



## Physik und Gesellschaftswissenschaften

### Teil 2

Rostock: Wilhelm-Pieck-Universität, 1978

<https://purl.uni-rostock.de/rosdok/ppn1870248910>

Band (Druck)    Freier  Zugang        OCR-Volltext

# Physik und Gesellschaftswissenschaften



ROSTOCKER  
PHYSIKALISCHE  
MANUSKRIPTE

Heft 3/II



PHYSIK UND GESELLSCHAFTSWISSENSCHAFTEN

Ausgewählte Vorträge der wissenschaftlichen Tagung "Physik und Gesellschaftswissenschaften" des Beirates für Physik beim Ministerium für das Hoch- und Fachschulwesen und der Sektion Physik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock

vom 26. - 27. 1. 1978 in Rostock

Teil 2

Bearbeiter: Prof. Dr. H. Ulbricht  
Dipl.-Phys. J. Schmelzer

Wilhelm-Pieck-Universität Rostock  
Sektion Physik  
1978



Rostocker Physikalische Manuskripte

- Heft 1: Physik und Gesellschaftswissenschaften (dieses Heft  
der Reihe ist unnummeriert erschienen) 1977<sup>+</sup>
- Heft 2: Stochastische Theorie der nichtlinearen irreversiblen  
Prozesse. 1977
- Heft 3: Physik und Gesellschaftswissenschaften (Tagungsvor-  
träge Teil 1) 1978

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 993/78

Druck: Ostsee-Druck Rostock, Werk II

## Inhaltsverzeichnis

### Teil 1

	Seite
Vorwort	7
H. ULBRICHT	9
Physik und Gesellschaft.	
K.H. BERNHARDT	19
Globale physikalische Prozesse und Noosphäre.	
U. RÖSEBERG	27
Bemerkungen zum gegenwärtigen Stand und zu einigen Problemen bei der Erforschung phi- losophischer Fragen der Physik.	
N. HAGER	37
Die "Einheit der Physik" als Einheit der Theorien und Methoden.	
H.-G. SCHÖPF	47
Zur Naturdialektik der klassischen deutschen Philosophie.	
P. JAKUBOWSKI	57
Dialektische Elemente der Naturphilosophie von L. Boltzmann (L. Boltzmann und die Natur- philosophie der modernen Physik).	
H. HECHT	71
Zufall und Notwendigkeit in der Geschichte der Quantenmechanik.	
R. ENDERLEIN, K. HENNEBERGER, D. SUISKY	81
Zur Frage der Reversibilität und Irreversibi- lität physikalischer Prozesse.	

H. BERNHARDT	95
Zur Geschichte der statistischen Interpretation des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik.	
H.-G. MASCHKE	105
Das Weltganze und die Determinismusproblematik.	
F. LOGES	111
Zum Prozeß der Herausbildung entwickelter physikalischer Theorien.	
W. HEITSCH	117
Logische Grundlagen der Wahrscheinlichkeit.	
E. ROSENTHAL/ G. LUDWIG	127
Bemerkungen zur Produktivkraftfunktion der Physik.	

## Teil 2

W. RUNGE	7
Mathematische Modelle in der sozialistischen Betriebswirtschaft.	
W. BARTL	17
Bemerkungen zur Modellierung und Optimierung volkswirtschaftlicher Hauptproportionen.	
G. SCHULZE	21
Beispiele einer analogen analytischen Modellierung betrieblicher und physikalischer Prozesse.	
G. ROSSA	31
Zu einigen Analogien physikalischer Gesetzmäßigkeiten im gesellschaftlichen Bereich und ihre erkenntnistheoretische Bedeutung.	

K.-H. FISCHER	39
Bemerkungen zum Verhältnis von Physik und Ökonomie.	
W. EBELING	47
Ein stochastisches Modell für das Wirken des Marx'schen Wertgesetzes im Kapitalismus der freien Konkurrenz.	
E. BRUCKNER	55
Die intensiv erweiterte Reproduktion gesellschaftlicher Arbeitsfähigkeiten - ein einfaches Modell.	
A. RUTSCHER	69
Die Entdeckungen des Elektromagnetismus und ihre philosophischen Wurzeln.	
D. HOFFMANN	79
Zur Geschichte der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.	
H. BINKAU	89
Julius Robert Mayer und der Satz von der Erhaltung der Energie.	
H. KANT	97
Einige Aspekte der Darstellung der Physikgeschichte für die Erforschung wissenschaftstheoretischer Zusammenhänge.	
J. WITTIG	105
Zur Förderung der praxisorientierten Physikausbildung durch die Lehrveranstaltung Geschichte der Physik.	



Mathematische Modelle in der sozialistischen Betriebswirtschaft

1. Zur Anwendung mathematischer Methoden in den Einzelwissenschaften

Die Anwendung der Mathematik ist auf keinen Bereich der objektiven Realität beschränkt, weil die Mathematik die quantitative Bestimmtheit jeglicher materieller Dinge und Erscheinungen und der zwischen diesen Dingen und Erscheinungen objektiv existierenden Zusammenhänge zum Gegenstand hat und alles was objektiv ist, auch in einer gewissen quantitativen Determiniertheit existieren muß. Diese Erkenntnis erklärt letztlich, weshalb mathematische Methoden nicht nur in den Natur- und Ingenieurwissenschaften angewandt werden, sondern in zunehmendem Maße auch in den Gesellschaftswissenschaften genutzt werden. Die Mathematisierung der Einzelwissenschaften entspricht objektiven Erfordernissen und ist in der Entwicklung der Einzelwissenschaften selbst begründet /1/. In diesem Zusammenhang äußert sich recht prägnant die bekannte sowjetische Mathematikerin E.S. Wentzel (unter ihrem schriftstellerischen Pseudonym I. Grekova) /2/:

- ... Mit einem Wort, die Mathematik dringt mit ihrem Apparat, mit ihrer Terminologie und ihrer Methodologie überall ein. Im Zusammenhang damit verwischen sich die Grenzen zwischen den sogenannten exakten und den Humanwissenschaften, werden die Grenzen nahezu unsichtbar. Lange Zeit war es üblich gewesen, diese Wissenschaften als gegensätzlich aufzufassen, ihren Einflußbereich und ihre Methodologie voneinander abzugrenzen. ...
- ... Und nun verschwindet vor unseren Augen dieser traditionelle Gegensatz. Die Grenze zwischen den exakten und den Humanwissenschaften verwischt sich, der Unterschied wird undeutlich, und mitunter ist er überhaupt nicht mehr zu erkennen. Es kommt zu einer gegenseitigen Durchdringung und Bereicherung dieser beiden Typen von Wissenschaften. Oft (zu oft!) wird diese Wechselwirkung einseitig verstanden, als Siegeszug der Mathematik, als reine Mathematisierung aller Wis-

sensgebiete. Die Mathematik mit ihren deduktiven Konstruktionen, mit ihrem axiomatischen Aufbau und formalen Apparat wird als ein ideales Muster betrachtet, nach dem sich alle anderen Wissenschaften auszurichten haben. Nicht selten ist bei den Mathematikern eine Einstellung zu den anderen Wissenschaften zu beobachten, die auf eine Position des Eroberers hinausläuft: "Wartet nur ab, wir werden auch euch kriegen, bisher hatten wir nur keine Zeit." Ein solcher "Eroberer" betrachtet jegliche Wissenschaft nur in dem Maße als Wissenschaft, wie sie mit Formeln ausgerüstet und in der Sprache der Mathematik ausgedrückt ist; alles andere gilt ihm als leeres Gerede, als "Schaumschlägerei". Es gibt nichts Schädlicheres und Unfruchtbarereres als eine solche Haltung. Eine gewaltsame Mathematisierung ist niemals von Nutzen gewesen; die Mathematisierung vollzieht sich auf natürliche Weise, wenn die Entwicklung der betreffenden Wissenschaft selbst ein solches Bedürfnis entstehen läßt. ...

Die sinnvoll betriebene Mathematisierung der Einzelwissenschaften schafft günstige Voraussetzungen für die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Vertretern verschiedener Wissenschaftsdisziplinen. Darin kommen auch die integrative Funktion der Mathematik im System der Einzelwissenschaft und die Einheit der Wissenschaften zum Ausdruck.

Die Anwendung mathematischer Methoden in den verschiedenen Einzelwissenschaften ist differenziert zu beurteilen, da sie unterschiedliche Etappen durchmacht, unterschiedliche einzelwissenschaftliche Bedürfnisse befriedigt und in unterschiedlichem Maße auf die Entwicklung der Mathematik selbst zurückwirkt. Ohne Zweifel wird in allen Einzelwissenschaften die Mathematik zur formulierten Beschreibung bekannter einzelwissenschaftlicher Gesetze genutzt. Überdies leistet sie eine weitere Hilfe bei der Aufdeckung noch nicht erkannter Zusammenhänge. Eine derartige Hilfeleistung ist durch die mathematische Modellierung einzelwissenschaftlicher Sachverhalte, durch das gezielte Experimentieren mit diesen Modellen, durch die darauf aufbauende



Formulierung und Prüfung von Hypothesen sowie durch die statistische Auswertung empirischen Datenmaterials möglich. Diese Einschätzung trifft uneingeschränkt auch auf die Wissenschaft von der Ökonomie, auf die Wirtschaftswissenschaft zu. Eine solche erkenntnistheoretische Nutzung der Mathematik haben bereits die Klassiker des Marxismus, namentlich Marx und Lenin, erfolgreich praktiziert.

## 2. Die Anwendung mathematischer Methoden in der Wirtschaftswissenschaft und in der Wirtschaftspraxis

Die Anwendung mathematischer Methoden und Modelle in der Wirtschaftswissenschaft und in der Wirtschaftspraxis weist allerdings wenigstens zwei besondere Merkmale gegenüber der Nutzung der Mathematik in den Natur- und Ingenieurwissenschaften auf.

1. Die Modellierung eines ökonomischen Systems muß immer die Abbildung der Tätigkeit handelnder Menschen umfassen. Dabei ist der handelnde Mensch - kybernetisch gesprochen - nicht irgendein Element, sondern das aktive Element dieses Systems. Dieses Merkmal läßt bereits ein zweites spezifisches Merkmal der Anwendung mathematischer Methoden in der Ökonomie erkennen.
2. Die Nutzung mathematischer Modelle hat nicht nur eine erkenntnistheoretische, sondern auch eine instrumentale Funktion in der Leitung und Planung ökonomischer Systeme; mathematische Modelle sind Hilfsmittel für den Leiter und Planer in der sozialistischen Wirtschaft. Dieses zweite Merkmal der Anwendung der Mathematik in der Ökonomie steht im Mittelpunkt der folgenden Ausführungen.

Die sich aufgrund der wissenschaftlich-technischen Entwicklung rasch vertiefende Arbeitsteilung sowie die damit verbundene Spezialisierung und Konzentration der Produktion in der gesamten Wirtschaft, in der Industrie und in der Landwirtschaft, führen zu einer permanent zunehmenden Verflechtung in der gesamten Wirtschaft, in der Industrie und in der Landwirtschaft. Die sich erfolgreich entwickelnde sozialistische ökonomische Integration bewirkt darüber hinaus eine Verflechtung der nationalen



Wirtschaften der sozialistischen Länder. Die Beherrschung dieser nationalen und internationalen Verflechtungen stellt hohe Anforderungen an die Planung, an die Volkswirtschaftsplanung und an die internationale Abstimmung der einzelnen Volkswirtschaftspläne. Das planerische Hauptproblem besteht hierbei darin, die im nationalen oder internationalen Rahmen vorhandenen Ressourcen, insbesondere den Fonds an lebendiger und vergegenständlichter Arbeit derart auf die einzelnen Wirtschaften, Ministerien, Zweige, Kombinate und Betriebe zu verteilen, daß gegenwärtig und künftig eine solche Gütererzeugung und solche Leistungen zustande kommen können, die einen maximalen Effekt bei der Bedürfnisbefriedigung garantieren.

Um derartige Verteilungsprobleme geht es auch bei der Leitung und Planung ökonomischer Prozesse im Rahmen eines Betriebes oder eines Kombinates, d. h. im Rahmen der praktischen Betriebswirtschaft. Die Intensivierung der sozialistischen Produktion, die nach wie vor den Hauptweg bei der Erfüllung der ökonomischen Hauptaufgabe unserer gesellschaftlichen Entwicklung bildet, wirft aber über die genannten Verteilungsprobleme hinaus noch weitere Fragen auf. Die zugeteilten Fonds sind derart miteinander und zueinander in Beziehung zu setzen, daß der oben erwähnten gesamtgesellschaftlichen Zielstellung entsprochen wird. Dieses In-Beziehung-Setzen ist mit der Bilanzierung und (möglicherweise) Optimierung eines Fünfjahrplanes oder Jahresplanes noch nicht abgeschlossen. Sie darf nicht global bleiben, sondern muß permanent bei der Produktion der Güter und bei der Realisierung der Leistungen durchgesetzt werden.

### 3. Mathematische Modelle in der sozialistischen Betriebswirtschaft

Eine derartig durchgängige Koordinierung der Produktionselemente wirft ständig Entscheidungsaufgaben auf, die im Rahmen der Planung und Organisation eines Betriebes zu meistern sind. Bei der Lösung dieser Aufgaben spielen mathematische Modelle eine große Bedeutung und zwar aus folgenden Gründen:

- Erstens macht die mathematische Beschreibung eines Sachverhaltes in seinen wesentlichen und quantifizierbaren Zügen die Entscheidungsaufgabe überschaubarer.
- Zweitens läßt sich eine mathematisch dargestellte Entscheidungsaufgabe, unter Einsatz von Informationsverarbeitungsanlagen relativ schnell lösen - und dieses Erfordernis besteht insbesondere bei der operativen Steuerung von Produktionsprozessen.

Die Anwendung mathematischer Modelle in der sozialistischen Betriebswirtschaft vollzieht sich dementsprechend in verschiedenen Etappen. Die erste Etappe besteht in der Entwicklung, Aufbereitung oder Auswahl eines Modells für das System, auf das sich eine gegebene Entscheidungsaufgabe bezieht. Das zu entwickelnde bzw. bereits vorliegende Modell beinhaltet eine mathematische Darstellung zwischen den - aus der Sicht der Entscheidungsaufgabe - relevanten Kenngrößen und Einflußgrößen oder systeminternen und systemexternen Größen des Systems. Die zweite Etappe bildet die mathematische Beschreibung der Entscheidungsaufgabe, die Formalisierung der Entscheidungsaufgabe auf der Grundlage des mathematischen Modells. Die als Beurteilungskriterien aufzufassenden Zielstellungen einer Entscheidungsaufgabe heben einige Kenngrößen in den Rang von Zielfunktionen. Die das Entscheidungsfeld absteckenden Nebenbedingungen äußern sich darin, daß für die übrigen Kenngrößen und einige Einflußgrößen - die sogenannten Entscheidungsvariablen oder Problemgrößen - obere und/oder untere Grenzen vorliegen. Die vorgegebenen Grenzwerte und die nicht beeinflussbaren (fixen) Einflußgrößen repräsentieren die Ausgangsdaten des Problems. Die Gesamtheit der Zielfunktionen und der mathematisch beschriebenen Restriktionen bilden eine Optimierungsaufgabe.

Die charakterisierten Etappen sind für die Bewältigung der gegebenen Entscheidungssituation von grundlegender Bedeutung. Sowohl bei der Entwicklung des Modells als auch bei der Formulierung der Optimierungsaufgabe sind die objektiv wirkenden Gesetzmäßigkeiten in der Ökonomie und damit die ökonomische Theorie zu berücksichtigen. Auf diese Weise werden bei der mathema-

tischen Beschreibung auch qualitative Gesichtspunkte beachtet. Die dritte Etappe beinhaltet die Lösung dieser Optimierungsaufgabe durch den Einsatz geeigneter numerischer Verfahren und die Nutzung moderner Informationsverarbeitungsanlagen zur rationalen Abarbeitung der betreffenden Algorithmen. In der Regel können die in der Betriebswirtschaft auftretenden Optimierungsaufgaben nicht mit den klassischen Methoden der Analysis gelöst werden, die ja im Höchstfall nur Gleichungen (aber keine Ungleichungen) als Beschränkungen zulassen. Im allgemeinen müssen Algorithmen der sogenannten "modernen Optimierung" benutzt werden, eines Teilgebiets der Angewandten Mathematik, das sich in den letzten 30 Jahren herausgebildet und zu einer stattlichen Theorie entwickelt hat. Die Auswahl eines Lösungsalgorithmus ist dabei selbst ein Entscheidungsproblem, da das eingesetzte Rechenverfahren sowohl den numerischen Aufwand als auch die Genauigkeit der Ergebnisse determiniert. Beide Kriterien müssen einander abgewägt werden; insbesondere ist nur eine notwendige Genauigkeit anzustreben, d. h. eine solche Genauigkeit, die sich in der Unschärfe bewegt, die durch die Modellierung des realen Systems, durch die Ungenauigkeit der Ausgangsdaten und durch die Unvollkommenheit der diskreten Informationsverarbeitung mittels einer Rechenanlage gegeben ist. Diesen relativ ausführlich charakterisierten Stappen schließen sich weitere Phasen an. Sie beinhalten die Interpretation der Ergebnisse und deren Aufbereitung für die Leitung und Planung. Insbesondere sind Aspekte zu beachten, die bei der mathematischen Behandlung der Entscheidungsaufgabe nicht berücksichtigt werden konnten. Schließlich sind Maßnahmen zur praktischen Umsetzung der gewonnenen Ergebnisse zu erarbeiten und zu realisieren.

Bei der Anwendung mathematischer Modelle im Rahmen der betriebswirtschaftlichen Entscheidungsfindung sind in den letzten 2 Jahrzehnten in unserer Republik gute Fortschritte erzielt worden. In zunehmendem Maße vollzieht sich der Übergang von der Nutzung linearer, statischer und deterministischer Modelle zur Applikation nichtlinearer, dynamischer und stochastischer Modelle. Die Praktikabilität vieler Modelle ist noch wesentlich

zu erhöhen, die Integration der Modellnutzung in den normalen Prozeß der Leitung, Planung und Organisation macht noch die Überwindung mancher Vorbehalte und anderer subjektiver Hindernisse erforderlich. Die modellmäßige Beherrschung der betrieblichen Hauptprozesse aus der Sicht der Jahresplanung ist praktisch gegeben. Problematischer ist schon die Beherrschung der Prozesse der Produktionsdurchführung sowie der Produktionshilfs- und -nebenprozesse (Lagerhaltung, Instandhaltung, innerbetrieblicher Transport ...). Erfreulich ist zu vermerken, daß in den letzten Jahren der Modellierung und Optimierung dieser Prozesse größere Aufmerksamkeit entgegengebracht wird.

Folgende mathematische Modelle wurden in den letzten Jahren erfolgreich genutzt:

Transportmodelle zur Lösung von Aufgaben der Zuordnung zwischen Quellen und Senken (Erzeugern und Verbrauchern), von Rundreisenaufgaben (von Versorgungsfahrten) und von Standortaufgaben;

Lagerhaltungsmodelle zur Bestimmung optimaler Bestellregeln, zur Dimensionierung wirtschaftlicher Vorräte und zur Berechnung optimaler Erzeugnisse für die Fertigung;

Erneuerungsmodelle zur Ermittlung optimaler Nutzungsdauern für Grundmittel, zur Fixierung optimaler Instandhaltungsstrategien und Erneuerungszyklen;

Konfliktmodelle auf der Basis der Theorie der strategischen und halbstrategischen Spiele zur Ermittlung polyoptimaler Produktionsprogramme und zur Auswahl optimaler Varianten in unbestimmten Entscheidungssituationen;

Ablaufmodelle zur Lösung komplizierter Reihenfolgeaufgabe, die insbesondere im Bauwesen und bei der Teilefertigung im Maschinenbau auftreten;

Bedienungsmodelle zur Bestimmung optimaler Kapazitäten oder Belastungen von Bedienungssystemen, z. B. der Telefonie, des innerbetrieblichen Transports, der Seeschifffahrt und der Dienstleistungssphäre sowie zur Fixierung optimaler Normen (Bedienungs- und Besetzungsnormen) für im Maschinenbau und in der Textilindustrie häufig vorkommende Mehrmaschinenbedienungs-



systeme.

Bei der Analyse eines betriebswirtschaftlichen Systems, die stets einer mathematischen Modellierung vorausgehen muß, kann durchaus eine Struktur in Erscheinung treten, die auch realen Systemen zukommt, die Gegenstand anderer Einzelwissenschaften, beispielsweise der Physik sind. Kollege Schulze hat schon auf einige Analogien hingewiesen. In solchen Fällen lohnt es sich, das diesbezügliche Modell der anderen Einzelwissenschaft einer kritischen Prüfung zu unterziehen und nach erforderlicher Modifikation für eine praktische Anwendung aufzubereiten. Beispielsweise eignet sich die Theorie der Poissonschen Ereignisströme (bestimmter stochastischer Prozesse mit Markoff-Eigenschaft), die im Zusammenhang mit der Untersuchung von Zerfallsprozessen in der Physik erarbeitet worden ist, für die Beschreibung des Zulaufes von Forderungen in ein Bedienungssystem, von Schiffen in einen Hafen, von Reparaturaufträgen an eine Werkstatt etc. Weiter können aus der Physik bekannte Bilanzgleichungen unmittelbar für die Herleitung von recht allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen für Bedienungssysteme, insbesondere für die in der Praxis vorherrschenden Wartesysteme genutzt werden.

Die meisten der bisher genannten analytischen Modelle können nur unter gewissen Bedingungen angewandt werden, die den Modellprämissen entsprechen. Beispielsweise setzt das Standardmodell für offene Wartesysteme einen Poisson-Zulauf der Forderungen ohne Prioritäten, eine exponentiell verteilte Bedienungsdauer sowie gleichwertige und absolut zuverlässige Abfertigungsstellen voraus. Sind derartige Prämissen im betriebswirtschaftlichen System, auf das sich eine vorgelegte Entscheidungsaufgabe bezieht, nicht erfüllt, dann kann das analytische Modell nicht genutzt werden, ohne nicht abschätzbare Fehler zu begehen. In einem solchen Falle kann aber auf einem anderen Wege die Mathematik noch erfolgreich zum Zuge kommen. Das System wird nach verschiedenen Varianten durch Anwendung der Monte-Carlo-Technik simuliert; auf diese Weise werden statistische Experimente durchgeführt, die ebenfalls Aufschluß geben über das Wesen des betreffenden ökonomischen Systems. Insbesondere kann auch über

eine solche statistische Modellierung eine quasi-optimale Gestaltungsvariante für das System gefunden werden.

