbrochen weiter ansteigt, fordert ihre Verarbeitung und Nutzung.

In den zurückliegenden Jahren haben sich viele Wissenschaftler unserer Republik, darunter sicher der überwiegende Teil aller Physiker, gute und nützliche Gedanken zum Überführungsproblem gemacht (vgl. z.B. <sup>14</sup>),<sup>15</sup>). Zahlreiche verallgemeinerungswürdige Beispiele liegen ebenso vor, wie grundsätzliche theoretische Überlegungen. Die Verantwortung des Wissenschaftlers und insbesondere des Physikers besteht jetzt darin, seine eigene Forschungstätigkeit kontinuierlich unter dem Aspekt des Nutzens seiner Ergebnisse für die Praxis zu sehen. Das gilt m.E. von der Grundlagenforschung bis zu den unmittelbar für die Industrie zu bearbeitenden Aufgaben. Es muß uns gelingen, diese Fragestellung viel mehr zu einer Selbstverständlichkeit zu machen, als das bisher der Fall ist. Dabei kann nicht von irgendeiner Einengung der Grundlagenforschung in all ihren vielfältigen Formen die Rede sein, denn die Grundlagenforschung von heute ist das Fundament der Anwendung von morgen. Aber die Frage des " cui bono " auch richtig auf die eigenen Forschungsergebnisse angewandt, kann und muß zu einem wesentlichen Qualitätskriterium unserer Arbeit werden und bildet ohne Zweifel heute das Kernstück der Verantwortung des Physikers gegenüber unserer sozialistischen Gesellschaft.

## Literatur

- 1) Engels, F.: Anti-Dühring, Dietz-Verlag, Berlin 1957
- 2) Engels, F.: Dialektik der Natur: In: Marx-Engels: Werke, Bd. 20.
- 3) Lenin, W. J.: Materialismus und Empiriokritizismus, Werke, Bd. 14
- 4) Böhme, H.-J.: Niveauvolle Ausbildung und kommunistische Erziehung. In: Materialien der 4. Tagung des ZK der SED, Dietz-Verlag Berlin 1976, S. 141.
- 5) Brecht, B.: Leben des Galilei, Reclam, 1. Aufl., S. 116
- 6) Programm der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands Dietz-Verlag, Berlin 1976, S. 61
- 7) Vgl. <sup>2)</sup> S. 456
- 8) Kohlrausch, F.: Über den Einfluß der Physik auf Wissenschaft und öffentliches Leben. In: Deutsche Revue, 23. Jahrg. Bd. 3, DVA Stuttgart und Leipzig 1898.
- 9) Rompe, R.: Einführende Bemerkungen zur Jahreshaupttagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR, 1975, S. 10.
- 10) Hager, A.: Wissenschaft und Technologie im Sozialismus. Dietz-Verlag Berlin 1974, S. 54
- 11) Ulbricht, H.: Über den Zusammenhang von Erziehung, Ausbildung und sozialistischer Praxis. In: Zur Gestaltung von Praxisbeziehungen der Hochschulen bei der Forschung, Kolloquiumsvorträge des Wiss. Rates der Wilhelm-Pieck-Universität, Rostock 1976, S. 61.
- 12) Hager, A.: Sozialismus und wissenschaftlich-technische Revolution. Dietz-Verlag Berlin 1972, S. 14.
- 13) Vogel, H.: Arten und Bedeutung von Beweisen. In: Rostocker Philosophische Manuskripte, H. 10, 1973, S. 19.

- 14) Überführung, Wissenschaft, Produktion. Materialien eines Kolloquiums der Akademie der Wissenschaft der DDR. Berlin, Akademie-Verlag 1973.
- 15) Ebeling, W., Ulbricht, H.: Zum Problem der Überführung von Forschungsergebnissen in die Praxis, dargestellt am Beispiel der Physik. In: Wiss.Z.Univ.Rostock XX III. Jahrg.1974, Gesellschaftswiss. Reihe, H.1, S.3-9

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort . . . . .	3
VOGEL, H.:	
Was heißt und worin besteht die Einheit der Wissenschaften ? . . . . .	8
EBELING, W.:	
Beiträge der Physik zur mathematischen Modellierung gesellschaftlicher Prozesse . . . . .	25
FEISTEL, R.:	
Ein dynamisches Modell für die differenzierende und stimulierende Funktion des Wertgesetzes im Kapitalismus der freien Konkurrenz . . . . .	48
TRETTIN, P.:	
Ein Modell zur Ermittlung ausgewählter, lang - fristig optimaler volkswirtschaftlicher Grundpro- portionen oder die Darstellung des Bewegungspro- blems in ökonomischen Systemen in Analogie zur Beschreibung mechanischer Systeme . . . . .	66
PARTHEY, H.:	
Interdisziplinarität und interdisziplinäre Forschung . . . . .	89
ULBRICHT, H.:	
Zur Stellung der Physik und des Physikers in der sozialistischen Gesellschaft . . . . .	98

A n m e r k u n g e n

Anmerkungen

A n m e r k u n g e n

A n m e r k u n g e n

A n m e r k u n g e n







Optimierung die Abbildung des volkswirt-  
reproduktionsprozesses in seinen Hauptproportio-  
mit können nun auch jene Punkte gut erkannt  
aus der Sicht des Anwenders noch eine adäqua-  
gelung der realen ökonomischen Zusammenhänge  
Ein derartiger Punkt ist zweifellos die ver-  
stellung der Zielstellungen, denen in der soziali-  
schaftsformation der ökonomische Reproduktions-  
en hat. Erläutern wir kurz, worauf es uns bei  
llung ankommt.

Sicher Sicht handelt es sich bei diesen hochaggre-  
ren um Optimalsteuerprobleme. Diese setzen sich  
austeinigen Bedingungssystem und Zielfunktional  
ntlicher Bestandteil des Bedingungssystems ist  
ziehung ( Bewegungsgleichung ) des ökonomischen  
Bausteine sind in den Variablen des Steuerpro-  
tieren. Natürlich muß in diesen Optimierungsauf-  
eben dahin gehen, (zumeist in ihrem Zielfunk-  
onomische Grundgesetz des Sozialismus auszu-  
a in jeder Zeiteinheit, z.B. in jedem Planjahr,  
der Gesellschaft darauf gerichtet ist, den  
a Zuwachs in der Befriedigung der materiellen  
a Bedürfnisse der Werktätigen zu erreichen. Da-  
t Gegenwart jeweils die Voraussetzungen für die  
rfnisbefriedigung in der Zukunft zu sichern:  
rundlage einer a n h a l t e n d stabilen und  
malen Entwicklung der gesellschaftlichen Produk-  
ist ... das materielle und kulturelle Lebensni-  
Volkes Schritt für Schritt weiter zu verbessern.

as bei dieser Feststellung noch um einen weiteren  
auf den auch H.Maier/4/ hinweist:

crebten Wachstumsraten (müssen) ... das Ergebnis  
ngen konkreter Gleichgewichtsbedingungen für das  
vorhandener Faktoren und Restriktionen in Hin-  
ganz konkrete sozialökonomische Ziele, denen  
nische Wachstum dienen soll, sein. Hierbei ändern  
tem erreichten Entwicklungsniveau und den sich  
a Wachstumsbedingungen die Prioritäten, Schwer-  
e Wege des ökonomischen Wachstums. Dies führt