Bisher war nur die Rede von der Anwendung einzelner mathematischer Modelle im betriebswirtschaftlichen Entscheidungsprozeß. Selbstverständlich reicht die Nutzung isolierter Modelle auf die Dauer nicht aus, um die realen Gegebenheiten mit einem hohen Abbildungsgrad zu erfassen; sie verkörpert aber eine wichtige Stufe bei der Entwicklung und Applikation von Modellen, die nicht nur eine Phase des betrieblichen Reproduktionsprozesses, sondern mindestens zwei Phasen (z. B. Produktion und Instandhaltung etwa) abbildet. Ein solches Modell darf kein Supermodell sein, sondern kann nur ein System von Teilmodellen darstellen, die informationell miteinander gekoppelt sind und die in ihrer Anordnung der hierarchischen Struktur des abzubildenden betriebswirtschaftlichen Systems adäquat sind. Bei der praktischen Anwendung von Modellsystemen für Betriebe sind wir in unserer Republik über Anfänge noch nicht hinaus gekommen. Bei der weiteren theoretischen und praktischen Arbeit mit Modellsystemen werden ohne Zweifel die Erfahrungen von großem Nutzen sein, die in der Sowjetunion bei der Entwicklung und schrittweisen Anwendung von ASU-Systemen gesammelt wurden und noch gesammelt werden.

#### 4. Abschließende Bemerkungen

Schließlich werden noch zwei grundsätzliche Bemerkungen für Entwicklung und Anwendung mathematischer Modelle in der sozialistischen Betriebswirtschaft getroffen.

1. Die Konstruktion und Anwendung mathematischer Modelle in der betriebswirtschaftlichen Praxis hat auch auf die Entwicklung der Mathematik zurückgewirkt. In den letzten Jahrzehnten sind - angeregt durch praktische ökonomische Fragestellungen - mehrere mathematische Teildisziplinen ausgearbeitet worden, die ihre Bewährungsprobe in der Praxis bereits in vielen Fällen unter Beweis gestellt haben. Wir erwähnen an dieser Stelle die Bedienungstheorie, die Erneuerungstheorie, die Spieltheorie, die Theorie der Simulation und die math-

mathematische Optimierung (lineare, nichtlineare und dynamische Optimierung). Diese Disziplinen haben das Gepräge der "Angewandten Mathematik", die vor mehr als 150 Jahren insbesondere durch die bahnbrechenden Arbeiten von Carl Friedrich Gauß begründet wurde, fundamental verändert und unbestritten die Praxiswirksamkeit der Mathematik erhöht.

2. Mathematische Modelle sind nur Hilfsmittel der Leitung und Planung und sie werden auch nur Entscheidungsinstrumente bleiben. Diese Hilfsmittel führen aber bei wichtiger Handhabung zu einer weiteren Objektivierung und Rationalisierung der Leitungs- und Planungsprozesse selbst und damit zu einer weiteren Vervollkommnung der Leitung und Planung in unseren sozialistischen Betrieben und Kombinat.

#### Literatur:

- /1/ A.F. Kudrjaschew: Zur Mathematisierung der Wissenschaften, Sowjetwissenschaft, Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge 29 (1976) 4, 403 - 412
- /2/ I. Grekova: Methodologische Probleme der angewandten Mathematik, Sowjetwissenschaft, Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge 30 (1977) 4, 402 - 415

#### Verfasser

Prof. Dr. sc. Walter Runge  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock  
Sektion Sozialistische Betriebswirtschaft  
DDR - 25 Rostock  
Klement-Gottwald-Straße

Wilhelm Bartl

Bemerkungen zur Modellierung und Optimierung volkswirtschaftlicher Hauptproportionen

Das Parteiprogramm der SED, das auf dem IX. Parteitag beschlossen wurde, orientiert auf eine weitere Vervollkommnung der Leitung, Planung und ökonomischen Stimulierung volkswirtschaftlicher und betrieblicher Prozesse. Durch die Leitung und Planung müssen solche Bedingungen geschaffen werden, damit sich die Intensivierungsprozesse voll entfalten können. Zu dieser Fragestellung gehört auch das Problem, die Instrumente der Leitung und Planung ständig zu vervollkommen, insbesondere durch die Ausarbeitung und Anwendung von ökonomisch-mathematischen Modellen. Die Erfahrungen anderer Wissenschaftsdisziplinen hierbei zu nutzen, halte ich für nützlich und zulässig. Die allgemeinen Aussagen von Prof. Dr. Ebeling in seinem Beitrag zur Modellierung finden die volle Zustimmung; es muß aber deutlich hervorgehoben werden, daß bei Analogieschlüssen aus der Modellierung physikalischer Vorgänge, solche nur zulässig sind und Erfolge bringen, wenn die Spezifik ökonomischer Prozesse beachtet wird. Die Ökonomie braucht ihr adäquates Instrumentarium zur Darstellung und Beurteilung ökonomischer Prozesse.

Mit zunehmender Vergesellschaftung der Produktion, wachsender Arbeitsteilung und Kooperation, Vertiefung der volkswirtschaftlichen Verflechtungen erhöhen sich die Anforderungen vor allem an die zentrale staatliche Planung und ihrem Instrumentarium der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Der Entwicklungsstand der Produktivkräfte und der Reifegrad der Produktionsverhältnisse stellen ständig neue Anforderungen an die Instrumente zur Analyse und Planung, zur Erfassung und Beurteilung des volkswirtschaftlichen Reproduktionsprozesses.



Zu einigen speziellen Prämissen bei der Modellierung volkswirtschaftlicher Hauptproportionen.

Das "Modelldenken" und die Anwendung der quantitativen Analyse gehören schon immer zu wissenschaftlichen Arbeitsprinzipien der Politischen Ökonomie; was die Geschichte der ökonomischen Lehren hinreichend belegt.

In der sozialistischen Gesellschaft erlangt die Anwendung von Modellen in der Ökonomie eine neue Qualität, sie müssen zu wirk-  
samen Entscheidungshilfen für die sozialistische Praxis entwickelt werden.

Eine wesentliche Prämisse bei der Modellierung ökonomischer Prozesse besteht darin, daß durch das Modell Reproduktionszusammenhänge richtig widergespiegelt werden müssen. Es scheint uns besonders wichtig bei der Übertragung von Modellen aus der Physik zu betonen, daß die qualitative Analyse Vorrang haben muß vor der quantitativen. Ökonomische Prozesse können nicht existierenden Modellen angepaßt werden, sondern die Modellkonstruktion muß der ökonomischen Analyse folgen. Jedes Modell ist notwendigerweise eine Vereinfachung des realen wesentlich komplizierteren Prozesses. Der zulässigen Vereinfachung sind jedoch Grenzen gesetzt; wenn das Modell noch Anspruch auf Praxiswirksamkeit erheben soll.

Eine weitere wesentliche Prämisse besteht darin, daß alle im Modell auftretenden Kategorien und Parameter sowie die Ergebnisse aus Modellrechnungen ökonomisch interpretierbar sein müssen.

Bei aggregierten volkswirtschaftlichen Modellen sowie bei Effektivitätskriterien werden auch gegenwärtig sehr häufig Bewertungsparameter benutzt, die dieser formulierten Prämisse nicht entsprechen. Es ist besonders wichtig, auf diesen Grundsatz hinzuweisen, da durch solche qualitativ nicht hinreichend bestimmten Modellparameter scheinbar hohe Exaktheit bei der Darstellung ökonomischer Prozesse widergespiegelt wird.

Eine weitere wesentliche Bedingung bei der Modellierung volkswirtschaftlicher Hauptproportionen besteht darin, daß solche modernen Instrumente mit den bereits angewandten (traditionellen) Planungsinstrumenten koppelbar sein müssen. Ein sehr wesentlicher Grund für diese Prämisse besteht in der Informationsbasis der Volkswirtschaft. Jedes konzipierte ökonomisch-mathematische Modell muß die vorhandene Informationsbasis für Planung und Abrechnung zur Grundlage haben. Vorstellungen, einen Informationsbedarf für ökonomische Entscheidungen streng aus ökonomisch-mathematischen Modellen abzuleiten, haben sich als unrealistisch erwiesen.

Die bisherigen Erfahrungen bei der Modellierung der volkswirtschaftlichen Reproduktion zeigen, daß ein System von Modellen erforderlich ist. Das Kernstück eines solchen Modellsystems bilden statische und dynamische Verflechtungsmodelle. In diesem Modellsystem haben auch aggregierte Modelle solcher Art, wie sie vom Kollegen Dr. Trettin hier am Beispiel der Beziehungen von Akkumulation und Konsumtion erläutert wurden, einen wichtigen Platz. Ihre Hauptfunktion besteht darin, mit ihrer Hilfe Eckpunkte für die langfristige Gestaltung der Reproduktion zu ermitteln; sie liefern mit ihren Ergebnissen notwendige Grundlagen für andere Modelle des Modellsystems, insbesondere der Verflechtungsmodelle.

#### Verfasser:

Doz. Dr. sc. oec. Wilhelm Bartl  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock  
Sektion Sozialistische Betriebswirtschaft  
DDR - 25 Rostock  
Klement-Gottwald-Str.



Beispiele einer analogen analytischen Modellierung betrieblicher und physikalischer Prozesse

Der Differenzierungs- und Integrationsprozeß der Wissenschaftsentwicklung umfaßt das gesamte Gebäude der modernen Wissenschaften. Es gibt zahlreiche Beispiele dafür, daß die Gesellschaftswissenschaften eine bereichernde Rolle auf die Naturwissenschaften ausübten. Das zeigt die ganze Geschichte des dialektischen Materialismus. Aber auch die modernen Naturwissenschaften haben die Gesellschaftswissenschaften befruchtet. Es bahnt sich auf marxistisch-leninistischem Fundament eine Wissenssynthese an, die bereits von Karl Marx in seinen ökonomisch-philosophischen Manuskripten aus dem Jahre 1844 umrissen wurde: /1/ "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." Dabei wird gleichzeitig die von Friedrich Engels gegebene methodologische Prognose verwirklicht, die darin bestand, daß wichtige wissenschaftliche Ergebnisse vor allem an den Nahtstellen zwischen den traditionellen Wissenschaftsdisziplinen zu erwarten sein werden.

Dieser Differenzierungs- und Integrationsprozeß soll exemplarisch an Beispielen der analogen Modellierung betrieblicher und physikalischer Vorgänge betrachtet werden.

1. Betriebliche Reserven und Seeretention:

Bei der Modellierung betrieblicher Prozesse finden wir in der Regel den Fall, daß Abweichungen von Durchschnittswerten sowohl bei Prozeßvoraussetzungen und bei Prozeßergebnissen als auch bei den Parametern der Transformationsoperatoren auftreten. Interessant sind dabei vor allem die entstehenden Spitzenbelastungen, mit denen der betrachtete Bereich fertig werden muß.

Die quantifizierten zeitabhängigen Prozeßvoraussetzungen können als ein dem Prozeß zufließender Strom aufgefaßt werden. Vergrößert sich die Zuflußmenge pro Zeiteinheit, dann entsteht eine Flutwelle, die bei einem nicht sofortigen Angleich der Leistung zu einem Stau des Ankunftsstromes vor oder im Prozeß führt.

Man kann die Auffassung vertreten, daß eine möglichst schnelle Anpassung des Abflusses an den Zufluß wünschenswert ist. Im Interesse einer geringen Umlaufmittelbindung für den betrachteten Bereich wäre es erstrebenswert, erfordert jedoch Prozeßreserven und die Fähigkeit einer schnellen Anpassung. Die ankommende Flutwelle wird mit einer geringen Zeitverschiebung auf den Prozeßausgang und damit auf die folgenden Prozesse übertragen. Die Transformation kann aber auch dafür sorgen, daß die auftretenden Spitzen abgebaut werden, indem eine Flutwelle vergrößert und abgeflacht übertragen wird. Durch Einführung ökonomischer Entscheidungskriterien läßt sich ein optimales Verhältnis zwischen der eintreffenden und abgehenden Flutwelle finden. Notwendig wird jedoch hierzu die Beschreibung des stattfindenden Überganges der Prozeßvoraussetzung in das Prozeßergebnis.

Einen analogen Prozeß findet man beim Durchfluß einer Hochwasserwelle durch einen See. Die Flutwelle besitzt nach dem Durchfließen des Sees eine kleinere Amplitude als beim Eingang, und der Anstieg der ausgehenden Welle ist weniger steil. Die aus der Hydraulik stammenden Beziehungen dieser Seeretention lassen sich ohne weiteres für die Darstellung des Zusammenhangs zwischen beliebigen Prozeßein- und -ausgängen, die als Zu- und Abfluß aufgefaßt werden können, und einen auf ihre Differenzen zurückzuführenden Bestand verwenden. Es ist wegen der notwendigen Meßwertgewinnung zweckmäßig, bei der Darstellung betrieblicher Prozesse in Zeitschritten zu arbeiten. Praktische Anwendungsergebnisse sind aus dem Transportwesen zur Bestimmung von Lagerkapazitäten oder von Gleisanalagen auf Güterbahnhöfen bekannt.

Bei der Untersuchung eines Güterbahnhofs /2/ fand man beispielsweise eine zum Bestand  $H_t$  progressive Transformation

$$Q_{ab} = 0,00356 H_t^{3/2} \quad (1)$$

und damit iterativ in Zeitschritten für Bestandsdifferenzen

$$\Delta H_t = Q_{zu} - 0,00356 H_t^{3/2} \quad (2)$$

Der Zusammenhang geht aus dem Bild 1 hervor.

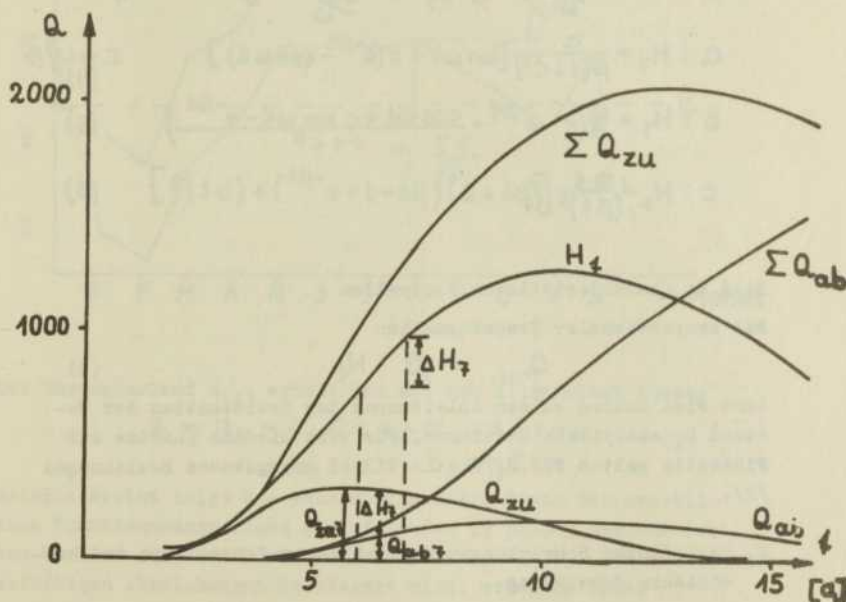
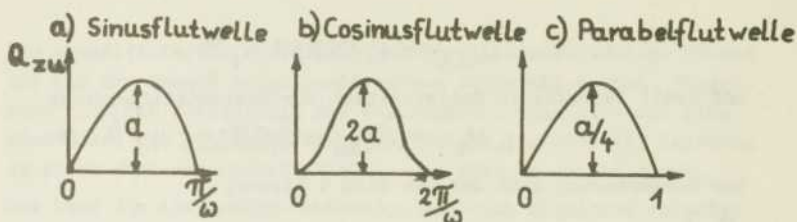


Bild 1: Retentionsdarstellung für einen Güterbahnhof





$$a : H_z = \frac{a}{\beta(1+c^2)} [\sin \omega t + c(e^{-\beta t} - \cos \omega t)] \quad c = \omega/\beta \quad (4)$$

$$b : H_z = \frac{a}{\beta} \left( 1 - e^{-\beta t} - \frac{\cos \omega t + c \sin \omega t - e^{-\beta t}}{1+c^2} \right) \quad (5)$$

$$c : H_z = \frac{a \cdot t}{(\beta t)^3} [(\beta t + 2)(\beta t - 1 + e^{-\beta t}) + (bt)^2] \quad (6)$$

Bild 2: Charakteristische Flutwellen

Bei proportionaler Transformation

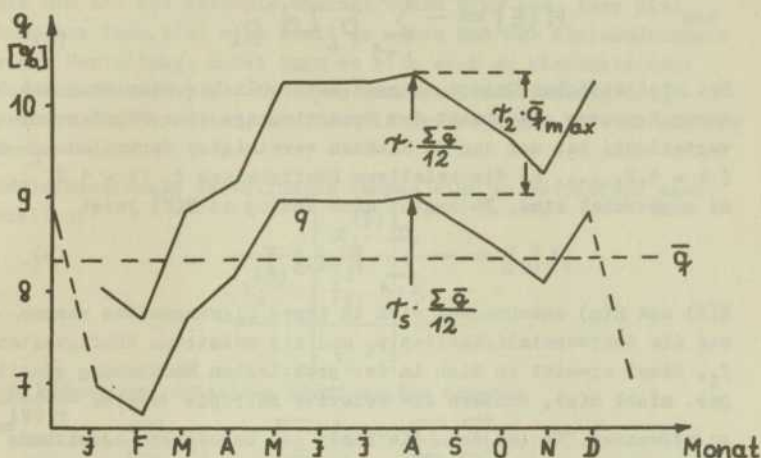
$$Q_{ab} = \beta \cdot H_t \quad (3)$$

läßt sich analog zu den Ableitungen der Seerotation der Bestand  $H_t$  analytisch bestimmen. Für verschiedene Ansätze der Flutwelle gelten für  $H_t$  die im Bild 2 angegebenen Beziehungen /2/.

## 2. Periodische Schwankungen betrieblicher Kennziffern und harmonische Schwingung

Die Erfassung periodischer Vorgänge, z. B. Jahres- oder Tagesabläufe läßt sich mit linearen, quadratischen oder exponentiellen Ansätzen meist nicht hinreichend realisieren. Sinus- und Cosinusfunktionen mit den Oberwellen  $\cos nx$  und  $\sin nx$  mit  $n = 2, 3, 4, \dots$  können zu diesem Zweck nutzbringend eingesetzt werden, wenn  $t$  die Zeitschritte und  $T$  die Periode bedeuten, wird

$$x = \frac{2\pi t}{T}$$



Den Kurvenverlauf  $q(t)$  erhält man mit dem allgemeinen Ansatz

$$q = a_0 + a_1 \cos x + a_2 \cos 2x + \dots + b_1 \sin x + b_2 \sin 2x + \dots \quad (7)$$

Beispielsweise zeigt die zehnjährige Betrachtung der monatlichen Umschlagsmenge eines Seehafens den im Bild 3 demonstrierten Verlauf /3/, der eine systematische Spitze  $\gamma$ , die von zufälligen Abweichungen überlagert wird, erkennen läßt.

### 3. Gleichmäßigkeit einer Verteilung und Entropie

Das in der Thermodynamik entstandene Maß für die Entropie wird in der Informationstheorie zum Messen der Information - für die Bestimmung des Informationsgehaltes - verwendet. Dieses Maß ist jedoch weit allgemeiner einsetzbar. Bekanntlich entsteht der mittlere Informationsgehalt  $H(E)$  für eine Ereignismenge

$E = \{E_1, E_2, \dots, E_m\}$  mit den zugehörigen Wahrscheinlichkeiten  $p_1, p_2, \dots, p_m$  und der Bedingung  $\sum_{i=1}^m p_i = 1$  als



$$H(E) = - \sum_{i=1}^m p_i \lg p_i \quad (8)$$

Bei statistischen Untersuchungen betrieblicher oder ökonomischer Prozesse entspricht der Ereignismenge eine Häufigkeitsverteilung, bei der den zu Klassen vereinigten Merkmalen  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) die relativen Häufigkeiten  $f_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) zugeordnet sind. Es ergibt sich analog zu  $H(E)$  jetzt

$$H(x) = - \sum_{i=1}^m f_i \lg f_i \quad (9)$$

$H(E)$  und  $H(x)$  entsprechen sich in ihren Eigenschaften ebenso wie die Wahrscheinlichkeiten  $p_i$  und die relativen Häufigkeiten  $f_i$ . Dabei erweist es sich in der praktischen Handhabung günstiger, nicht  $H(x)$ , sondern die relative Entropie  $h(x) = \frac{H(x)}{H(x)_{\max}}$  zu verwenden. Es ist dann die Basis des benutzten Logarithmus gleichgültig, und  $h(x)$  liegt immer in den Grenzen  $0 \leq h(x) \leq 1$  (vgl. hierzu Bild 4).

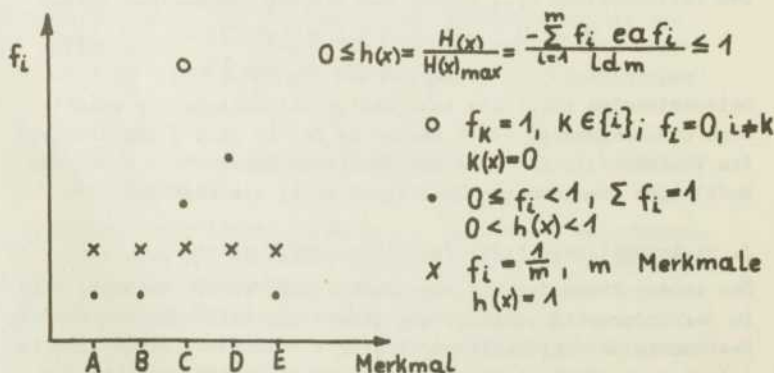


Bild 4: Entropie für nichtmetrische Merkmale

Die dem Maß der Entropie analoge Größe  $H(x)$  bzw. ihre  $H(x)_{\max}$  bezogene Form  $h(x)$  wird damit zu einem Maß der Gleichmäßigkeit einer Verteilung. Dabei kann es sich auch um nichtmetrische Merkmale handeln, die in ihrer Häufigkeitsaufteilung eingeschätzt werden sollen.  $h(x)$  ist invariant gegen Vertauschen der Merkmale.

Zweidimensionale Verteilungen lassen sich in Matrixform darstellen:

	$x_j^{(2)}$	
$x_i^{(1)}$	$f_{ij}$	$f_i$
	$f_j$	

Die Summen der relativen Häufigkeiten ergeben

$$\sum_i f_i = \sum_j f_j = \sum_i \sum_j f_{ij} = 1 \quad (10)$$

Als Randentropien entstehen

$$H(x^{(1)}) = - \sum_i f_i \lg f_i \quad (11)$$

$$H(x^{(2)}) = - \sum_j f_j \lg f_j \quad (12)$$

und als Feldentropie erhält man

$$H(x^{(1)} x^{(2)}) = - \sum_i \sum_j f_{ij} \lg f_{ij} \quad (13)$$

Die hieraus gebildete Transinformation

$$\Delta H = H(x^{(1)}) + H(x^{(2)}) - H(x^{(1)} x^{(2)}) \quad (14)$$

oder ihre auf  $H(x^{(1)})$  bezogene Form

$$0 \leq \Delta h = \frac{H}{H(x^{(1)})} \leq 1 \quad (15)$$

bildet ein Maß für die Straffheit, mit der die Systemeingänge  $x^{(1)}$  auf die Ausgänge  $x^{(2)}$  übertragen werden, wobei die Merkmale  $x^{(1)}$  und  $x^{(2)}$  wiederum nicht metrischer Art sein müssen.

$\Delta = 1$  weist auf strenge Abhängigkeit hin, während mit  $\Delta h = 0$  kein Zusammenhang erkennbar wird. Die Transinformation besitzt

#### 4. Steuerung von Prozessen

In den genannten Beispielen wurde eine Analogmodellierung dadurch möglich, daß eine homomorphe, in quantitativer Form gefaßte Abbildung eines betrieblichen oder ökonomischen Prozesses die gleichen Eigenschaften und Merkmale aufwies, wie das mathematische Modell eines physikalischen Prozesses. Es standen sich am Ende als Modelle isomorphe Systeme gegenüber, die in Relation zum Untersuchungsgegenstand homomorphe Abbildungen waren. Bei der Anwendung der mit dem Modell gewonnenen Ergebnisse auf das Untersuchungsobjekt zeigte sich, daß - bezogen auf den Untersuchungszweck - der bei der Modellierung eingegangene Verzicht auf eine Reihe von Eigenschaften nicht zu einer unzulässigen Vereinfachung führte.

Eine zweite Variante einer Analogmodellierung entsteht dann, wenn in den Modellen verschiedener Objekte keine Isomorphie feststellbar wird, die Aggregation verschiedener Merkmale eines oder mehrerer Modelle einem qualitativ neuen Merkmal eines anderen Modells entspricht. Jetzt kann das eine Modell für das andere nur dann eintreten, wenn es gelingt, den vorliegenden Qualitätssprung zu erklären. Während im ersten Fall die Anwendung des Analogmodells auf die Praxis zum Erkenntnisgewinn führt, bringt bei der zweiten Variante bereits die Arbeit mit den Modellen neue Erkenntnisse und vervollkommen die Theorie.

Ein Beispiel hierzu bildet die Betrachtung der Steuerung eines betrieblichen Prozesses in Analogie zur Steuerungs- und Regelungstheorie. Die Modellierung umfaßt dabei immer die Abbildung menschlicher Tätigkeit oder ihrer Ergebnisse und unterscheidet sich mindestens in diesem Merkmal vom Modell eines naturwissenschaftlichen oder technischen Objektes.

Positive Abweichungen von vorgegebenen Prozeßergebnissen im Sinne einer Planübererfüllung sind bei betrieblichen Prozessen nicht nur erwünscht, sondern zu stimulieren. Das Zielgebiet darf deshalb nur eine einseitige Begrenzung aufweisen, damit

sich das Prozeßergebnis recht weit in positiver Richtung von einer Sollvorgabe entfernen kann. Natürlich ergeben sich hieraus Probleme für die übergeordnete Steuerebene, aber die sind durchaus erwünscht, um entstehende Widersprüche als Entwicklungstriebkräfte voll nutzen zu können.

Die Steuerung selbst kann weder allein als Steuerung im geschlossenen Wirkungsablauf im Sinne einer Störungsauswirkungskompensation, noch als Steuerung im offenen Wirkungsablauf im Sinne einer Störungskompensation, noch als Voraussteuerung im Sinne einer Störungseliminierung aufgefaßt werden. Die in der Technik getrennt realisierbaren Steuerprinzipien lassen sich im betrieblichen Bereich nur in ihrer nicht additiven Gesamtheit als neue Qualität einer Prozeßbeeinflussung hinreichend modellieren.

Zu weiteren wesentlichen Charakteristika betrieblicher Steuerprozesse (Komplexität, Kompliziertheit, Stochastik, Hierarchie) herrscht Isomorphie zum naturwissenschaftlichen oder technischen Modell.

#### Literatur:

- /1/ Marx-Engels-Werke, Ergänzungsband, 1. Teil, S. 543
- /2/ Potthoff, G.: Die Wagenretention, in: Deutsche Eisenbahntechnik, Berlin 1964, S. 324
- /3/ Schulze, G.: Analytische Modellierung hafenbetrieblicher Prozesse. Diss. B, Hochschule für Verkehrswesen "Friedrich List" Dresden, 1976
- /4/ Richter, K.-J.: Kybernetische Analyse verkehrsökonomischer Systeme, transpress Berlin, 1971

#### Verfasser:

Prof. Dr. sc. techn. Gottfried Schulze  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock  
Sektion Sozialistische Betriebswirtschaft  
DDR - 25 Rostock  
Klement-Gottwald-Straße 6



Gerd Rossa

Zu einigen Analogien physikalischer Gesetzmäßigkeiten im gesellschaftlichen Bereich und ihre erkenntnistheoretische Bedeutung

Eine derartige Thematik wirft naturgemäß die Frage auf, ob es überhaupt (in Bezug auf einen Zuwachs an Erkenntnis) bedeutsame Analogien zwischen den Gegenständen der Physik und der Gesellschaftswissenschaften geben kann. Ausgehend von der marxistischen Grundthese des Primates der Materie und der darauf beruhenden Einheitlichkeit der Welt, kann es keine einander widersprechenden Aussagen aus beiden Bereichen geben. Zumindest hat die bisherige Wissenschaftsgeschichte bewiesen, daß ein derartiger Fall immer eine Signalwirkung besaß, und eine Klärung eines solchen scheinbaren Widerspruches durch einen Erkenntniszuwachs bewirkte. Beide hier betrachteten Gegenstandsbereiche gehören unterschiedlichen Organisationsniveaus der Materie an. Daß sie jedoch zumindest Berührungspunkte haben, belegt die Tatsache der dialektischen Organisation der Materie und ihres wechselseitigen Zusammenhanges und findet nicht zuletzt in der Herausbildung von Grenzgebietswissenschaften ihren Ausdruck (Biophysik, Biochemie, Physikochemie u. a.). Es ist deshalb sicher anzunehmen, daß es zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaften sowohl formal-logische als auch sachliche Bezüge gibt, die sich sicherlich in eben den oben erwähnten Analogien äußern.

Dies darf jedoch zu keinem mechanistischen Standpunkt führen, der bedeuten würde, daß sich jede gesellschaftliche Gesetzmäßigkeit z. B. auf physikalische Gesetze zurückführen läßt.

Jede Organisationsform der Materie entwickelt ihre eigenen Bewegungsformen und damit ihre eigenen Gesetzmäßigkeiten, die jedoch denen anderer (vor allem niederer) Organisationsformen nicht widersprechen dürfen.



Nun zu einigen speziellen Analogien gesellschaftlicher Erscheinungen bekannter physikalischer Gegebenheiten.

In der Operationsforschung, die sich mit der Erarbeitung von mathematischen Methoden zur Unterstützung von Planungs- und Lenkungsaufgaben in Ökonomie und Gesellschaft beschäftigt, nehmen die Modelle der Bedienungstheorie einen relativ bedeutenden Platz ein.

Vor längerer Zeit wurde von uns das Zeitverhalten eines speziellen Bedienungssystems im Rahmen eines Forschungsauftrages für den Seehafen untersucht. Dabei war u. a. die Verteilung der Ankunftszeiten der Schiffe zu analysieren. Bei dem Versuch, dieses Problem für eine Modellierung auf dem Analogrechner aufzubereiten, ergaben sich Differentialgleichungen, deren einfachste Formen auffallende Ähnlichkeiten mit der Schwingungsdifferentialgleichung hatten.

$$\mu_1 \cdot \mu_2 x = y'' + (\mu_1 + \mu_2) y' + \mu_1 \cdot \mu_2 y$$

Wobei  $\mu_1, \mu_2$  jeweils die Abfertigungsraten (d. h. die reziproken mittleren Bedienzeiten) zweier seriell arbeitender Bedienungsstellen sind. Von nun an wurde die Methode der Analyse schwingungsfähiger Systeme verfolgt und es gelang, die den drei typischen Zuständen eines Schwingungssystems (Schwingfall, aperiod. Grenzfall, Kriechfall) entsprechenden technologischen Betriebsregimes zu analysieren.

Als methodischer Gesichtspunkt läßt sich daraus folgendes ableiten:

- Es ist möglich, über den Weg der Verallgemeinerung eines Problems zu einem Modell zu gelangen.
- Mit Hilfe eines Modells, das einmal darstellende Funktionen hat, also vorhandenes Wissen repräsentiert, ist es andererseits möglich, zu weiteren Erkenntnissen durch Untersuchungen an eben diesem Modell zu gelangen.

Wenn ein Modell einen hinreichend hohen Abstraktionsgrad hat, ist es mitunter möglich, daß auf einem anderen Spezialgebiet ein analoges (entsprechendes) Modell bereits hinreichend unter-

sucht ist, und diese Ergebnisse übertragen werden können.

Der nun folgende Problemkreis bringt uns auf weitere Analogien, die nicht nur Ähnlichkeiten deutlich machen, sondern innere Zusammenhänge vermuten lassen. In den letzten Jahrzehnten hat der Begriff der Optimierung eine immer umfassendere Anwendung erfahren.

In der Theorie der Optimierung hat die Methode der unbestimmten Lagrangeschen Multiplikatoren eine große Bedeutung erlangt. Obwohl der eigentliche Anlaß zu ihrer Einführung in die Mathematik auf die Variationsrechnung zurückgeht, die wiederum durch physikalische Problemstellungen erforderlich wurde, kann man den Lagrangeschen Multiplikatoren eine durchgängige inhaltliche Deutung zuschreiben. Sie haben jeweils die allgemeine Bedeutung von Gewichten.

In dem einfachen physikalischen Variationsproblem, das die Ermittlung des Lichtweges durch ein optisch inhomogenes Medium behandelt, werden die örtlich differierenden Werte des Brechungsindex durch die Lagrangeschen Multiplikatoren gewichtet, und das Ergebnis der Variationsrechnung ist der optisch kürzeste Lichtweg.

Im Bereich der Theorie der linearen Optimierung haben die Lagrangeschen Multiplikatoren die Funktion der Wichtung des Aufwandes an Mitteln zur Erreichung des Zieles. Sie bewerten praktisch den Einfluß der einzelnen durch die Beschränkungen gegebenen Bilanzgrößen in Bezug auf die Zielgröße.

Auf die Problematik der Modellierung hierarchischer Systeme bezogen, haben die Lagrangeschen Multiplikatoren eine Bedeutung eines Wirksamkeitsmaßes in Bezug auf Veränderungen in einem gesteuerten System.

Diese hier aufgeführten Analogien (s. Tabelle) beziehen sich nicht nur auf äußerliche Analogien, sondern verdeutlichen tiefergehende innere Zusammenhänge, die den Schluß zulassen, daß es sicherlich möglich ist, eine "Metatheorie" über alle Optimierungsprobleme zu schaffen.



# Bedeutung

Fachgebiet	Lagrangescher Mult.	Bilanzgröße
Physik (Optik)	Wichtung des Berechnungsindex	Berechnungsindex
Linear-Optimierung	Wichtung der Bilanzgrößen "Verrechnungspreise"	Nebenbedingungen Bilanzgrößen
Steuerung hierarchischer Systeme	Koordinierungsgrößen "Aufwand"	Informationsgrößen "Nutzen"

Tabelle zur Darstellung der Analogien des Lagrangeschen Multiplikators auf drei Fachgebieten

Ein weiteres Beispiel für inhaltliche Analogien sei hier noch angeführt. Der Begriff der Entropie ist nicht nur den Physikern bekannt, sondern inzwischen auch den Biologen, Informatikern und Technikern. Wobei in den verschiedenen Bereichen durchaus nicht dasselbe darunter verstanden wird. Die Physiker sehen darin eine thermodynamische Größe, die Informatiker und Kybernetiker vor allem ein Maß der Information und die Biologen neben dem Informationsmaß auch noch eine quasi-energetische Größe, die organischen Stoffen eigen ist und zur Aufrechterhaltung irreversibler Prozesse in hochorganisierter Materie notwendig ist.

Der Gebrauch gleicher Termini in verschiedenen Fachbereichen ist nun noch kein Beweis für inhaltliche Übereinstimmungen. Wenn jedoch der Versuch erfolgreich ist, eine allen Objektbereichen eigene Größe zu finden, die eine Abstraktion der speziellen Begriffsinhalte der Entropie darstellt, dann ist die Übereinstimmung nicht nur formal.

Für die Entropie läßt sich diese allgemeine Größe in dem Begriff der Organisation finden, wobei sie dann ein Ordnungsmaß organisierter Systeme ist. Wenn man diese verallgemeinerte Bedeutung den speziellen Begriffsinhalten unterlegt, lassen diese sich

daraus als Spezialfälle ableiten. Der methodische Wert solcher Analogien, die zu Verallgemeinerungen führen, liegt in der Möglichkeit der Anwendung des Methodenapparates und der Erkenntnisse eines Fachgebietes auf offene Probleme eines anderen Gebietes.

Dies sei am Beispiel eines Problems aus der Modelltheorie selbst erläutert:

Die Modellierung zu untersuchender Systeme hat in der Wissenschaftsmethodologie einen festen Platz eingenommen und ihre gnoseologische Wirksamkeit vor allem bei den sog. "großen" oder "komplizierten" Systemen unter Beweis gestellt. Gerade diese Systeme sind in der Regel derart komplex und dazu meistens zufallsbedingt, daß es ein unsinniges Unterfangen wäre, sämtliche Kausalketten analysieren zu wollen. Eine Analyse großer Systeme erfordert also eine Verallgemeinerung, eine Abstraktion vom Speziellen zum Allgemeinen des jeweiligen Systems. Darin liegt die Grundidee jeglicher Modellierung. Es wird das Wesentliche eines Systems sozusagen herausgefiltert. Gütekriterium eines Modells ist nun, in welchem Maße es gelingt, auch wirklich die wesentlichen, die charakteristischen Seiten des Systems zu erfassen. Daraus leitet sich dann der Gültigkeitsbereich von Modellaussagen ab.

Es ist selbstverständlich, daß der Ausgangspunkt für die Konstruktion eines Modells immer eine ganz spezifische Frage- bzw. Problemstellung ist. Aus der Problemstellung müssen die Genauigkeitsschranken für die geforderten Modellaussagen abgeleitet werden. Diese Genauigkeitsanforderungen bedingen wiederum die Detailliertheit des Modells, d. h. die Menge von Eigenschaften des Objektsystems, die auch das Modell wiedergeben soll. Damit läßt sich der Modellbildungsprozeß als eine Strukturtransformation des Objektsystems auf das Modell (-System) behandeln. Diese Transformation stellt sicher eine homomorphe Abbildung dar, da der Umfang der Modellstruktur geringer ist, als der der Objektstruktur.

Der Prozeß der Modellierung eines Systems weist deutliche Analogien zu dem Vorgang der Informationsübertragung durch den gestörten Kanal auf (s. Bild).

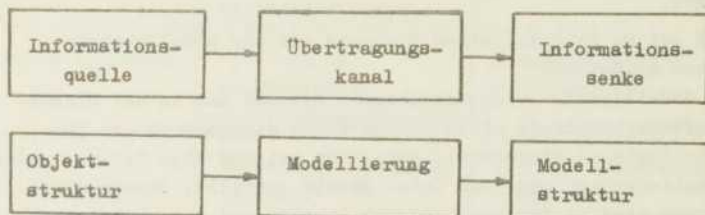


Bild: Analogie zwischen Informationsübertragung und Modellierung

Der Zeichenvorrat des Senders ist dann die Menge der Relationen – die Struktur – des Systems, der Übertragungskanal der Prozeß der Modellierung und der empfängerseitige Zeichenvorrat die Menge der in das Modell übernommenen Relationen.

Bei uns wurde dieser Weg der informationstheoretischen Beschreibung auf mathematischer Ebene weiter verfolgt und interessante qualitative Aussagen über die Modellierung und letztlich das Modell erhalten, bis hin zur Herleitung eines Ausdruckes für den Wirkungsgrad der Modellierung.

An dieser Stelle noch ein Wort zur Modellierung gesellschaftlicher, insbesondere ökonomischer, Prozesse. Das Eindringen exakter wissenschaftlicher Methoden (sprich mathematische Methoden) in das Gebiet der Leitung gesellschaftlicher Prozesse war (und ist auch noch) ein äußerst langwieriger Vorgang. Dies ist durchaus auf objektive Ursachen zurückzuführen.

Eine Analyse der entsprechenden Systeme führt (für die Masse der gesellschaftlichen Systeme) zu der Erkenntnis, daß es vor allem dynamische, stochastische und inhomogene Systeme sind, die dazu noch hierarchisch organisiert sind. Eine mathematische Behandlung derartiger Systeme ist relativ anspruchsvoll, d. h.

genau genommen sind Systeme von Differentialgleichungen für Zufallsvariable zu lösen.

Probleme der Entscheidungsvorbereitung laufen in der Regel auf Optimierungsprobleme hinaus, wobei es andererseits jedoch nicht nötig ist, eine extrem genaue Lösung zu finden. Ökonomische und andere gesellschaftliche Systeme fallen in die Klasse der multi- bzw. ultra stabilen Systeme, und deshalb existiert nicht nur ein Punkt im Zustandsraum des Systems, der es diesem ermöglicht, seiner Funktion gerecht zu werden, sondern ein relativ großes Zustandsfeld. Aus diesem Grunde ist es also durchaus möglich, einen Punkt in diesem Zustandsfeld relativ optimaler Lösungen auf der Basis von Erfahrungen oder Intuition zu finden. Aufgabe der Modellierung muß es auf diesem Gebiet also sein, den irrationalen Entscheidungsbereich durch exakte Methoden einzugrenzen, um quasioptimale Entscheidungen zu ermöglichen.

Dieser Aufgabe können Modelle, die ja nur eine Homomorphie- relation zu ihrem Objektsystem einnehmen, durchaus gerecht werden, wenn die hinreichenden Bedingungen der Übereinstimmung (abgeleitet aus der geforderten Aussagegenauigkeit) erfüllt sind.

#### Verfasser:

Dr. G. Rossa  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock  
Rechenzentrum  
DDR - 25 Rostock  
Albert-Einstein-Straße 21



Bemerkungen zum Verhältnis von Physik und Ökonomie

Wir möchten zunächst hervorheben: die Tatsache, daß sich Physiker ökonomisch relevanten Fragestellungen zugewandt und - wie von Ebeling und Feistel im vorgelegten Tagungsmaterial demonstriert - bearbeitet haben, ist in mehrfacher Hinsicht von Bedeutung. Auf folgendes könnte dazu verwiesen werden (ohne daß wir mit der Reihenfolge eine Rangfolge verknüpfen):

Erstens sind solche Arbeiten ein Beweis für den Integrationsprozeß der Wissenschaften; sie stimulieren diesen Prozeß und tragen dazu bei, die Zusammenarbeit zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern zu vertiefen. Hierbei sind wir mit dem Umstand konfrontiert, daß das Zusammenwirken von Physikern und Ökonomen noch nicht jenes Niveau erreicht hat wie z. B. das von Physikern und Philosophen. Die Arbeiten von Physikern zu ökonomischen Problemen tragen dazu bei, solche Unterschiede zu reduzieren.

Zweitens: Feistel schreibt in einer seiner Arbeiten: "Die Mathematik hat in der Ökonomie bereits breite Anwendung gefunden, denken wir an Planung, wissenschaftliche Prognostik, Ökonometrie, lineare Optimierung oder Verflechtungsbilanzen. Davon soll im weiteren nicht die Rede sein, vielmehr interessiert die Frage der Anwendbarkeit der formalen Mathematik zur Beschreibung allgemeiner Gesetzmäßigkeiten, wie etwa die Physik den Inhalt der theoretischen Mechanik in wenigen Gleichungen formuliert, ohne damit einen realen, konkreten Vorgang zu beschreiben." /1/

Die Bedeutung der bereits erwähnten Arbeiten von Ebeling und Feistel für das Verhältnis Physik - Ökonomie liegt vor allem darin, daß sich hier Physiker nicht dem einen oder anderen Detailproblem im engeren Sinne zuwenden, sondern daß sie sich die Frage vorlegten, wie der ihnen bekannte mathematische Apparat auf die Behandlung politökonomischer Grundfragen angewendet werden könnte.



Drittens kann darauf verwiesen werden, daß solche Arbeiten für den Ökonomen, die Wirtschaftswissenschaften und das praktische Wirtschaften von Nutzen sind. Sie eröffnen dem Ökonomen neue Betrachtungsweisen ökonomischer Prozesse und Probleme, ermöglichen deren tiefere theoretische Durchdringung und erhöhen die Sicherheit bei der Beherrschung ökonomischer Prozesse mittels der Anwendung von mathematischen Modellen, die in solchen Arbeiten entwickelt werden.

Inwieweit die entwickelten konstruktiven Ansätze zur Entfaltung kommen, wird wesentlich von einer effektiven Zusammenarbeit zwischen denjenigen Physikern, die sich mit ökonomischen Fragen beschäftigen, und Ökonomen abhängig sein. Diese Zusammenarbeit ist notwendig, weil sie dem Physiker hilft, tiefer in den Inhalt ökonomischer Probleme einzudringen - vor allem dann, wenn er sich der Bearbeitung politökonomischer Grundfragen, d. h. der mathematischen Beschreibung von allgemeinen Gesetzmäßigkeiten zuwendet. Andererseits hat sich der Ökonom den von den Physikern bezüglich ökonomischer Phänomene gewonnenen Erkenntnissen zu stellen.

Die Beziehungen Physik - Ökonomie bzw. Physiker - Ökonomen sind ein Spezialfall der Beziehungen zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern bzw. Natur- und Gesellschaftswissenschaften. Sie gründen sich deshalb in ihren konkreten Belangen auf die allgemeine Basis der Beziehungen zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaften bzw. des Zusammenwirkens von Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern. Letzteres wird - bei aller Spezifik der konkreten Aufgabenstellung im jeweiligen Bereich - dadurch begünstigt, daß die Lösung der Aufgaben in den einzelnen Disziplinen an den Beschlüssen des VIII. und IX. Parteitag des SED orientiert ist, daß jede Disziplin mit den ihr eigenen Möglichkeiten einen Beitrag beim Aufbau der entwickelten sozialistischen Gesellschaft leisten muß. Dieses Gemeinsame in der Aufgabenstellung impliziert notwendigerweise die Frage nach den Möglichkeiten des Zusammenwirkens, die Frage, wie kann das Gemeinsame auch gemeinschaftlich bewältigt werden. Auf dieser Ebene konstituiert sich ein gemeinschaftliches Interesse von

Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern an der Zusammenarbeit. Dieses Interesse gründet sich einerseits auf das spezifische Interesse, alle Möglichkeiten der eigenen Disziplin für den gesellschaftlichen Fortschritt zu nutzen, und andererseits auf das objektive gemeinschaftliche Grundinteresse von Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern an der ständigen Vervollkommnung der sozialistischen Gesellschaft.

Neben diesem gesellschaftspolitischen Aspekt, der die Notwendigkeit des Zusammenwirkens von Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern begründet und erforderlich macht, gründet sich dieses Zusammenwirken auf die prinzipielle Einheit von Natur- und Gesellschaftswissenschaften, die durch grundlegende Gemeinsamkeiten beider konstituiert wird /2/. In diese allgemeine Einheit ist auch die Einheit von Physik und Gesellschaftswissenschaften eingebettet. Diese objektiv gegebene Einheit der Wissenschaften in praktische Wirkungen umzusetzen, erfordert es, nicht nur in das Wesen dieser Einheit einzudringen, sich dieser Einheit bewußt zu sein, sondern auch von der Parallelität der Bemühungen in den einzelnen Disziplinen zu einer Verflechtung dieser Bemühungen (so weit, wie das durch die Spezifik der Gegenstände möglich ist) zu kommen. Die objektiv gegebene Einheit der Wissenschaften muß sich deshalb gewissermaßen auch entfalten zur subjektiv gewollten Einheit der Wissenschaftler.

Die Einheit der Wissenschaftler im Sinne des gemeinschaftlichen Zusammenwirkens von Vertretern auch sehr unterschiedlicher Disziplinen ist jedoch nicht nur unter dem Aspekt der Lösung einer bestimmten wissenschaftlichen Aufgabe, sondern auch von ihrem gesellschaftlichen Inhalt her zu betrachten, der durch den Gesellschaftstyp bestimmt wird, unter dem sich dieses Zusammenwirken realisiert. In antagonistischen Klassengesellschaften bzw. unter den Bedingungen der Konkurrenz sind der Zusammenarbeit der Wissenschaftler Grenzen gesetzt. Diese Grenzen hebt der Sozialismus auf; in ihm ist die gestellte wissenschaftliche Aufgabe immer als gesellschaftliche Aufgabe zu begreifen.

Das Verhältnis zu den Gesellschaftswissenschaften impliziert auch immer ein bestimmtes Verhältnis zur Gesellschaft, in deren Dienst sie stehen und umgekehrt. Die Einheit der Wissenschaften im praktischen Handeln durchzusetzen, ist deshalb auch nie nur ein wissenschaftlich-theoretisches, sondern immer auch ein politisch-ideologisches Problem. - Diese allgemeinen Zusammenhänge liegen auch dem Verhältnis von Naturwissenschaften und Ökonomie, also auch dem von Physik und Ökonomie bzw. Physikern und Ökonomen zugrunde. Das ist gleichzeitig eine wesentliche Grundlage für den Vollzug des Integrationsprozesses der Wissenschaften überhaupt.

Dieser Integrationsprozeß stellt sich zunächst dar in Form der Nutzung von Erkenntnissen der einen Wissenschaft durch die andere, der wechselseitigen Anwendung von Methoden der Problemfindung und -lösung usw. Ein Spezialfall hierbei ist die Nutzung von Ergebnissen der Mathematik und Naturwissenschaften für die Gesellschaftswissenschaften, in unserem Falle für die Ökonomie. Das gestattet dem Gesellschaftswissenschaftler eine tiefere theoretische Durchdringung der von ihm zu bearbeitenden Probleme, eine rationellere Erfassung von Sachverhalten sowie die Erweiterung der Möglichkeiten zur Darstellung seiner eigenen Ergebnisse.

Wir stimmen Ebeling zu, wenn er meint, daß die Ausarbeitung mathematischer Modelle gesellschaftlicher Prozesse vor allem eine Aufgabe der Gesellschaftswissenschaftler ist. Ebeling sieht zwei Möglichkeiten für die Mitwirkung der Physik bei der Bearbeitung von Problemen durch die Gesellschaftswissenschaftler. Erstens ginge es darum, auf mathematische Strukturen hinzuweisen und sie für eine Verwendung in den Gesellschaftswissenschaften aufzuarbeiten. Zweitens sei es "sinnvoll, bestimmte Analogien gesellschaftlicher Teilprozesse zu physikalischen Prozessen zu verfolgen". /3/

Wir meinen, daß letzteres die eigentliche Basis z. B. auch der Beziehungen von Physik und Ökonomie ist. Von der Erkenntnis und Verfolgung von Prozeßanalogien zur Doppelanwendung des den jeweiligen Prozeß beschreibenden mathematischen Apparates - das

ist u. E. der Weg, auf dem sich Physiker und Ökonomen treffen können. Deshalb gibt es hinsichtlich der von Ebeling genannten Beiträge der Physik für die Gesellschaftswissenschaften auch kein Nebeneinander, sondern ersterer geht aus letzterem hervor. Das beweisen m. E. auch die Beiträge von Ebeling und Feistel zu dieser Konferenz; beide gehen ja diesen Weg, d. h. sie gehen von Prozeßanalogien aus.

Wenn auf die Möglichkeiten eines solchen interdisziplinären Zusammenwirkens hingewiesen wird, dann müssen wir uns aber gleichzeitig der noch vorhandenen Grenzen dafür bewußt sein. Eine dieser Grenzen besteht darin, daß es nicht immer einfach ist, sich die Frage zu beantworten, was ist von den Erkenntnissen in der eigenen Disziplin nutzbar für andere bzw. umgekehrt, weil das bestimmte Kenntnisse über die Entwicklung und Ergebnisse der betreffenden Disziplin voraussetzt. Eine Grenze wird auch dadurch gesetzt, daß für den Gesellschaftswissenschaftler in dem hier betrachteten Zusammenhang immer die Frage nach der Beherrschung des dem Physiker bekannten und von ihm genutzten mathematischen Apparates steht. Umgekehrt steht für den Physiker, der sich der mathematischen Modellierung z. B. ökonomischer Prozesse widmet, die Frage der Beherrschung des Begriffsapparates z. B. der Politischen Ökonomie. Hier gibt es Probleme des gegenseitigen Verstehens, weil man sozusagen zwei Sprachen spricht, in verschiedenen Kategorien denkt; der Physiker in physikalischen und mathematischen, der Politökonom in politökonomischen. Auf die Dauer lassen sich diese Grenzen sicherlich individuell nicht entscheidend hinausschieben, indem man sich sozusagen in die andere Disziplin "hineinkniet". Das unterstreicht auch die Notwendigkeit langfristigen kollektiven Zusammenwirkens bei der Lösung von Problemen, die über eine Disziplin hinausgehen.

Grundlagen für diese Zusammenarbeit können und sollten bereits im Studium vermittelt werden. Das ist sowohl eine Aufgabe der Physiker als auch der Ökonomen. Diese Möglichkeit bietet sich auch an, weil ja z. B. jeder Physikstudent im Rahmen des marxistisch-leninistischen Grundlagenstudiums mit bestimmten polit-



ökonomischen und betriebswirtschaftlichen Problemen vertraut gemacht wird. Für den Anfang würde es schon genügen, auf bestimmte Prozeßanalogien und die Möglichkeit einer einheitlichen oder ähnlichen mathematischen Behandlung hinzuweisen.

Als Politökonom wird man von Studenten mathematisch-naturwissenschaftlicher Disziplinen während des Lehrprozesses oft mit der Forderung nach formalisierten Darstellungen und mathematischen Beweisführungen bei der Behandlung politökonomischer Grundfragen konfrontiert. Der Kern dieser Forderung ist klar: es geht um eine möglichst rationelle Darstellung dieser Grundfragen und eine Erhöhung der Beweiskraft bei der Darlegung der Probleme. Aber, ob und wie weit man formalisiert und welcher Beweise man sich auch immer bedient, man muß in jedem Falle wissen, was formalisiert wird, was zu beweisen ist. Und das setzt ein Mindestmaß an Beherrschung des politökonomischen Begriffsapparates voraus. Denn es geht hier keineswegs nur um methodische, sondern in erster Linie um inhaltliche Fragen. Die formalisierte Darstellung setzt die Kenntnis dessen, was formalisiert werden soll, voraus. Ohne diese Kenntnis kommt es oft zu unzulässigen Vereinfachungen, zur Gleichsetzung von ökonomischen Prozessen im Kapitalismus und Sozialismus, zur Ausprägung eines schematischen Denkens und es besteht die Gefahr, daß der gesellschaftspolitische und ideologische Gehalt politökonomischer Aussagen in den Hintergrund gedrängt wird. Aber gerade um diesen Gehalt geht es z. B. im Fach Politische Ökonomie innerhalb des marxistisch-leninistischen Grundlagenstudiums. Man muß immer beachten, was eigentlich zu erklären ist und in welchem Zusammenhang.

Manchmal verbirgt sich hinter den Forderungen nach einer formalisierten Darstellung und Beweisführung bei der Behandlung politökonomischer Fragen auch eine Überschätzung solcher Darstellungen und Beweise und eine Unterschätzung verbaler Darstellungen und anderer Beweismethoden, wobei das demjenigen, der obige Forderung stellt, meistens gar nicht bewußt ist. Im Grunde betrifft das die Frage nach der Gleichberechtigung verschiedener Beweismethoden, nach der Gültigkeit eines Beweises überhaupt.

Es stellt sich doch die Frage: muß z. B. ein Plausibilitätsbeweis, der hundertfach durch das Wahrheitskriterium Praxis bestätigt wurde, noch auf andere Weise nachvollzogen werden, z.B. durch einen Beweis mit mathematischen Mitteln? U. E. kann es nicht darum gehen, etwas hinreichend Bewiesenem einen weiteren Beweis hinzuzufügen. Vielmehr geht es doch wohl darum, daß mit einem mathematischen Beweis die mathematische Modellierung ökonomischer Prozesse verbunden ist und sich daraus neue Möglichkeiten der Beherrschung dieser Prozesse mittels Anwendung der betreffenden Modelle ergeben. Darin liegt in diesem Falle wohl der eigentliche Nutzen des mathematischen Beweises; wenngleich wir nicht unterschätzen wollen, daß damit auch für den Naturwissenschaftler die Kraft eines anderen Beweises erhöht werden kann. Und das wiederum ist nützlich für die Zusammenarbeit z.B. von Physikern und Ökonomen.

Man muß sich auch darüber im klaren sein, daß die Formalisierung bzw. mathematische Modellierung politökonomischer Zusammenhänge wesentlich komplizierter ist als das für einzelne zweigökonomische Probleme der Fall ist. Das hängt mit der größeren Komplexität politökonomischer Phänomene, mit dem Gegenstand der Politökonomie zusammen. Im Zentrum dieses Gegenstandes stehen die Produktionsverhältnisse, also komplizierte gesellschaftliche Beziehungen. Das sind nicht einfach ökonomische Aufwand-Ergebnis-Relationen, wenngleich die Maximierung der Ergebnisse bzw. die Minimierung der Aufwände eng mit politökonomischen Fragen zusammenhängt. Die Schwierigkeit der mathematischen Modellierung politökonomischer Prozesse liegt also auf der Hand; wie man dennoch mit ihnen fertig werden kann, zeigen die interessanten Versuche von Ebeling und Feistel. Man muß jedoch auch beachten, daß mathematische Modelle, die - wie bei Ebeling und Feistel - politökonomische Sachverhalte des Kapitalismus erfassen, nicht ohne weiteres auf ökonomische Prozesse im Sozialismus übertragen werden können, weil die Voraussetzungen, unter denen das jeweilige Modell gilt, andere sind.



Ähnliches gilt auch für die Verwendung von Symbolen für Kategorien der politischen Ökonomie des Kapitalismus und Sozialismus.

Die Unterschiedlichkeit in den angewendeten Symbolen dient nicht schlechthin der sprachlichen Unterscheidung zwischen ökonomischen Sachverhalten im Kapitalismus und Sozialismus, obwohl das natürlich auch wichtig ist. Die Termini, für die diese Symbole eingesetzt sind, stehen für unterschiedliche Begriffe, mit deren Hilfe unterschiedliche gesellschaftliche Sachverhalte widergespiegelt werden. Das muß auch berücksichtigt werden, wenn solche Symbole in Modellen Verwendung finden. Auch hier ist eine Doppelnutzung für die Beschreibung von Sachverhalten der kapitalistischen und sozialistischen Ökonomik nicht ohne weiteres möglich.

#### Literatur

- /1/ Feistel, R.: Ein dynamisches Modell für die differenzierende und stimulierende Funktion des Wertgesetzes im Kapitalismus der freien Konkurrenz. Belegarbeit, Rostock 1976 (unveröff.)
- /2/ Vgl. Vogel, H.: Was heißt und worin besteht die Einheit der Wissenschaften? In: Physik und Gesellschaftswissenschaften, Material für eine wissenschaftliche Tagung des Beirates für Physik beim Ministerium für das Hoch- und Fachschulwesen und der Sektion Physik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, 1977, S. 8 ff
- /3/ Vgl. Ebeling, W.: Beiträge der Physik zur mathematischen Modellierung gesellschaftlicher Prozesse. In: Physik und Gesellschaftswissenschaften, a.a.O., S. 28

#### Verfasser:

Doz. Dr. sc. oec. Karl-Heinz Fischer  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock  
Sektion Marxismus-Leninismus  
DDR - 25 Rostock  
Friedrich-Engels-Straße 103

Werner Ebeling

Ein stochastisches Modell für das Wirken des Marx'schen  
Wertgesetzes im Kapitalismus der freien Konkurrenz.

1. Einleitung

Der Kapitalismus der freien Konkurrenz kann als Modell für das Wirken der Konkurrenzprozesse in der kapitalistischen Wirtschaft aufgefaßt werden. Die von Marx herausgearbeitete Bedeutung dieses Modells besteht darin, daß an einem idealisierten Grenzfall das Wirken ökonomischer Gesetze, insbesondere des Wertgesetzes, deutlich sichtbar werden. Das Modell des Kapitalismus der freien Konkurrenz hat somit in der Ökonomie eine ähnliche erkenntnistheoretische Funktion wie das Modell des idealen Gases oder des Kristalles in der Physik. Ideale Gase bzw. ideale Kristalle existieren nicht in der Realität, sondern nur in der physikalischen Theorie und ihre Funktion besteht in der Widerspiegelung wesentlicher Züge realer Gase bzw. Kristalle. Die Grundgesetze des Kapitalismus der freien Konkurrenz wurden in der Werttheorie von Karl Marx formuliert /1/. Es gibt eine Reihe von Versuchen, das Marx'sche Wertgesetz in eine mathematische Form zu kleiden /2/. Kurzlich wurde ein einfaches deterministisches Modell für das Wirken des Wertgesetzes vorgeschlagen und seine Eigenschaften diskutiert /3,4,5/. Dem Erklärungswert deterministischer Modelle gesellschaftlicher Prozesse sind Schranken gesetzt, da die den gesellschaftlichen Vorgängen zugrunde liegenden Einzelprozesse stochastischen Charakter tragen. An anderer Stelle wurde daher der Versuch unternommen, stochastische Modelle für das Wirken des Wertgesetzes zu formulieren /5/. In der vorliegenden Studie wird dieses stochastische Modell weiter ausgearbeitet und besonders im Hinblick auf die zugrunde liegenden Elementarprozesse näher untersucht. Als wesentlicher stochastischer Elementarprozess wird die Fluktuation der Konsumenten behandelt. Das hier formulierte

stochastische Modell ist der stochastischen Theorie molekularer Replikationsprozesse weitgehend analog /6/

## 2. Grundzüge des deterministischen Modells /2,3/

Den konkurrierenden Produzenten seien natürliche Zahlen  $i = 1, 2, \dots$  zugeordnet. Der Produzent  $i$  möge in der Zeit  $dt$  die Warenmenge  $dx_i$  mit dem individuellen Wert  $dw_i^{\Sigma} = w_i dx_i$  erzeugen. Hierbei sei der individuelle Wertkoeffizient  $w_i$  ein Maß für die individuell notwendige Arbeitszeit pro Mengeneinheit der Ware. Im gesellschaftlichen Austauschprozeß repräsentiert dieselbe Ware den Wert  $dw_i = k_0 dx_i$  wobei der Koeffizient  $k_0$  die unabhängig vom Produzenten erforderliche gesellschaftlich notwendige Arbeitszeit darstellt. Da Wert nur im Arbeitsprozeß entsteht, muß der Erhaltungssatz gelten

$$\sum_i dw_i^{\Sigma} = \sum_i dw_i \quad (1)$$

Hieraus folgt mit  $y_i = dx_i/dt$  eine Gleichung für  $k_0$ :

$$\sum_i w_i y_i = k_0 \sum_i y_i ; \quad k_0 = \langle w \rangle = \sum_i w_i y_i / \sum_i y_i \quad (2)$$

Wir bezeichnen die Warenerzeugung pro Zeitelement  $y_i$  als Produktion des  $i$ -ten Produzenten. Nach Marx kann der produzierte individuelle Wert als Summe des vorgeschossenen konstanten Kapitals  $dc_i$ , des variablen Kapitals  $dv_i$  und des individuell produzierten Mehrwertes  $dm_i^{\Sigma}$  dargestellt werden

$$dw_i^{\Sigma} = dc_i + dv_i + dm_i^{\Sigma} \quad (3)$$

Hierbei entspricht  $dc_i$  der Wertübertragung von den Produktionsmitteln auf das Produkt. Maschinen, werkzeuge usw. nutzen sich ab und der dem Verschleiß entsprechende Wert geht im Arbeitsprozeß auf das Produkt über. Wir beachten einen Wertstrom von den Produktionsmitteln auf das Produkt.

Weiterhin geht der Wert der verbrauchten Rohstoffe auf das Produkt über. Der Beitrag  $dv_1$  entspricht dem Preis der eingesetzten Arbeitskraft.

Im gesellschaftlichen Austauschprozeß tritt an die Stelle von  $dm_1^{\pi}$  der im Austauschprozeß realisierte Mehrwert  $dm_1$ , der auch als Profitzuwachs bezeichnet wird. Der Produzent 1 kann seinen Profitzuwachs zur Erweiterung der Produktion  $dy_1$  oder auch zur Schatzbildung einsetzen. Definiert man den sogenannten Kostpreis  $\mathcal{K}_1$  durch  $(dc_1 + dv_1) = \mathcal{K}_1 dx_1$  und benutzt  $dw_1 = \langle W \rangle dx_1$  so folgt für den Profitzuwachs des i-ten Produzenten

$$dm_1 = dw_1 - (dc_1 + dv_1) = \langle W \rangle dx_1 - \mathcal{K}_1 dx_1 \quad (4)$$

Eine äquivalente Form resultiert bei Einführung des Mehrwertkoeffizienten  $M_1$  durch die Relation  $dm_1^{\pi} = M_1 dx_1$ . Aus Gl.(3) folgt  $W_1 = \mathcal{K}_1 + M_1$  und wir finden für den Profitzuwachs

$$dm_1 = M_1 dx_1 + (\langle W \rangle - W_1) dx_1 \quad (4a)$$

Wie diese Darstellung zeigt, besteht der Profitzuwachs aus dem individuell produzierten Mehrwert  $dm_1^{\pi}$  und dem Extraprofit  $(dw_1 - dw_1^{\pi})$ . Setzen die Produzenten den Anteil  $\alpha$  vom individuellen Mehrwert und den Anteil  $\beta$  vom Extraprofit zur Erweiterung der Produktion  $dy_1$ , so folgt

$$dy_1 = \alpha dm_1^{\pi} + \beta (dw_1 - dw_1^{\pi}) = (\alpha M_1 + \beta \langle W \rangle - \beta W_1) dx_1$$

$$dy_1/dt = M_1 y_1 + \beta (\langle W \rangle - W_1) y_1 \quad (5)$$

Die Gleichung (5) kann als Differentialgleichung des Kapitalismus der freien Konkurrenz bezeichnet werden. Unter der Voraussetzung  $\alpha = \beta$ , d.h. der gleiche Anteil vom normalen Profit und vom Extraprofit wird eingesetzt, nimmt Gl.(5) die einfachere Form an /3,4/

$$dy_1/dt = (\langle W \rangle - \mathcal{K}_1) y_1 \quad (5a)$$

Definiert man schließlich

den Produktionsanteil  $g_i = y_i/y$  bezogen auf die Gesamtproduktion  $y = \sum_1 y_i$  so resultiert das System

$$dy/dt = \alpha \langle M \rangle y; \quad \langle M \rangle = \sum M_i y_i / y \quad (6)$$

$$dg_i/dt = \alpha g_i [\langle x \rangle - x_i]; \quad \langle x \rangle = \sum x_i y_i / y \quad (7)$$

Aus Gl.(7) folgt, daß der Produktionsanteil eines Produzenten wächst, wenn sein Kostpreis unter dem gesellschaftlichen Durchschnitt liegt, andererseits fällt der Produktionsanteil, wenn der Kostpreis über dem gesellschaftlichen Durchschnitt liegt. In der Differentialgleichung (7) wird das Marxsche Wertgesetz mathematisch ausgedrückt.

### 3. Ein stochastisches Modell des Wertgesetzes.

Im folgenden betrachten wir die Prozesse auf der Ebene der Verteilung. Es sei  $N_1$  die Zahl der Konsumenten, die beim  $i$ -ten Produzenten kaufen (Kunden). Es sei  $y_0$  der Bedarf eines Kunden pro Zeiteinheit. Unter den Annahmen, daß der Bedarf aller Kunden gleich ist und daß die Produktion ohne Relaxation dem Gesamtbedarf  $(N_1 y_0)$  folgt, gilt dann

$$y_1 = N_1 y_0 \quad (8)$$

Wir betrachten nun folgende Elementarprozesse:

(1) Der  $i$ -te Produzent vergrößert seinen Kundenkreis, indem er durch Erweiterung seiner Produktion zusätzlich bedarfsdeckende Güter produziert. Da die Möglichkeiten zur Erweiterung der Produktion vom Mehrwert  $M_i y_1$  abhängen, setzen wir für den elementaren Prozeß  $N_1 \rightarrow (N_1 + 1)$  folgende Übergangswahrscheinlichkeit an

$$W(N_1 + 1 | N_1) = \alpha M_i N_1 \quad (9)$$

Der beschriebene Prozeß besteht mit anderen Worten darin, daß



der Kapitalist mit der Nr.1 durch die Erweiterung seiner Produktion den Bedarf eines zusätzlichen Kunden befriedigt.

(2) Die Kunden wandern zu Produzenten, die die benötigte Ware zu einem niedrigeren Preis anbieten. Die Wanderungsgeschwindigkeit ist der Preisdifferenz und damit zur Wertdifferenz  $(W_1 - W_k)$  proportional. Für den elementaren Prozeß der Wanderung eines Kunden vom Produzenten 1 zum Produzenten k d.h.  $N_1 \rightarrow (N_1 - 1)$  und  $N_k \rightarrow (N_k + 1)$  setzen wir an

$$W(N_k + 1, N_1 - 1 | N_k, N_1) = \frac{\beta}{2} (W_1 - W_k) H(W_1 - W_k) N_1 (N_k / N) \quad (10)$$

d.h. es wird Proportionalität zur Wertdifferenz, zur Anzahl der beim schlechteren (teueren) Produzenten kaufenden Kunden und zur relativen Häufigkeit der Kunden beim besseren (billigeren) Produzenten angenommen (Tendenz zur Imitation). Weiter bezeichnet  $H(W_1 - W_k)$  die Stufenfunktion, die für  $W_1 > W_k$  Eins und für  $W_1 < W_k$  Null ist und  $N = \sum N_k$  ist die Gesamtzahl des Kunden.

(3) Von Zeit zu Zeit erscheinen auf dem Markt neue Produzenten und ziehen Kunden an. Auch die Umstellung von Produzenten auf neue Technologien d.h. auf neue Wertkoeffizienten wird in diesem Rahmen erfaßt. Für diesen im Vergleich zu den übrigen Elementarprozessen relativ seltenen Prozeß nehmen wir die Übergangswahrscheinlichkeit an

$$W(N_k + 1, N_1 - 1 | N_k, N_1) = A_{k1} N_1 \quad (11)$$

d.h. von Kundenverlusten werden insbesondere die kundenreichen Produzenten betroffen. In welcher Weise die Übergangsmatrix  $A_{k1}$  von  $W_k$ ,  $W_1$  und anderen Eigenschaften abhängt, soll hier nicht untersucht werden.

Es soll nun eine Bestimmungsgleichung für die Wahrscheinlichkeitsverteilung  $P(N_1 N_2 \dots N_s t)$  der Konsumenten auf die Produzenten Nr.1,2,... aufgestellt werden. Der Theorie der



der stochastischen Prozesse /6/ folgend, erhalten wir unter Berücksichtigung der angegebenen elementaren Übergangswahrscheinlichkeiten die folgende stochastische Gleichung (Master-Gleichung)

$$\begin{aligned} (\partial/\partial t) P(N_1 \dots N_1 \dots N_j \dots N_s t) = & \sum_{1j} \left[ A_{1j}(N_j+1) + \frac{1}{2} B(W_j - W_1) \right. \\ & \left. H(W_j - W_1)(N_1-1)(N_j+1)/N \right] P(\dots N_1-1 \dots N_j+1) - \sum_{1j} \left[ A_{j1} N_1 + \frac{1}{2} B \right. \\ & \left. (W_1 - W_j) H(W_1 - W_j) N_1 N_j / N \right] P(\dots N_1 \dots N_j \dots) + \sum_1 \alpha M_1 (N_1-1) P(\dots N_1-1 \dots) \\ & - \sum_1 \alpha M_1 N_1 P(\dots N_1 \dots) \end{aligned} \quad (12)$$

Die Summen sind jeweils über den Satz aller Sorten von Produzenten zu erstrecken. Alle durch Punkte bezeichneten Argumente haben jeweils die unverschobenen Werte  $N_1, N_2, \dots, N_s$ . Multiplizieren wir Gl.(12) mit  $N_k$  und summieren über alle Teilchenzahlen, so resultiert für die Mittelwerte die gewöhnliche Differentialgleichung

$$(d/dt) N_k = \alpha M_k N_k + B \sum_1 W_1 (\overline{N_k N_1 / N}) - \beta W_k N_k + \sum_1 (A_{k1} N_1 - A_{1k} N_k) \quad (13)$$

Faktoriisiert man den Mittelwert des Produktes in Gl.(13)

$$\overline{N_k N_1 N^{-1}} \approx \overline{N_k} \cdot \overline{N_1} \cdot \overline{N^{-1}} \quad (14)$$

und berücksichtigt Gl.(8) und Gl.(2) so folgt

$$(d/dt) y_k = \alpha M_k y_k + B(\langle W \rangle - W_k) y_k + \sum_1 (A_{k1} y_1 - A_{1k} y_k) \quad (15)$$

Bei Vernachlässigung des Erscheinens von neuen Produzenten d.h.  $A_{k1} = 0$  resultiert aus Gl.(15) die deterministische Grundgleichung (5). Wir haben somit gezeigt, daß die stocha-

stische Gleichung (12) mit der deterministischen Theorie konsistent ist.

Wir erwähnen am Schluß, daß sich das stochastische Modell in der gleichen Form auch für die Prozesse auf der Ebene der Produktion formulieren läßt. Die Zahlen  $N_k$  sind in dieser Variante des stochastischen Modells mit der Anzahl der Arbeitskräfte beim  $k$ -ten Produzenten ( oder wie in /5/ mit der Anzahl von Produktionseinheiten ) zu identifizieren. Die wesentlichen stochastischen Elementarprozesse sind dann die Einstellung und die Fluktuation der Arbeitskräfte.

Die hier vorgelegte Gegenüberstellung von stochastischen und deterministischen Modellen von Konkurrenzprozessen im Kapitalismus der freien Konkurrenz zeigt deutlich die schon von Marx betonte Einheit von Zufall und Notwendigkeit bei gesellschaftlichen Prozessen. Das seinem Wesen nach deterministische Wertgesetz von Marx setzt sich vermittels vieler unabhängiger und zufälliger Elementarprozesse durch. Dazu gehören insbesondere die zufälligen Entscheidungen von Kunden, ihren Lieferanten zu wechseln oder von Arbeitskräften, den Arbeitsplatz zu wechseln. Die Überlagerung vieler solcher stochastischer Elementarprozesse ergibt im Mittel ein Verhalten, wie es Marx mit seinem Wertgesetz erfaßt hat.

#### Literatur

- /1/ K.Marx, Das Kapital, Bd.1-2, Dietz-Verlag, Berlin 1948
- /2/ N.N.Moisseev: Mathematik, Steuerung, Planung, Prognose. Berlin 1973.
- /3/ R. Feistel: In " Physik und Gesellschaftswissenschaften" Rostock 1977
- /4/ W. Ebeling, R. Feistel: Wiss.Z. Humboldt-Univ. Berlin GSR 25 (1976) 25, Wiss.Z.W.Pieck-Univ.Rostock, MNR 25 (1976)507.

/5/ W. Ebeling: In " Physik und Gesellschaftswissenschaften"  
Rostock 1977.

/6/ W. Ebeling, R. Feistel: Ann.Phys.(Leipzig)34(1977) 81.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. rer. nat. habil. Werner Ebeling  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock  
Sektion Physik  
DDR-25 Rostock  
Universitätsplatz 1

Die intensiv erweiterte Reproduktion gesellschaftlicher Arbeitsfähigkeiten - ein einfaches Modell

Intensivierung in der Forschung bedeutet nicht zuletzt, ein qualitativ höheres Niveau der schöpferischen Arbeit zu erzielen. Hierbei geht es in erster Linie darum, solche Bedingungen zu schaffen, daß die Fähigkeiten der wissenschaftlichen Kader zu ihrer vollen Entfaltung gelangen können.

Ich möchte in diesem Zusammenhang ein einfaches Modell zur Hebung von Durchschnitten in der wissenschaftlichen Arbeit vorstellen, das auf der Überlegung beruht, die Entwicklung der gesellschaftlichen Arbeitsfähigkeiten als erweiterte Reproduktion aufzufassen. Dabei verfolgen wir das Ziel, einen Zusammenhang zur Intensivierungsproblematik herzustellen, der wissenschaftspolitisch bedeutsam sein kann und zugleich einen Rahmen absteckt, in dem wir die Intensivierung theoretisch zu begreifen und zu analysieren versuchen.

Mathematisch-formal wurde bei dem vorgestellten Modell auf den einfachsten möglichen Fall des von Eigen entwickelten Instrumentariums zur Beschreibung des Evolutionsverhaltens biologischer Makromoleküle Bezug genommen /1/.

Entsprechende dynamische Modelle zum Selektionsverhalten offener Systeme der chemischen Kinetik sowie auch für Beispiele aus der Physik, der Regeltechnik, der Ökologie und der Ökonomie wurden in der jüngsten Zeit von W. Ebeling und Mitarbeitern vorgestellt /2/. Stellt man sich die Frage der Fruchtbarkeit einer solchen formalen Analogie, so ist zunächst an das Engels'sche Konzept der Bewegungsformen der Materie zu erinnern, dessen rationale Kernaussage mit Bezug auf die Problematik des Zusammenhangs der präbiotischen, biologischen und gesellschaftlichen Evolution m. E. heute so zu verstehen ist, daß die jeweils komplexere Evolutionsstufe nur auf der Grundlage ihrer selbst voll verstanden und behandelt werden kann. Dem entspricht im materiellen Prozeß die Eigenschaft der Erhaltung und beständigen Reproduktion eines

einmal erreichten Entwicklungsniveaus auf seiner eigenen Grundlage. Diese Eigenschaft ist offenbar allen Prozessen mit Höherentwicklungscharakter eigen. Für den Marxismus ist es nicht schwer, diesen Zusammenhang zwischen dem einmaligen Entstehen der höheren Qualität und ihrer sodann erfolgenden beständigen identischen Reproduktion im Entwicklungsprozeß zu verstehen. Marx selbst hat klar den Unterschied sowie die neue Qualität im Verhältnis von biologischer und gesellschaftlicher Evolution herausgearbeitet, indem er formuliert: "Man kann die Menschen durch das Bewußtsein, durch die Religion, durch was man will, von den Tieren unterscheiden. Sie selbst fangen an, sich von den Tieren zu unterscheiden, sobald sie anfangen, ihre Lebensmittel zu produzieren." /3/

Die Produktion der Lebensmittel ist somit der entscheidende qualitative Unterschied zu den Tieren, die ihre Lebensmittel vorfinden, durch den die Menschen indirekt ihr materielles Leben selbst produzieren und damit auch die gesellschaftliche Entwicklung hervorrufen und gestalten. Die Produktion und Reproduktion der materiellen Lebensbedingungen, ist nun, einmal entstanden, Bedingung und beständig reproduzierte Eigenschaft der gesellschaftlichen Entwicklung. Wir haben daher solche allgemeinen Eigenschaften von Evolutionsprozessen wie Selbstreproduktion, Stoffwechsel und Variabilität vornehmlich auf diese höhere Qualität zu beziehen, wenn wir soziale Evolutionsprozesse beschreiben wollen.

In der These, daß in der Evolution, jeweils bezogen auf die höhere Qualität, stets dieselben allgemeinen Mechanismen wirksam sind, liegt daher der Ursprung für die Fruchtbarkeit von formalen Analogien der verwendeten Art begründet.

### 1. Selbstreproduktion

Die Eigenschaft der Selbstreproduktion ist der Gesellschaft als einer Totalität zugehörig. Eine Gesellschaft erscheint dadurch als ein selbstreproduzierendes System, daß sie ihre materiellen Existenzbedingungen produziert und reproduziert. Diese Eigenschaft ist nicht auf Teilbereiche der Gesellschaft übertragbar.



Die Arbeit als die spezifische Form der Selbstreproduktion der menschlichen Gesellschaft läßt sich in Anlehnung an Marx unter der Bedingung des Vorhandenseins ihrer objektiven Bedingungen als in Tätigkeit gesetzte Arbeitsfähigkeit (oder Arbeitskraft) charakterisieren.

Von dieser Warte aus kann man daher den Prozeß der Selbstreproduktion der Gesellschaft als Selbstreproduktion der in Tätigkeit befindlichen gesellschaftlichen Arbeitsfähigkeiten darstellen. Für die Totalität der gesellschaftlichen Arbeitsfähigkeiten läßt sich in der Tat das Vorhandensein ihrer objektiven Existenzbedingungen immer voraussetzen. Dieser selbstreproduzierende Charakter der gesellschaftlichen Arbeitsfähigkeiten ist von Marx entdeckt und insbesondere in seinen ökonomischen Schriften herausgearbeitet worden. Dabei kam es vor allem darauf an, jene Illusion als Standpunkt des Bourgeois zu charakterisieren, derzufolge die Selbstreproduktion des variablen Kapitals erscheint. "Ihm wird der Prozeß und sein Resultat zugut geschrieben," /4/ führt Marx aus.

Für eine spezifische gesellschaftliche Arbeitsfähigkeit A folgt jedoch aus diesen Überlegungen nicht, daß sie sich - in Tätigkeit gesetzt - von selbst beständig auf demselben oder einem höheren Entwicklungsniveau reproduziert. Das liegt daran, daß für A das Vorhandensein ihrer objektiven Reproduktionsbedingungen nicht mehr automatisch vorausgesetzt werden kann. Der für die Totalität gegebene unmittelbare Zusammenhang der subjektiven und objektiven Bedingungen der Arbeit, ist für die einzelne Arbeitsfähigkeit in Frage gestellt. Es ist ja nicht gesagt, daß gerade A im Reproduktionsprozeß der Gesellschaft beständig eine wichtige Funktion erfüllt, die das Zur-Verfügung-Stellen ihrer objektiven Reproduktionsbedingungen in einem beständig gleichbleibenden oder wachsenden Ausmaß durch die Gesellschaft rechtfertigt.

Diesen komplizierten Zusammenhang zwischen der Reproduktion einer spezifischen gesellschaftlichen Arbeitsfähigkeit und der Reproduktion des gesamtgesellschaftlichen Arbeitsvermögens wollen wir mit Hilfe des Begriffs der Bewertung beschreiben. Ausmaß



und Qualität , mit denen die Gesellschaft die Bedingungen der Reproduktion für eine spezifische gesellschaftliche Arbeitsfähigkeit A, einschließlich der kulturell-geistigen und sozialen Bedingungen, zur Verfügung stellt, wollen wir als Bewertung von A bezeichnen. Die Bewertung von A hängt demgemäß genau davon ab, oder sollte davon abhängen, wie wertvoll A für die Erhaltung der Gesellschaft selbst ist.

Den Begriff der Selbstreproduktion bezüglich einer spezifischen Arbeitsfähigkeit A können wir folglich nur unter der stillschweigenden Annahme verwenden, daß eine Bewertung von A positiv vorausgesetzt wird, d. h. daß die objektiven Reproduktionsbedingungen in bestimmter Qualität und bestimmtem Ausmaß zur Verfügung stehen. Diese Grundüberlegung und die darauf fußende Annahme seien im folgenden immer unterstellt.

Nun wollen wir danach fragen, wie eine spezifische gesellschaftliche Arbeitsfähigkeit zu definieren ist. Hier bietet sich von seiten der verwendeten mathematisch-physikalischen Grundstruktur des Modells die Verwendung des Gattungs- und Artbegriffes bezüglich A an. Die gesellschaftliche Arbeitsfähigkeit A bezeichnet demnach eine Gattung unterschiedlicher Arten des Vorhandenseins von A. Während folglich die Gattung A die entsprechende Arbeitsfähigkeit mit Bezug auf ein vorgegebenes Bedürfnis definiert, wie etwa die gesellschaftliche Fähigkeit der Schuhproduktion durch das Bedürfnis nach Schuhen, bezeichnen die Arten die realen Ausprägungsformen von A, d. h. etwa die verschiedenen Formen einer gegebenen Art und Weise der Schuhproduktion, in der Gesellschaft, wozu ganz spezifische Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnisse sowie Technologien gehören, die sich in der Weitervermittlung und Erlernung erhalten. Zu einer Art i einer Arbeitsfähigkeit A gehört insbesondere ein für i charakteristischer Modus der Weitervermittlung bzw. Erlernung, der sich an einem (oder mehreren) vorbildlichen Repräsentanten der Art i von A orientiert. Das bedeutet, daß jede Art i, j, ... von A ihre eigene Reproduktion der Qualität nach selbst instruiert, während sie hinsichtlich der Bedingungen von der Bewertung durch die Gesellschaft abhängt.

Unterstellt man eine Entwicklung von A in Richtung höherer Produktivkraft, so werden in der Regel die Arten von A Ausprägungsformen unterschiedlicher Produktivkraft repräsentieren. Der Entwicklungsstand der Produktivkraft von A läßt sich dann als eine gegebene Verteilung der Produktivkraft der Arten charakterisieren. Es ist aber zu betonen, daß die Arten per definitionem nicht Ausprägungsformen von A mit unterschiedlicher Produktivkraft darstellen müssen.

Wir wollen nun annehmen, daß die Gattung A sich auf ein Grundbedürfnis bzw. latent vorhandenes Bedürfnis bezieht, so daß ihre Bewertung positiv als gesichert vorausgesetzt werden kann. Für die Arten i, j, k... von A folgt dieselbe Voraussetzung damit keineswegs, hierfür wollen wir die entsprechende Bewertung stets explizit in Rechnung stellen.

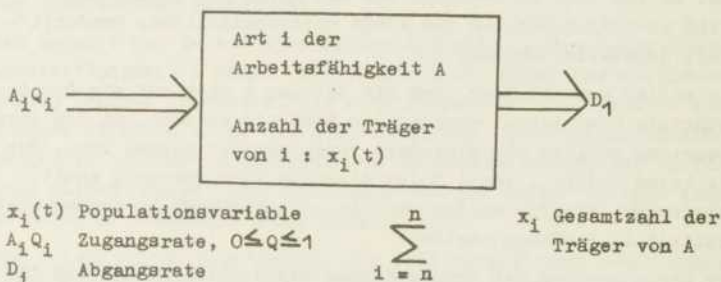
Zur Demonstration der Grundgedanken des Modells sei jedoch für die Art i der Arbeitsfähigkeit A zunächst ebenfalls eine entsprechende positive Bewertung unterstellt. Mit dieser Voraussetzung können wir i als ein selbstreproduzierendes System auffassen.

## 2. Trägeneraustausch und Verhaltensvariationen

Die Stoffwechseleigenschaft einer Art i der Arbeitsfähigkeit A besteht in einem Trägeneraustausch. Die Selbstreproduktion von i läßt sich folglich verstehen als Erhaltung unter dem Austausch ihrer Träger. Dabei handelt es sich zunächst um den Prozeß der natürlichen Regeneration, in dem die Ältere Generation der Träger von i, bevor sie aus dem Berufsleben ausscheidet, ihre Erfahrungen und Kenntnisse, ihre Fähigkeiten und ihr Können einer nachfolgenden Generation vermittelt, die sie damit zu Trägern von i macht. Allerdings ist zu sehen, daß dieser Regenerationsprozeß durch gesellschaftliche Einflußfaktoren wesentlich verstärkt oder abgeschwächt werden kann. Die Erhaltung von i wird folglich generell ermöglicht durch beständig vorsichgehende Zugangs- und Abgangsprozesse hinsichtlich der Gesamtheit ihrer Träger. Es ist hervorzuheben, daß hierdurch eine formale Analogie zu den in der Physik beschriebenen offenen Systemen, die

bekanntlich durch einen Energie- und Stoffaustausch mit ihrer Umgebung charakterisiert sind, besteht.

In der Abb. 1 ist für die Art i der Arbeitsfähigkeit A als einer solchen selbstreproduzierenden Einheit, die zu einem offenen System formal analog ist, dieser beständige Zugang und Abgang von Trägern dargestellt:



Als Träger der Art i der Arbeitsfähigkeit A bezeichnen wir dabei Personen, die die Art i der Arbeitsfähigkeit A erlernt haben und aktuell ausüben.  $x_i(t)$  wird als Populationsvariable bezeichnet und gibt die Anzahl der Träger der Art i von A in der Gesellschaft an. Unter der Voraussetzung, daß keine weiteren Wirkungs- und Ausbildungsstätten für die Arbeitsfähigkeit A in der Gesellschaft existieren als durch ihre Arten i, j, k... ausgedrückt wird, stellt die Summe über alle Arten i, j, k... von A  $\sum_{i=1}^n x_i$  die Gesamtzahl der Träger von A in der Gesellschaft dar.

Das in der Abbildung vorkommende  $D_i$  wird als Abgangsrate,  $A_i Q_i$  als Zugangsrate der Art i der Arbeitsfähigkeit A bezeichnet. Die Abgangsrate gibt dabei die Anzahl der Träger von i, die ihre Trägereigenschaft verlieren, pro Zeiteinheit an, die Zugangsrate die Anzahl von Personen pro Zeiteinheit, die neue Träger von i werden. Der sogenannte Qualitätsfaktor  $Q_i$  kennzeichnet diejenige Anzahl von potentiellen Zugängern pro Zeiteinheit, die tatsächlich Träger der Art i von A werden können, während folglich  $1 - Q_i$  diejenige Anzahl von potentiellen Zugängern der

Art i von A pro Zeiteinheit kennzeichnet, die aus den verschiedensten Gründen nicht Träger der Art i von A werden können und folglich in andere Arten j,k,l... der Arbeitsfähigkeit A abwandern, bzw. ganz aus A herausfallen. Die Eigenschaft der Erhaltung von i unter dem Austausch ihrer Träger beinhaltet, daß der Trägersaustausch bezüglich i so vonstatten gehen muß, das eine Veränderung der Qualität von i ausgeschlossen wird. Die identische Reproduktion der Qualität von i ist gerade die Voraussetzung für die Erhaltung der durch i repräsentierten "Information", d. h. der Erhaltung der entsprechenden gesellschaftlichen Erfahrungen, Fertigkeiten, Fähigkeiten und Kenntnisse. Die Erhaltung der Qualität von i ist somit unbedingte Voraussetzung der Erhaltung des objektiven Entwicklungsniveaus der Arbeitsfähigkeit A.

Für die Reproduktion von i bedeutet das den Ausschluß jeder intensiven Erweiterung bzw. Schrumpfung. Jedoch sind extensive Erweiterungen bzw. Schrumpfungen möglich. Auf diese Weise können wir die Reproduktion von i durch die entsprechenden Zugangs- und Abgangeraten auf die folgende Art durch eine extensive Erweiterung bzw. Schrumpfung charakterisieren:

$A_i Q_i - D_i > 0$	erweiterte Reproduktion
$A_i Q_i - D_i = 0$	identische Reproduktion
$A_i Q_i - D_i < 0$	geschrumpfte Reproduktion

Aus der Erhaltung der Qualität von i folgt weiterhin, daß die gesellschaftliche Arbeitsfähigkeit als solche von den individuellen Fähigkeiten ihrer Träger zu unterscheiden ist, wenngleich diese Fähigkeiten selbst i darstellen. Für ihre Träger stellt i somit ein gesellschaftliches Muster dar, das genau vorschreibt, wie die entsprechenden individuellen Fähigkeiten strukturiert bzw. ausgebildet und entwickelt zu sein haben.

Dieses Muster gibt den Trägern die Möglichkeit, auch ohne bewußte Einsicht und Kenntnis der gesellschaftlichen Zusammenhänge bestimmte objektive gesellschaftliche Anforderungen zu erfüllen. Für eine große Zahl von Individuen, wie sie eine Gesellschaft oder Klasse ausmachen, kann jedoch für jeden einzelnen Träger einer Art i einer Arbeitsfähigkeit A die Erhaltung von i nicht



identisch garantiert werden. Die Erhaltungseigenschaften, die weitgehend in den gesellschaftlichen Normen zum Ausdruck kommen, sind vielmehr statistischen Schwankungen, sogenannten Fluktuationen, unterworfen. Auf diese Weise wird die Ausbildung individueller Verhaltensvariationen ermöglicht, die nun von der Gesellschaft unterdrückt oder gefördert werden können.

Wegen der generell jedoch gewährleistbaren Erhaltungseigenschaften der Qualität der Arten  $i, j, k, \dots$  müssen die auftretenden Verhaltensvariationen daher neue Arten bilden oder sich selbst zurückbilden. Daher muß die Bildung neuer Arten, wie auch das Verschwinden von Arten im Modell möglich sein. Hierzu ist erforderlich, daß wir alle über einen gewissen Zeitraum existierenden, einschließlich der verschwindenden und neu entstehenden Arten  $i, j, k, \dots$  im Modell berücksichtigen, indem wir die jeweiligen Summationen über alle diese Arten erstrecken. Da jede Art in  $A$  ihre Reproduktion selbst instruiert, muß dies auch für jede neue Art gelten. Hieraus folgt, daß die auftretenden Verhaltensvariationen instruierend bezüglich ihrer sozialen Weitervermittlung in Erscheinung treten, die mithin stets realisiert wird, wenn eine entsprechende positive Bewertung gegeben ist.

### 3. Bewertung von Arbeitsfähigkeiten

Nun wollen wir uns dem Fakt zuwenden, daß die Gesellschaft die Bedingungen der Reproduktion einer Art  $i$  von  $A$  zur Verfügung stellen muß. Die Vielzahl der Bedingungen, einschließlich der Gewährleistung des Trägeraustausches, die zur Reproduktion von  $i$  gehören und wesentlich aus dem Zusammenhang von Produktion und Reproduktion von  $i$  im Arbeitsprozeß resultieren, wollen wir hier jedoch nur insofern berücksichtigen, als die Zugangs- bzw. Abgangsraten der Träger von  $i$  dadurch beeinflußt werden. Damit drückt sich die Bewertung der Arten  $i, j, k, \dots$  der Arbeitsfähigkeit  $A$  unmittelbar dynamisch in einer extensiven Erweiterung oder Schrumpfung dieser Arten aus, worunter auch die Amplifikation oder Unterdrückung von Verhaltensvariationen, d. h. die Erweiterung oder Schrumpfung neuer Arten fällt.



Um die Bewertung von  $i$  im mathematischen Modell darstellen zu können, gehen wir davon aus, daß sie wesentlich durch eine Reihe von unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppierungen und Instanzen, wie etwa durch die Gesamtgesellschaft, die Berufsgruppe der Träger von  $A$ , die engere Berufsgruppe der Träger der Art  $i$  von  $A$ , sowie von Untergruppen und Individuen aus  $i$  erfolgt. Wir setzen voraus, daß vor allem die Produktivität  $P_i$  von  $i$  bewertet wird. Auf diese Weise soll für jede Art  $i$  von  $A$  ein eindeutiger Wert  $W(P_i)$  ermittelt werden, der sich, bedingt durch die Vielzahl der bewertenden gesellschaftlichen Gruppierungen und Personen, aus einer Vielzahl von Komponenten zusammensetzen wird, von der wir nur fordern müssen, daß sie endlich ist:

$$W_i = W(P_i) = W_1(P_i) + W_2(P_i) + W_3(P_i) + \dots \quad (1)$$

Dabei möge die Beziehung ermittelt werden:  $W_1 > W_j > W_k > \dots$  (2)

Die Arten  $i, j, k, \dots$  der Arbeitsfähigkeit  $A$  repräsentieren auf diese Weise disjunkte Klassen  $W_i, W_j, W_k, \dots$  unterschiedlicher Bewertung. Aus der Annahme, daß vorzüglich die Produktivität  $P_i$  von  $i$  bewertet wird, folgt die Beziehung:  $P_i > P_j > P_k > \dots$

Wir machen nun die weitere, für eine stabile Gesellschaft sehr plausible Annahme, daß die wertvolleren  $i, j, k, \dots$  auch die höheren Bewertungen  $W_i, W_j, W_k, \dots$  erhalten sollen und daß diese höheren Bewertungen sich auch in höheren Wachstumsraten niederschlagen, während die minderwertigeren  $r, s, t, \dots$  niedrigere Bewertungen und mithin niedrigere Wachstumsraten besitzen sollen. M.a.W., zugleich mit der Gewährleistung der Reproduktion der wertvolleren Art  $i$  der Arbeitsfähigkeit  $A$  wird die Erweiterung dieser Art in dem Maße gewährleistet, in dem sie für die Gesellschaft wertvoll ist. Wir möchten jedoch festhalten, daß soziale Systeme nicht in jedem Falle ein solches Verhalten zeigen müssen. Hier wird deutlich, wie wichtig eine adäquate gesellschaftliche Gestaltung der Bewertung der Produktivität von Arbeitsfähigkeiten für die Leistungsfähigkeit und Stabilität der Gesellschaft selbst ist.

#### 4. Bedingungen der intensiv erweiterten Reproduktion

Nun wollen wir nach den Möglichkeiten für eine intensiv erweiterte Reproduktion der Arbeitsfähigkeit  $A$  in der Gesellschaft

fragen, Um das Problem durchsichtiger zu machen, schließen wir in der Reproduktion von A jede extensive Erweiterung wie auch jede extensive Schrumpfung aus. Diese Bedingung läßt sich durch Einfrieren der Anzahl der Träger von A zum Zeitpunkt t erfüllen und mathematisch in der Form schreiben:

$$\sum_{i=1}^n \quad (4)$$

Eine weitere Vereinfachung, die zur Illustration des Zusammenhanges zwischen der intensiv erweiterten Reproduktion der Arbeitsfähigkeit A und den extensiven Veränderungen ihrer Arten, geeignet erscheint, soll darin bestehen, daß wir im mathematischen Modell künftig voraussetzen, daß (2) mit deutlichem Abstand zwischen den  $W_i, W_j, \dots$  gilt, sowie daß die Verhaltensvariationen ausgeschlossen sind und mithin  $Q = 1$  gilt. D. h. wir nehmen an, daß alle potentiellen Zugänger der Art i von A, sofern sie überhaupt Träger von A bleiben, auch wirklich Zugänger von i bilden. Nun interessiert uns die Änderung der Anzahl der Träger von i in der Zeit, die durch die kinetische Gleichung beschrieben wird:

$$\frac{d}{dt} x_i(t) = (W_i - D) x_i \quad (5)$$

Diese Gleichung besagt folgendes: Die Anzahländerung hängt ab von der Anzahl selbst, multipliziert mit der Differenz aus Zugangs- und Abgangsrate. Entsprechend den gemachten Voraussetzungen haben wir dabei die ursprüngliche Zugangsrate  $A_i(Q = 1)$  mit der entsprechenden Bewertung  $W_i$  für die Art i identifiziert, während wir eine für alle Arten gleiche unspezifische Abgangsrate angenommen haben. Aus (5) folgt durch Summation über alle i:

$$\sum_{i=1}^n \frac{d}{dt} x_i(t) = \sum_{i=1}^n W_i x_i - \sum_{i=1}^n D x_i$$

Durch Vertauschung der Summation mit der Zeitableitung auf der linken Seite folgt mit (4):

$$D = \frac{\sum W_i x_i}{\sum x_i} = \langle W \rangle \quad (6)$$

Mit (6) wird (5) zu:

$$\frac{d}{dt} x_i(t) = (W_i - \langle W \rangle) x_i(t) \quad (7)$$

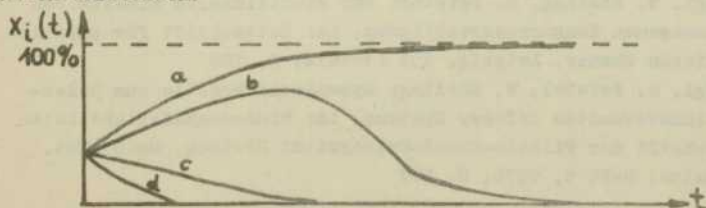
Durch den Ausschluß der extensiven Veränderung (4) ist unterstellt, daß das eventuelle Wachstum der Art i nur auf Kosten anderer Arten aus A vorsichgehen kann. Unsere Ausgangsbedingungen der Bindung der Bewertungen an die Wachstumsraten garantiert so,

daß die gesellschaftlich weniger wertvollen Arten  $r, s, t, \dots$  statt einer erweiterten eine geschrumpfte extensive Reproduktion zugunsten der Erweiterung der wertvolleren Arten  $i, j, k, \dots$  hinnehmen müssen. Dies kann selbstverständlich nur dadurch geschehen, daß entweder bisher unterforderte Träger aus Arten niederer Bewertung in Arten höherer Bewertung überwechseln, da sie jetzt infolge der in (7) ausgedrückten Bestimmung der Abgangsrate als der durchschnittlichen Bewertung die sozialen Bedingungen dafür vorfinden, oder dadurch, daß nicht unterforderte durchschnittliche Träger aus den Arten niederer Bewertung aus A im Austausch mit Zugängern ausscheiden, die in Arten höherer Bewertung eintreten. Selbstverständlich gilt dafür im Sozialismus das Prinzip der Sicherstellung eines geeigneten Arbeitsplatzes. Als Maßstab der ausgelösten sozialen Mobilität dient die durchschnittliche Bewertung  $\langle w \rangle$ . Alle Arten mit Bewertungen über dem Durchschnitt  $w_i > \langle w \rangle$  (8) nehmen daher zu und alle Arten mit Bewertungen unter dem Durchschnitt nehmen ab. Infolgedessen verschiebt sich der Durchschnitt nach oben:  $\frac{d}{dt} \langle w \rangle \geq 0$  (9)

Selbstverständlich läßt sich für praktische Zwecke auch ein anderer Maßstab finden, der einem beliebigen Bruchteil oder Vielfachen des Durchschnitts entsprechen kann. Bei gegebenen Anfangsbedingungen lautet die Lösung von Gleichung (7):

$$x_i(t) = c \cdot \frac{x_i(0) \exp(w_i t)}{\sum x_j(0) \exp(w_j t)} \quad (10)$$

Betrachten wir ein Beispiel: 4 Arten a, b, c, d haben bei  $t = 0$  je einen Anteil von 25% an der Arbeitsfähigkeit A. Die Bewertung sei jedoch entsprechend Gleichung (2) verschieden und es gelte  $w_a > w_b > w_c > w_d$ . Dann läßt sich die Lösung folgendermaßen graphisch darstellen:



Wir möchten betonen, daß sich für soziale Systeme, für die, wie vorausgesetzt, eine Kopplung der höheren Bewertungen an die höheren Zugangeraten erfolgt, in einer formalen Analogie zu den Eigen-schen Gleichungen ein Modell der intensiv erweiterten Reproduktion einer gesellschaftlichen Arbeitsfähigkeit entwickeln läßt, das entsprechend den gegebenen Bewertungen der Produktivität ihrer Arten auf der extensiven Erweiterung bzw. Schrumpfung dieser Arten beruht. Dieser Zusammenhang ist in Übersichtsform in der folgenden Abbildung dargestellt:

Gattung A:	extensiv	identische Reproduktion wird vorausgesetzt
	intensiv	erweiterte bzw. geschrumpfte Reproduktion je nach der Geartetheit der extensiven Veränderungen ihrer Arten
Arten i,j,k,...	extensiv	erweiterte bzw. geschrumpfte Reproduktion je nach den entsprechenden Bewertungen
	intensiv	identische Reproduktion ist Bestandteil der Definition

Handelt es sich bei A um eine wissenschaftliche Arbeitsfähigkeit, so leistet das Modell die Angabe eines Verfahrens zur Hebung von wissenschaftlichen Durchschnittsleistungen und Orientierung auf Spitzenleistungen.

#### Literatur:

- /1/ Vgl. M. Eigen: Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules, in: Naturwissenschaften, Heft 58, 1971, S. 465
- /2/ Vgl. W. Ebeling, R. Feistel: Zur nichtlinearen Kinetik von homogenen Konkurrenzreaktionen, in: Zeitschrift für physikalische Chemie, Leipzig, 257 (1976)4, S. 705  
Vgl. R. Feistel, W. Ebeling: Dynamische Modelle zum Selektionsverhalten offener Systeme, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Math.-Nat. Reihe, Heft 5, 1976, S. 507

- /3/ K. Marx, F. Engels: Feuerbach, Gegensatz von materialistischer und idealistischer Anschauung, Berlin 1971, S. 13/14  
/4/ K. Marx, Werke, Bd. 23, S. 28

Verfasser:

Dr. Eberhard Bruckner  
Institut für Theorie, Geschichte  
und Organisation der Wissenschaft  
der AdW der DDR  
DDR - 108 Berlin  
Otto-Nuschke-Straße 22/23





# Die Entdeckung des Elektromagnetismus und ihre philosophischen

## Wurzeln

### 1. Einleitung

Ohne Zweifel gehört die Entdeckung des Elektromagnetismus (EM) zu jenen fundamentalen naturwissenschaftlichen Leistungen, die als Meilensteine der Entwicklung den Weg der Physik durch die Jahrhunderte kennzeichnen. Wie jede große Entdeckung besitzt auch die des EM eine hohe prinzipielle und praktische Bedeutung. Prinzipiell bedeutsam war diese Entdeckung deshalb, weil sie zwei seit dem Beginn naturwissenschaftlicher Forschung in der Antike getrennte Gebiete - Elektrizität und Magnetismus - unlösbar vereinigte und dadurch einen Knotenpunkt physikalischer Entwicklungslinien setzte, aus dem sich schließlich die erste Feldtheorie der klassischen Physik, die Faraday-Maxwell'sche Elektrodynamik entfaltete.

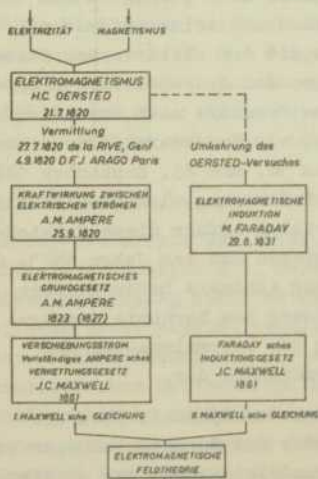


Abb. 1

Die praktische Bedeutung der Entdeckung des EM ist unübersehbar. Sie durchdringt fast alle Bereiche der Elektrotechnik und bildet in Verbindung mit der elektromagnetischen Induktion eine der wesentlichen Voraussetzungen für den heutigen industriellen Entwicklungsstand der menschlichen Gesellschaft. Die frühen Phasen der Entwicklungsgeschichte des EM können als das Musterbeispiel der Herausbildung einer physikalischen Spezialdisziplin unter allseitig herangereiften Bedingungen angesehen werden. Trotzdem muten sie fast wie ein abenteuerlicher Roman an.

H.C. Oersted hatte die Entdeckung des EM am 21. Juli 1820 in einer lateinisch geschriebenen Flugschrift von zwei Quartblättern Umfang an zahlreiche Gelehrte, Akademien und wissenschaftliche Gesellschaften verschickt (Abb. 1). Bereits eine Woche später, am 27. 7. 1820, führte de la Rive auf einer Naturforscherversammlung in Genf den Oerstedschen Grundversuch einem breiten Publikum vor. Unter den Anwesenden befand sich hier D.F.J. Arago, der zu dieser Zeit in der Schweiz auf Urlaub weilte. Kaum nach Paris zurückgekehrt, berichtete D.F.J. Arago in einer Sitzung der Französischen Akademie am 4. September 1820 über die magnetische Wirkung des elektrischen Stromes und zeigte am 11. September dazu auch Experimente. Unter den Zuhörern befand sich A.M. Ampere, der bis zu diesem Zeitpunkt keinerlei physikalische Interessen verraten hatte. Durch die Demonstration des EM fasziniert, verließ A.M. Ampere mit einer für ihn typischen Sprunghaftigkeit seine bisherigen Arbeitsgebiete (Mathematik, Philosophie, Psychologie) und wandte sich enthusiastisch der Untersuchung der magnetischen Wirkung des elektrischen Stromes zu. In unerhört kurzer Zeit gelang es ihm grundlegend neue Resultate zu erzielen und seine Auffassung von der Verkettung des Magnetfeldes mit dem elektrischen Strom zu begründen. Die damaligen Sitzungen der Französischen Akademie erlebten eine elektromagnetische Premiere nach der anderen und A.M. Ampere agierte ohne Zweifel als Hauptdarsteller dieser dramatischen Entwicklung. Bereits am 18. und 25. September 1820 konnte er über die gegenseitige Beeinflussung elektrischer Ströme berichten. Ihren vorläufigen Abschluß erfuhr diese Entwicklung durch die große Arbeit A.M. Amperes aus dem Jahre 1823, die jedoch erst 1827 in den Berichten der Akademie herausgegeben wurde. Diese Arbeit enthält als Krönung das berühmte Grundgesetz der gegenseitigen Kraftwirkung von Stromelementen und stellt die Geburtsstunde der Elektrodynamik dar.

Bekanntlich folgt aus dem Ampèreschen Grundprinzip über die Wirkung von Stromelementen aufeinander das Durchflutungsgesetz, das wiederum die eine der beiden Grundgleichungen der elektromagnetischen Feldtheorie darstellt. Allerdings mußte dazu der

Strombegriff verallgemeinert werden, d. h. neben dem Leitungsstrom ein Verschiebungsstrom eingeführt werden. Diese epochemachende Leistung vollbrachte J.C. Maxwell 1861. Die zweite Grundgleichung der elektromagnetischen Feldtheorie ist das Faradaysche Induktionsgesetz. Auch die Entdeckung dieses Gesetzes basiert primär auf den Oerstedtschen Untersuchungen zur magnetischen Wirkung des elektrischen Stromes. M. Faraday entdeckte die elektromagnetische Induktion nach einigen erfolglosen Anläufen 1831 an einer Spulenanordnung, die die verstärkende Wirkung eines Eisenkerns auf das magnetische Feld des elektrischen Stromes ausnutzte. Ein ständiger Leitgedanke M. Faradays bei seiner Suche nach der Induktion war die Überzeugung von der Möglichkeit einer Umkehrung des Oerstedtschen Versuches. H.C. Oersted hatte Strom in Magnetismus "verwandelt". Das Ziel M. Faradays war es: "to convert magnetism into electricity", wie eine Bemerkung in seinem Notizbuch bereits 1822 fordert.

Insgesamt vermittelt somit die Entwicklungsgeschichte der Elektrodynamik (Abb. 1) das eindrucksvolle Bild von der prinzipiellen Bedeutung der Entdeckung des EM durch H.C. Oersted im Jahre 1820. Hier liegt tatsächlich der Keim für alle wesentlichen Erkenntnisse, die in den folgenden Jahren zum Aufbau der ersten Feldtheorie der Klassischen Physik führten. R.A.R. Tricker (1965) sagt dazu: "Dies war das Tor, auf dessen Öffnung die wissenschaftliche Welt gewartet hatte."

## 2. Die philosophischen Wurzeln der Entdeckung des EM

In der Geschichte der Entdeckung des EM spielen die philosophischen Anschauungen H.C. Oerstedts eine ausschlaggebende Rolle. Diese Entdeckung zählt zu den Musterbeispielen für die Herausbildung neuer physikalischer Erkenntnisse im ständigen Prozeß der Wechselwirkung mit philosophischen Auffassungen als einem heuristischen Leitprinzip. Es waren dies im wesentlichen naturphilosophische Auffassungen der klassischen deutschen Philosophie, deren progressiver Inhalt - die Dialektik - bei der Entwicklung der Lehren von K. Marx und F. Engels später noch eine hervorragende Rolle spielen sollte. Deshalb vermittelt uns die

Beschäftigung mit der Entdeckungsgeschichte des EM auch ein überzeugendes Beispiel dafür, daß unter den Naturforschern des ausgehenden 18. und beginnenden 19. Jahrhunderts dialektische Auffassungen im Prozeß der Erkenntnisgewinnung bewußt Anwendung fanden. Natürlich handelte es sich dabei noch allzu häufig um isolierte, vereinzelte Erkenntnisse, und in den Köpfen der Naturwissenschaftler fehlte die Konsequenz zur allgemeinen philosophischen Schlußfolgerung; dies leistete erstmalig F. Engels auf der dafür einzig möglichen Basis: dem Materialismus. Aber insgesamt vermittelt diese Phase der Formierung wichtiger Teilbereiche der Klassischen Physik (Elektrodynamik, Optik, Thermodynamik) bereits eine Vielfalt der Wechselbeziehungen zwischen Physik und Dialektik, die mehr Aufmerksamkeit verdient, als sie gegenwärtig erfährt. Wenn wir heute von dem Beitrag der Physik zur Entwicklung der marxistisch-leninistischen Philosophie sprechen, stammen die Beispiele fast immer aus der Quantenmechanik und Relativitätstheorie. Dafür gibt es natürlich gute Gründe, aber es wäre falsch, darüber den gleichfalls bedeutenden Beitrag der Klassischen Physik zu vergessen. Auf ihre Potenzen kann in der ideologischen Arbeit (man denke an das riesige Feld der Schulphysik, die populärwissenschaftliche Bildung usw.) nicht verzichtet werden.

F. Engels betont, daß der entschieden wichtigste Beitrag der Physik zur Überwindung der vorherrschenden metaphysischen Naturauffassung die Erkenntnis der allgemeinen Verwandlungsfähigkeit und Erhaltung der Energie war. Der Energiesatz ist jedoch nur die Spitze eines großen Eisberges. Dazu gehören zahlreiche weitere Erkenntnisse, die aus ganz ähnlichen Fragestellungen und einer ganz ähnlichen philosophischen Grundeinstellung erwachsen sind. Sowohl J.R. Mayer, der Entdecker des Energieerhaltungssatzes, als auch H.C. Oersted, der Entdecker des EM, gehörten zu den Anhängern der sogenannten dynamischen Interpretation der Physik, die auch M. Faraday vertrat. Für den Dynamiker war das primär gegebene die Kraft, wobei dieser verschwommene Begriff sehr umfassend benutzt wurde. Es gehörte auch das dazu, was wir heute Energie nennen würden. Die dynamische Auf-



fassung der Natur (I. Kant) drückt sich in der Anerkennung und Betonung einer ständigen Veränderung und Entwicklung aus. Ursache dafür sind die überall wirkenden Kräfte, deren mannigfaltige Erscheinungsformen (Gravitation, Elektrizität, Magnetismus, Wärme ...) letztlich auf die Einheit zweier entgegengesetzter Grundkräfte - attraktiv und repulsiv - zurückgeführt werden können. Die unerschütterliche Überzeugung H.C. Oersteds vom inneren Zusammenhang aller Naturkräfte, der Möglichkeit ihrer gegenseitigen Verwandlung und ihrer schließlichen Identität stellt die philosophische Wurzel der Entdeckung des EM dar.

Die philosophischen Positionen H.C. Oersteds waren entscheidend durch die Auffassungen der romantischen Naturphilosophie mitgeprägt worden. Aber H.C. Oersted war sich der Grenzen und Gefahren einer "spekulativen Physik", wie sie von dem Wortführer der Romantiker, F.W.J. Schelling, propagiert wurde, durchaus bewußt, und er hat diese Gefahren in der praktischen wissenschaftlichen Arbeit durch die richtige Bewertung des Experiments, der Erfahrung stets vermieden. Die positive Rolle F.W.J. Schellings basiert auf dessen Kritik der metaphysischen Methode, auf der Ausarbeitung rationeller, dialektischer Ideen, die mit den dynamischen Auffassungen in der Physik korrespondierten. Von der weitgefaßten Aufgabenstellung: - aus der Zersplitterung der wissenschaftlichen Einzeluntersuchungen, geleitet von der Philosophie, zum Verständnis des einheitlichen Zusammenhanges der Naturerscheinungen zurückzufinden -, ging eine Faszination aus. In den späteren Jahren hat F.W.J. Schelling seine "aufrichtigen Jugendgedanken" (K. Marx) gründlich verleugnet. Er endete bekanntlich im theologischen Mystizismus und als ein politischer Reaktionär. H.C. Oersted ist demgegenüber stets ein Vertreter der progressiven Elemente der romantischen Naturphilosophie geblieben.

### 3. Die Geschichte der Entdeckung des EM

Wie fast jede große Entdeckung ist auch die des EM von Umständen umwoben. Und obwohl die Wissenschaftsgeschichte heute durchaus in der Lage ist, ein ziemlich klares Bild von dem zu entwerfen,

was in jenem denkwürdigen Jahre 1820 in Kopenhagen geschah, halten sich die Legenden zäh am Leben. Manche zielen darauf ab, H.C. Oersted fast jedes Verdienst an seiner Entdeckung zu verweigern. Eine solche Legende (und dies ist wohl die unfreundlichste) weiß zu berichten, daß H.C. Oersted einst während einer Vorlesung mit galvanischen Kreisen experimentierte und etwas entfernt auf dem Hörsaaltisch zufällig eine Magnetnadel stand. Immer, wenn H.C. Oersted den Stromkreis schloß, zuckte die entfernt stehende Nadel, und dies fiel schließlich einem in der ersten Reihe sitzenden Hörer auf. Dieser teilte H.C. Oersted seine Beobachtung mit. So kam die große Entdeckung des EM an das Licht des Tages.

Natürlich ist diese Legende völlig haltlos. Die Entdeckung des EM war keine zufällige! Sie besitzt eine viele Jahre umfassende Geschichte mit zahlreichen erfolglosen Vorstößen, bis es schließlich H.C. Oersted 1820 gelang, durch gezielte Experimente den Effekt und seine wesentlichen Eigenschaften sicherzustellen.

H.C. Oersted hat mehrere Berichte über den Weg zur Entdeckung des EM hinterlassen. Im wesentlichen stimmen sie alle überein, und man kann sicher sein, daß sie auch der historischen Wahrheit entsprechen. Bereits 1812 wurden von ihm einige Vorschläge zur Überprüfung des Zusammenhanges zwischen Elektrizität und Magnetismus unterbreitet. Zur Ausführung von Experimenten kam H.C. Oersted damals jedoch nicht, da er sich gerade auf einer längeren Reise befand (1812 - 1813) und es ist ungewiß, ob und in welchem Umfang er sich damit in den nachfolgenden Jahren beschäftigte.

Fest steht jedoch, daß H.C. Oersted im Frühjahr 1820 durch die Ausarbeitung einer Abendvorlesung für fortgeschrittene Hörer über Elektrizität, Galvanität und Magnetismus zur erneuten und intensiven Beschäftigung mit der elektromagnetischen Wechselwirkung angeregt wurde, dabei eine neue Konzeption entwickelte und beschloß, diese experimentell zu überprüfen. Die neue Konzeption basierte auf einer speziellen Vorstellung H.C. Oersteds

über den Mechanismus des elektrischen Stromes. Danach war der Strom kein ruhiges, kontinuierliches Dahinfließen der Ladung, sondern ein durch ständige und unregelmäßige Unterbrechungen gekennzeichnete dynamischer Gleichgewichtszustand, eine Art Wechselkampf entgegengesetzter Ladungen (ähnlich der gegenseitigen Durchdringung feindlicher Heere). H.C. Oersted spricht von einem "elektrischen Konflikt", der für ihn die Ursache der Erzeugung von Wärme und Licht durch die Elektrizität ist. Wenn Elektrizität auch Magnetismus erzeugen sollte, dann war zu vermuten, daß dies ebenfalls im Zusammenhang mit diesem elektrischen Konflikt geschehen könnte, und es war weiterhin zu vermuten (dies ist die neue Konzeption), daß der gebildete Magnetismus wie die Wärme und das Licht den Stromleiter in allen Richtungen verlassen würde. H.C. Oersted gelangte auf diese Weise erstmalig zu einem transversalen magnetischen Effekt des elektrischen Stromes, der mit einer parallel zum Leiter liegenden Nadel zu suchen war. Die Vorbereitungen des entsprechenden Experimentes, das in der genannten Vorlesung gezeigt werden sollte, waren schnell getroffen. Wegen eines (nicht näher bekannten) Umstandes kam es jedoch nicht zu einer vorherigen Probe. H.C. Oersted entschloß sich also, das entscheidende Experiment während der Lektion selbst zu zeigen. Dies geschah im April des Jahres 1820, wahrscheinlich am 1. Dienstag des Monats. Das Ergebnis des Experimentes, das H.C. Oersted seinen Hörern vorher angekündigt hatte, war positiv: Der Schließungsgrad einer Voltaschen Batterie, in Nord-Südrichtung über einer Magnetonadel liegend, beeinflusste diese Nadel. Aber der Effekt war sehr schwach und beeindruckte die Hörer in keiner Weise. Auch H.C. Oersted erschien mehr verwirrt als erfreut. Er spricht von einer "extremen Schwäche und anscheinenden Konfusion des Phänomens in dem ersten Experiment". Man darf vermuten, daß die Konfusion durch den fundamentalen Unterschied im geometrischen Verhalten der magnetischen Kräfte in der Umgebung von Stromleitern (geschlossene Feldlinien) gegenüber den geläufigen Kräften in der Punktmechanik und Elektrostatik (Zentralkräfte) entstand. Sicher erwartete H.C. Oersted Kräfte vom zuletzt genannten Typ, die mit der Realität des EM nicht harmonisieren konnten.

Die dadurch erzeugte Verwirrung war es in der Hauptsache (neben der Belastung durch zahlreiche dienstliche Verpflichtungen), die eine fast unverständliche Verzögerung in der weiteren Verfolgung des Effektes verursachte: Nach dem ersten Nachweis des EM in der genannten Vorlesung stellte H.C. Oersted für über drei Monate jede weitere Arbeit an dem Phänomen ein. Erst um die Mitte des Monats Juli setzte er die Anfang 1820 unter Vorlesungsbedingungen begonnenen Untersuchungen fort. Die systematisch mit einer stärkeren Voltaschen Batterie vorgenommenen Versuche ergaben nun klare Resultate und lieferten in der Spanne weniger Tage die Erkenntnis der grundlegenden Eigenschaften der magnetischen Wirkung des elektrischen Stromes. Bereits am 21. Juli 1820 konnte H.C. Oersted diese Erkenntnisse der wissenschaftlichen Welt in der bereits genannten Flugschrift mitteilen.

Ihr wesentlicher Inhalt läßt sich wie folgt zusammenfassen:

- Der elektrische Konflikt (d. h. Strom) übt auf Magnetnadeln Kräfte aus.
- Diese Kräfte hängen von der Stärke der Batterie, dem Abstand zwischen Nadel und Draht und ihrer gegenseitigen Orientierung ab. Für die sich einstellende Ablenkung der Magnetnadel bei unterschiedlicher Anordnung zum Schließungsdraht der Batterie werden Regeln angegeben.
- Die Kraftwirkung ist von der Anwesenheit verschiedenster Stoffe zwischen Nadel und Draht weitgehend unabhängig.
- Als etwas völlig Neues im Bereich der physikalischen Kräfte wird die Schlußfolgerung gezogen, daß die magnetische Wirkung des elektrischen Stromes, "die nicht in dem leitenden Drahte eingeschlossen, sondern ... in KREISEN fortgehe" : Der elektrische Strom umgibt sich mit einem magnetischen Wirbel.

#### 4. Zusammenfassung (Thesenartig)

- Die Entdeckung des EM durch H.C. Oersted im Jahre 1820 ist der Keim, aus dem sich in direkter Folge die Elektrodynamik bis zur Formulierung der Faraday - Maxwell'schen Feldtheorie (1861) entfaltete.



- Bei der Entdeckung des EM spielten philosophische Auffassungen als heuristisches Leitprinzip eine hervorragende Rolle.
- Der wesentliche Inhalt dieser Auffassungen bestand in dialektischen Grundpositionen des physikalischen Dynamismus und der romantischen Naturphilosophie.
- Die Entdeckung des EM war keine zufällige.
- H.C. Oersted entdeckte den EM im Frühjahr 1820 nach der Ausarbeitung einer speziellen Vorstellung vom Wesen des elektrischen Stromes (elektrischer Konflikt) in Verbindung mit der Überzeugung vom prinzipiellen Zusammenhang zwischen Elektrizität, Magnetismus, Wärme usw.
- Über die bloße Feststellung der Ablenkung einer Magnetnadel durch den elektrischen Strom hinausgehend, analysierte H.C. Oersted durch sofortige systematische Untersuchung des neuen Phänomens zahlreiche Grundeigenschaften des EM und legte damit eine breite Basis für die spätere Entwicklung des Gebietes.

## 5. Literatur

- /1/ Engels, F.: Dialektik der Natur, Berlin 1971
- /2/ Hermann, A.: Lexikon der Geschichte der Physik, Köln 1972
- /3/ Hoppe, E.: Geschichte der Physik, Braunschweig 1926
- /4/ Hörs, H.: Der Beitrag der Physik zur Entwicklung des Weltbildes, Vortrag Leipzig 1977
- /5/ Meyer, K.: The scientific life and works of H.C. Oersted, Scientific Papers, Copenhagen 1920
- /6/ Oersted, H.C.: Der Geist in der Natur, München 1850
- /7/ Oersted, H.C.: Scientific Papers, Collected Edition Copenhagen 1920
- /8/ Seidel, H., Kleihe, L. (Herausgeber), F.W.J. Schelling, Frühschriften, Berlin 1971
- /9/ Tricker, R.A.R.: Frühe Elektrodynamik, Berlin 1974

## Verfasser:

Prof.Dr. A. Rutscher  
 Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald  
 Sektion Physik/Elektronik  
 DDR - 22 Greifswald, Domstraße 10a





Zur Geschichte der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Deutschland war es in der letzten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts gelungen, in kaum einem Vierteljahrhundert nicht nur den gewaltigen Rückstand gegenüber den führenden Industrienationen aufzuholen, sondern in einer Reihe von Gebieten sogar schon eine gewisse Führungsposition einzunehmen. Einer der Gründe für diesen historischen Trend - der sich in den nachfolgenden Jahrzehnten ja noch verstärken sollte - war ohne Zweifel die Auffassung breiter Kreise des deutschen Industriekapitals, die Wissenschaft als geeignetes und praktisches Mittel zur Begründung ökonomischer und politischer Vormachtstellungen auszunutzen: Die Errichtung von staatlichen Forschungsinstitutionen nach Gründung des Deutschen Reiches ist in gleichem Maße Ausdruck der allgemeinen Anerkennung der gesellschaftlichen Bedeutung wissenschaftlicher Forschung wie die beginnende Entwicklung einer zielgerichteten Industrieforschung in diesen Jahrzehnten.

Insbesondere im Zusammenhang mit den bedeutenden Fortschritten von Elektrodynamik und Elektrotechnik und der damit verbundenen Herausbildung der Elektroindustrie im Verlaufe der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts war die Notwendigkeit einer verstärkten gesellschaftlichen Nutzung physikalischer Forschungsergebnisse besonders deutlich geworden. Diese zunehmende Annäherung und Wechselwirkung zwischen Wissenschaft und Produktion führten so seitens industrieller Kreise zu Bestrebungen, eine stärkere Einflußnahme auf die vorwiegend an den Hochschulen betriebene wissenschaftliche Forschung zu erlangen; sie ihren Interessen gemäß auszugestalten sowie zu solchen Forschungen und Leistungen zu veranlassen, die der Entwicklung der Produktionstechnik - und damit der Erzielung höherer Profite - unmittelbar zugute kommen konnten.

Man kann sicherlich ohne jede Übertreibung feststellen, daß unter den sich in diesem Zusammenhang auf physikalischem Gebiet entfaltenden Neuerungen- zu denen die Gründung von Industrie-

labors genauso gehört wie die von zahlreichen neuen Technischen Hochschulen, Vereinen, Gesellschaften und Zeitschriften - die im Jahre 1887 erfolgende Errichtung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt die bedeutendste war, entwickelte sie sich doch binnen weniger Jahre zum dominierenden physikalisch-technischen Staatsinstitut Deutschlands. Als Zentrum des metrologischen Prüfungswesens erwarb es sich in allen Bereichen der Wissenschaft und Wirtschaft hohes Ansehen und nahm daneben durch seine Entwicklungen auch direkten Einfluß auf die Hebung des wissenschaftlich-technischen Niveaus in der Industrie - nicht zu vergessen sind auch ihre bedeutsamen Leistungen auf rein wissenschaftlichem Gebiet. Wie beispielhaft diese Neugründung war, läßt sich u. a. daran ermessen, daß sie Vorbild für das National Physical Laboratory in London, das Washingtoner National Bureau of Standards sowie für das Mendelejew-Institut wurde.

Erste Initiativen und Vorschläge zur Gründung der Anstalt gehen bis zu Beginn der siebziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts zurück und bezogen sich zunächst vor allem auf die Stagnation von wissenschaftlicher Mechanik und Instrumentenkunde in Deutschland. Obwohl in der über fünfzehnjährigen Gründungsgeschichte dieser Gedanke nie ganz verworfen wurde, erfuhr er doch in der Weise eine einschneidende Modifizierung, als die Vertreter der zwar noch jungen doch wirtschaftlich wie wissenschaftlich äußerst leistungstarken Elektroindustrie ihre Vorstellungen immer stärker in den Mittelpunkt zu rücken wußten. Es ist deshalb sicherlich kein Zufall, daß es gerade Werner von Siemens (1816 - 1892) war, der zu den maßgeblichsten Förderern des Projektes gehörte und die Gründung der Anstalt u. a. durch die Stiftung von Baugrund und ersten Geldmitteln letztlich entscheidend beeinflusste.

Verantwortlich für dieses besondere Engagement der elektrotechnischen Industrie war insbesondere die Tatsache, daß sich - wie beispielsweise Helmholtz (1821 - 1894) feststellte - "die Elektrotechnik allmählich so weit entwickelt hat, daß sie jetzt ungeheure Kapitalien in Anspruch nimmt und eine außerordentliche rege Industrie repräsentiert. Unter diesen Umständen kann es nicht fehlen, daß Streitfragen, welche dieselbe betreffen, vor

die Gerichte kommen und sich die Notwendigkeit fühlbar macht, streitige Fragen gesetzlich zu ordnen, namentlich Maßeinheiten festzustellen, auf welche man bei solchen Entscheidungen zurückgehen kann." /1/ Im Unterschied zu den Längen und Gewichtsmaßen, bei denen es die zur damaligen Zeit entwickelten Methoden nur noch zu vervollkommen galt, erwies sich die Situation im Bereich des elektrischen Meßwesens wesentlich komplizierter, da die damals gebräuchlichen Methoden zur experimentellen Darstellung der theoretisch definierten Einheiten viel zu unterschiedlich und ungenau waren. Hieraus erwuchs das sowohl für die Wissenschaft als auch für die Praxis äußerst aktuelle Problem, zuverlässige und verifizierbare Meßmethodiken für die Darstellung der elektrischen Maßeinheiten zu entwickeln.

Da nun die Bearbeitung solcher Themenkomplexe für die an kapitalistische Produktionskriterien orientierten Industrielaboratorien (die sich zudem auch erst zu entwickeln begannen) zu umfassend und vor allem nicht genügend rentabel gewesen wäre, andererseits aber auch nicht - wie man in einer Denkschrift Helmholtz' nachlesen kann - "durch die zu Unterrichtszwecken gegründeten Laboratorien unserer Universitäten gelöst werden können, weil ihre Bewältigung teils kostbarer Hilfsmittel an Instrumenten und Lokalitäten, teils auch freiere Arbeitszeit erfahrener und urteilsfähiger Beobachter erfordert, als der Regel nach ohne Unterstützung aus öffentlichen Mitteln zu beschaffen sein werden"/2/, wurde ein Ausweg eben in der Errichtung einer staatlichen Institution zu reinen Forschungszwecken gesucht und hierüber der Staat zur Übernahme bestimmter von der Industrie vorgegebener Forschungen animiert. Die Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt macht somit augenfällig die Wechselbeziehung von Wissenschaft, Industrie und Staat (der dieses Unternehmen nicht zuletzt aus Gründen nationalen Prestiges förderte) deutlich. Gleichzeitig drückt sie auch in direkter Weise die Interessen weiter Kreise des deutschen Industriekapitals aus.

Bei der Konzipierung des wissenschaftlichen Programms, das maßgeblich von Werner von Siemens und Hermann von Helmholtz geprägt wurde, stand deshalb die Aufgabe einer möglichst optimalen Ver-



bindung von Wissenschaft und Industrie im Zentrum aller Überlegungen. Zwar wurde dabei aus den eben kurz angedeuteten Gründen an die praktisch höchst bedeutsame Problematik der Entwicklung eines einheitlichen und zuverlässigen elektrischen Maßsystems angeknüpft, doch wußte Siemens als einer der weitblickendsten Wissenschaftler, Techniker und Industrieller seiner Zeit das generelle Tätigkeitsprofil der Reichsanstalt auf eine wesentlich breitere Basis zu stellen. Für ihn waren nachhaltige Erfolge eben nur dann zu erzielen, wenn man "neue Bahnen zuerst betritt und die auf dieselben zu gründenden Industriezweige zuerst ausbildet"/3/.

Der Aufgabenkatalog der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, die sich organisatorisch in zwei Hauptabteilungen gliederte, legte u. a. fest, daß sich die erste, nur mit wissenschaftlichen Untersuchungen befassende Abteilung "physikalische Untersuchungen und Messungen, welche in erster Linie die Lösung wissenschaftlicher Probleme von großer Tragweite und Wichtigkeit ... bezwecken und einen größeren Aufwand ... erfordern, als der Regel nach von Privatleuten und Unterrichtsanstalten aufgeboden werden kann" auszuführen hatte /4/. Aus Aufgabe der zweiten, vorwiegend mit Prüfungsaufgaben betraute technische Abteilung wurde "die Durchführung physikalischer und physikalisch-technischer Untersuchungen, welche entweder von der vorgesetzten Dienstbehörde angeordnet werden, oder geeignet sind, die Präzisionsmechanik und ... auch andere Zweige der deutschen Technik in ihren Arbeiten zu fördern", genannt /5/.

Dieser Orientierung auf eine an die technische Praxis im weitesten Sinne geknüpfte, breit angelegte naturwissenschaftliche Grundlagenforschung traf auch die auf Betreiben von Siemens erfolgte Ernennung Hermann von Helmholtz - dem "Reichskanzler der Physik" - als ersten Präsidenten der Anstalt Rechnung. Die außerordentliche Großzügigkeit des Forschungsprofils, die Helmholtz im Rahmen der Anstalt zu erreichen gedachte, macht sein wissenschaftliches Programm deutlich, dessen einzelne Punkte lauteten /6/:



1. Die genaue Bestimmung der Intensität der Schwere und Vergleichung dieser Intensität an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche
2. Die absolute Messung der Gravitation oder die Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde
3. Die Fortsetzung der genauen Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes in irdischen Entfernungen, welche Bestimmung geeignet ist, die kosmischen Entfernungen auf irdisches Längenmaß zu reduzieren
4. In der Lehre von den magnetischen Wirkungen der elektrischen Ströme spielt eine der Lichtgeschwindigkeit, wie es scheint, genau gleiche Geschwindigkeit, von W. Weber als die kritische bezeichnet, eine fundamentale Rolle. Ihre Gleichheit mit der Lichtgeschwindigkeit scheint mir eine wesentlich innere Verwandtschaft zwischen optischen und den elektrischen Vorgängen anzuzeigen. Die Einsicht in die rätselhaften Seiten namentlich der elektromagnetischen Erscheinungen scheint hier einen leitenden Faden gewonnen zu haben, der uns wahrscheinlich zum tiefsten Grunde derselben führen wird
5. Untersuchungen über elektrische Maßeinheiten
6. Die Messung über Druck und Dichtigkeit der Gase und Dämpfe bei verschiedenen Temperaturen und die Messung der dabei verbrauchten Wärmemengen

Zwar konnten aus unterschiedlichen Gründen - auf die näher einzugehen den Rahmen dieses Vortrags sprengen würde - aus diesem wissenschaftlichen Themenkatalog nur die thermodynamischen Untersuchungen sowie die Forschungen über elektrische Maßeinheiten in Angriff genommen werden, doch hat es Helmholtz in den wenigen Jahren seiner Präsidentschaft - er starb ja bereits im Jahre 1894 - trotzdem meisterhaft verstanden, jene Wege vorzuzeichnen, auf denen die Physikalisch-Technische Reichsanstalt sehr schnell im Bereich von Physik und physikalischer Technik eine wissenschaftlichen Vormachtstellung einnehmen sollte.

Es fehlt nicht an Zeugnissen für die Qualität der in beiden Abteilungen der Reichsanstalt erbrachten Leistungen; allein schon die Namen ihrer Präsidenten Helmholtz, Kohlrausch, Warburg,

Paschen, Stark und Esau ergibt mit Ausnahme des letzten ein Kaleidoskop bedeutender Namen der Physikgeschichte der letzten hundert Jahre. Da es uns im Rahmen dieses Vortrags an Zeit mangelt, auf die Vielfalt der Arbeiten einzugehen, wollen wir hier nur die wichtigsten Arbeitsgebiete der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Stichworten umreißen und an der einen oder anderen Stelle kurz auch auf einige damit im Zusammenhang stehende Fragen eingehen.

Während der Aufbauzeit der Anstalt, die etwa die Präsidentschaft von Helmholtz umfaßt, lag der Schwerpunkt im Bereich der Thermometrie. Hierzu gehörten thermische und kalorimetrische Fundamentaluntersuchungen, sowie Studien über die Ausdehnung der unterschiedlichsten Stoffe (vor allem Glas, Metalle, Wasser, Quecksilber). Etwa um 1890, nachdem die eigenen Räume durch die Anstalt in Charlottenburg bezogen werden konnten, wurde dann auch mit den elektrischen Untersuchungen begonnen. Zwar lagen inzwischen fast sämtlich die nötigen Absolutmessungen für die elektrischen Maßeinheiten bereits vor, doch blieb in der Praxis noch viel zu tun übrig. Vor allem galt es die entsprechenden Vorschriften auch für die technische Praxis handhabbar und realisierbar zu machen, wozu u. a. passende, in ihren Eigenschaften zeitlich konstante Materialien nötig waren. Zu den bedeutsamsten Arbeiten aus dieser Zeit gehört so die Einführung des Manganins als Werkstoff für Präzisionswiderstände. Im Zusammenhang mit der einheitlichen Regelung des elektrischen Meßwesens wurden der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt dann auch gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts die entsprechenden gesetzlichen Aufgaben übertragen. Mit dem aus dem Jahre 1898 stammenden "Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten" zeichnete sie als oberste Instanz des Deutschen Reiches für die Darstellung und Betreuung der elektrischen Einheiten sowie für die Überwachung der Meßgeräte zur elektrischen Energieversorgung verantwortlich. Allerdings zwang der rasch wachsende Umfang dieser Arbeiten, daß sich die Physikalisch-Technische Reichsanstalt bald nur noch die Zulassung neuer Gerätebauarten sowie die Kontrolle der Normale und der Meßeinrichtungen der für solche Routinemessungen in den Jahrzehnten nach der

Jahrhundertwende speziell eingerichteten elektrischen Prüfämter vorbehielt.

Im Zusammenhang mit den elektrischen Arbeiten der Anstalt sollten auch die magnetischen Untersuchungen E. Gumlichs erwähnt werden. Gumlich konnte mit ihrer Hilfe die große wirtschaftliche Bedeutung silizierter Eisenbleche beim Bau von Transformatoren und Dynamomaschinen aufzeigen, was die industrielle Herstellung solcher Bleche in Deutschland - speziell bei Krupp - veranlaßt hat. Diese Bleche bildeten zu Beginn unseres Jahrhunderts einen nicht gerade unbedeutenden Exportartikel des Deutschen Reiches.

Was ich bis jetzt über die Arbeiten der Anstalt angedeutet habe, zeigt, daß der Schwerpunkt ihrer Leistungen nicht so sehr in der Auffindung von wesentlich Neuem, sondern vielmehr darin lag, aus bereits Vorhandenem das Beste auszulesen, dieses zu erweitern und mit den zur Verfügung stehenden Mitteln zur höchstmöglichen Vollendung zu bringen. Daß allerdings auch die Verfolgung ganz neuartiger und rein wissenschaftlichen Grundlagenprobleme von vornherein nicht ausgeschlossen wurde, hatten wir bereits zu Beginn darzustellen versucht. Tatsächlich nahmen auch einige wichtige wissenschaftliche Entwicklungen ihren Anfang in den Laboratorien der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Genannt seien z. B. die Arbeiten W. Wiens (1864 - 1928) zur Wärmestrahlung oder die Präzisionsmessungen von O. Lummer (1860 - 1925), E. Pringsheim (1859 - 1917), F. Kurlbaum (1857 - 1927) und H. Rubens (1865 - 1922) über die spektrale Energieverteilung der Hohlraumstrahlung, die die experimentelle Grundlage der theoretischen Untersuchungen Max Plancks (1858 - 1947) darstellten und die entscheidende Anregung für Plancks Quantenhypothese bildete.

Daß man gegenüber den sich vollziehenden Umschwung von der klassischen zur modernen Physik von Beginn an sehr aufgeschlossen war, davon zeugen u. a. die Arbeiten von Gastmitarbeitern. So führte Eugen Goldstein (1850 - 1930) um die Jahrhundertwende in den Labors der Reichsanstalt Experimente über die Eigenschaften von Kathoden- und verwandter Strahlung durch und ein gutes Jahrzehnt später - im Winter 1914/15 - entdeckten Albert Einstein (1879 - 1955) und W.J. de Haas (1878 - 1960) dort den nach ihnen benann-

ten gyromagnetischen Effekt, der ja einen der ersten Hinweise für die Existenz eines Elektronenspins bot. Unter der Präsidentschaft Emil Warburgs (1846 - 1931) - der nicht zuletzt zu den maßgeblichsten Förderern der noch jungen Quantentheorie gehörte - wurde dann auch ein Laboratorium für Radioaktivität ins Leben gerufen, in dem z. B. Hans Geiger (1882 - 1945) seinen Spitzenzähler, dem Vorläufer des Geiger-Müller-Zählrohrs entwickelte.

Die Jahrzehnte um die Jahrhundertwende waren auch der eigentliche Höhepunkt im Wirken der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Insbesondere nach dem ersten Weltkrieg sank ihre wissenschaftliche Rolle als Institution der physikalischen Grundlagenforschung mehr und mehr und beschränkte sich beinahe nur noch auf eine reine Prüfungstätigkeit. Friedrich Paschen (1865 - 1947), der von 1927 bis 1933 Präsident der Anstalt war, soll einmal sarkastisch festgestellt haben, daß "die Herren aus der PTR keine Physiker sind; sie machen Aufgaben aus dem großen Kohlrausch, dies allerdings mit höchster Präzision" /7/.

Verantwortlich für diesen wissenschaftlichen Niedergang war zweifelsohne, daß mit der Entwicklung des Monopolkapitals in Deutschland sich effektivere Methoden und Institutionen - verwiesen sei hier u. a. auf die im Jahre erfolgte Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft - herausgebildet hatten, die eine wesentlich bessere Einflußnahme der monopolistischen Kreise auf die Belange der Wissenschaft gestatteten als dies im Rahmen der Reichsanstalt möglich war. Daneben zeigten die an die Anstalt herangetragenen Aufgaben auf dem Gebiet der Meßtechnik, daß diese so umfangreich waren, daß sie einen immer größeren Teil der Arbeitskapazität beanspruchten. Die so zwangsläufig erfolgende Konzentration der Arbeiten auf diese Aufgaben ließ die ursprünglichen Intensionen in Hinblick auf eine reine und im weitestgehenden Sinne praxisorientierten Forschung in den Hintergrund treten.

Der endgültige Niedergang der Anstalt wurde dann durch die Macht ergreifung des Faschismus in Deutschland noch zusätzlich gefördert, zumal der allgemeine Verfall der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung sowie der Fortgang vieler angesehener Wissenschaftler sich im Rahmen der Anstalt durch die Präsidenten-



schaft von J. Stark (1847 - 1957) und A. Esau (1884 - 19 ) - zweier exponierter Anhänger des Nationalsozialismus und der sogenannten "Deutschen Physik" - besonders verheerend ausgewirkt haben werden.

In augenfälliger Weise zeigt sich so am Beispiel der Geschichte der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, wie eng die Beziehungen zwischen Physik und Gesellschaft sind.

#### Literatur:

- /1/ H.v. Helmholtz: Über die elektrischen Maßeinheiten nach den Beratungen des elektrischen Kongresses, versammelt zu Paris 1881, in: Vorträge und Reden, Bd. 2, Braunschweig 1903, S. 293
- /2/ Helmholtz, H.v.: Denkschrift vom März 1884, in: PTB-Mitteilungen 75 (1965) 4, 431
- /2/ Siemens, W.v.: Denkschrift vom März 1883, zitiert nach: J. Zenneck: Werner von Siemens und die Gründung der PTR, Deutsches Museum Abhandlungen und Berichte 3 (1931) 1, 6
- /4/ Warburg, E.: Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Charlottenburg, Internationale Wochenzeitschrift für Wissenschaft und Technik 1 (1907) 541
- /5/ Geschäftsordnung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt aus dem Jahre 1897
- /6/ Helmholtz, H.v.: Denkschrift vom März 1884, a.a.O.
- /7/ Zitiert nach R. Rompe: Einige Bemerkungen über Helmholtz und die PTR, in: Sitzungsberichte der AdW, Heft 1/1972

#### Verfasser:

Dr. Dieter Hoffmann  
Akademie der Wissenschaften der DDR  
Institut für Theorie, Geschichte  
und Organisation der Wissenschaft  
DDR - 108 Berlin  
Otto-Nuschke-Straße 22/23





Julius Robert Mayer und der Satz von der Erhaltung der Energie

In der Einleitung zum "Anti-Dühring" schreibt Engels: "Die Natur ist die Probe auf die Dialektik, und wir müssen es der modernen Naturwissenschaft nachsagen, sich täglich häufendes Material geliefert und damit bewiesen hat, dass es in der Natur, in letzter Instanz, dialektisch und nicht metaphysisch hergeht." /1/ Bei der Behandlung seiner Auffassung über die Einheit der Welt in ihrer Materialität erklärte Engels, daß diese Auffassung bewiesen ist durch eine "lange und langwierige Entwicklung der Philosophie und Naturwissenschaft". /2/ Ein Beispiel für dieses Bewußtwerden des dialektischen Charakters der Naturvorgänge ist die Erkenntnis und Formulierung des Energieerhaltungssatzes.

Die Wissenschaft hatte mehrere Jahrhunderte benötigt, um den Weg von der bloßen Überzeugung von der Unmöglichkeit eines perpetuum mobile bis zur Entdeckung des mechanischen Wärmeäquivalents und zur Formulierung des Gesetzes von der Erhaltung und Umwandlung der Energie zurückzulegen. Mitte des 19. Jahrhunderts gab es eine Reihe dringender gesellschaftlicher Bedürfnisse nach einer Aufdeckung des Zusammenhanges von Wärmeerscheinungen und mechanischer Arbeit. Die materiellen und ideellen Bedingungen für eine Klärung dieser Fragen waren ausgereift. Dazu gehörten u. a.

- die Anwendung von Dampfmaschinen und die Untersuchungen über deren Wirkungsgrad
- die schnelle Entwicklung der kinetischen Gastheorie
- damit verbunden die Überwindung der Stofftheorie der Wärme und die Weiterführung ihres rationellen Kerns im Rahmen einer kinetischen Theorie der Wärme und
- die sich immer mehr durchsetzende Erkenntnis von der Austauschbarkeit der Energieformen.

Worin besteht nun Mayers Beitrag zur Formulierung des Energieerhaltungssatzes? Worin liegt die Spezifik seiner Herangehensweise?

Mayer hatte sich entschlossen, nach Abschluß seines Medizinstudiums als Schiffsarzt in den holländischen Kolonialdienst einzutreten. Damit werde er Gelegenheit erhalten, die Natur überhaupt und speziell die menschliche Natur "von einem sehr allseitigen Standpunkt" aus kennen zu lernen /3/. Aus den Vorlesungen seines Lehrers Autenrieth, Medizinprofessor in Tübingen, wußte Mayer, daß unter dem Einfluß des tropischen Klimas das Venenblut eine auffallend hellrote Farbe hat. Während seiner einjährigen Seereise fand Mayer diese Erkenntnis bestätigt. In tropischen Gebieten praktizierende Ärzte erzählten ihm, daß sie von diesen Erscheinungen wissen. Mayer wollte sich aber nicht mit der Feststellung von Erfahrungstatsachen begnügen. Vielmehr fragte er nach deren Ursachen. Mayers Genie bestand u. a. darin, seine Fähigkeiten des Anschauens und des Schließens auf ein Höchstmaß zu steigern und eine kritische Aufmerksamkeit für das zu haben, was an den einfachsten, alltäglichen Vorgängen erheblich ist. Mayer kannte die Lavoisiersche Theorie über den organischen Verbrennungsprozeß, derzufolge die Körperwärme ausschließlich aus einem organischen Verbrennungsprozeß resultiert. Auch der tierische Organismus ist kein perpetuum mobile. Unter tropischen Bedingungen müsse sich der Organismus dem veränderten Klima anpassen, was schließlich in einer Reduktion des organischen Oxydationsprozesses und in der Änderung der Blutfärbung zum Ausdruck kommt. Mayer schreibt: "Die Summe der von einem Thiere producirtten physischen Kräfte ist gleich der Größe des gleichzeitig erfolgenden chemischen Prozesses." /4/ Eine Klärung solcher Fragen der Physiologie mache einen direkten Bezug zur mechanischen Wärmetheorie notwendig.

Bei seinem Versuch, den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen den Naturerscheinungen aufzudecken, hatte Mayer festgestellt, daß den Lebenserscheinungen nicht nur physiologische, sondern auch physikalisch-chemische Prozesse zugrunde liegen. Mayer lehnte es ab, die Existenz einer "Lebenskraft" anzunehmen. Vielmehr wollte er den Nachweis dafür erbringen, daß die Ursache der Bewegung, die Bewegung selbst und deren Wirkung "verschiedene Erscheinungsformen ein und desselben Objekts" - nämlich der einen, in der

gesamten Natur wirkenden Kraft - sind. Insofern liege der Schlüssel für ein Verständnis grundlegender physiologischer Probleme - etwa dem der Muskelarbeit - in der Weiterentwicklung der physikalischen Naturauffassung.

Im Mai 1842 erschien Mayers Arbeit "Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur". Die große Bedeutung dieser Arbeit besteht darin, daß sie Mayers Priorität bei der Erkenntnis und Formulierung des Energieerhaltungssatzes sichert. Wenn Mayer auch nirgends den Begriff "Energie" verwendete, so enthielt das in dieser Arbeit entwickelte Prinzip von der "Erhaltung der Kraft" alle zur damaligen Zeit wesentlichen Aussagen zur Problematik der Energieerhaltung.

Durch eine enge Verknüpfung von Kraftauffassung und philosophischem Kausalitätsprinzip gelang es Mayer, sowohl das Problem der Energieerhaltung als auch das der Energieumwandlung zu erfassen. Seinen wissenschaftlichen Ausgangspunkt formulierte Mayer so: "Ein Versuch, den Begriff der Kraft ebenso präzise als den von Materie aufzufassen, dürfte Freunden klarer, hypothesenfreier Naturanschauung nicht unwillkommen sein." /5/

In Anknüpfung an Newtons "hypotheses non fingo" lehnte es Mayer ab, die Frage nach dem "inneren Wesen" von Kraft und Materie zu stellen. Mayer wollte also nicht hinausgehen über eine naturwissenschaftliche Erklärung dieser Begriffe. Nach eigener Einschätzung konnte er zur Erkenntnis des Energieerhaltungssatzes kommen, weil er das Bedürfnis dafür erkannt hatte /6/. Mayer war von allgemeinen, prinzipiellen Überlegungen ausgegangen, die er auffaßte als Widerspiegelung real existierender Sachverhalte.

Im Anschluß an die Leibnizsche These "Causa aequat effectum" zeigte Mayer, daß es auch für Kräfte eine Äquivalenz von Ursache und Wirkung gibt. Wenn eine Kraft verschwindet, so muß sie durch eine andere, gleich große Kraft ersetzt werden. Auch das Prinzip von der Unzerstörbarkeit von Ursachen finde auf Kräfte Anwendung, ganz im Sinne des bewährten Grundsatzes "Aus Nichts wird Nichts. Nichts kann zu Nichts vergehen." Wie die Ursachen, so müßten auch die Kräfte verschiedene Formen annehmen können. Mayer

schrieb: "Kräfte sind also: u n z e r s t ö r l i c h e ,  
w a n d e l b a r e , i m p ö n d e r a b l e O b j e k t e ." /7/

Mayer suchte nach einer Analogie zu dem aus der Chemie bekannten Satz von der Erhaltung der Masse. Mit Hilfe eines Satzes von der Erhaltung der Kraft könne die Physik eine Reihe von Erfahrungstatsachen besser erklären, z. B. die Unmöglichkeit eines perpetuum mobile.

Durch die von Leibniz übernommene Auffassung über eine Äquivalenz von Ursache und Wirkung erhielt Mayer Zugang zu einer dialektischen Auffassung der Problematik von Energieerhaltung und Energieumwandlung. Mayer kam zu der Erkenntnis, daß es sich um qualitativ unterschiedene Energieformen, sowohl um mechanische als auch um nichtmechanische, handelt. Mit Entschiedenheit wendete sich Mayer gegen eine Gleichsetzung von magnetischer, elektrischer, Wärmeenergie und gegen deren Reduzierung auf mechanische Energie. Weil es sich hier um Formen ein und derselben Kraft (Energie) handelt, bedeutet deren Erhaltung sowohl deren quantitative Unveränderlichkeit als auch deren qualitative Umwandelbarkeit. Mayer schrieb: "Die q u a n t i t a t i v e Unveränderlichkeit des Gegebenen ist ein oberstes Naturgesetz, das sich auf gleiche Weise über Kraft und Materie erstreckt." /8/

Mayer ist Vertreter eines naturwissenschaftlichen Materialismus. Das ist ein Materialismus mit "eigenen Zügen", der zwar von materialistischen Grundpositionen ausgeht, aber in wichtigen Fragen der Natur- und Gesellschaftsauffassung nicht über mechanistische, undialektische Positionen hinaus kommt." /9/ Engels sah die wichtigste Ursache dafür in der "philosophischen Abstinenz und Unbildung" sowie darin, daß viele Naturwissenschaftler nur die ordinärste "Vulgarphilosophie" kannten /10/.

Auch Mayer gab seinen naturwissenschaftlichen Studien eine materialistische Begründung. Aus ihnen zog er im wesentlichen materialistische Schlußfolgerungen, obwohl Mayer - in Übereinstimmung mit seiner religiösen Einstellung - die Auffassung von der Existenz einer göttlich bestimmten "prästabilierten Harmonie" zwischen Geist und Materie vertreten hatte. Aber genauso gehört es



Mayers grundlegendem Standpunkt, sich in seiner Naturauffassung von jedweder "Metaphysik" und jedwedem Agnostizismus loszusagen. Unter "Metaphysik" verstand Mayer die damalige spekulative Naturphilosophie, der er vorwarf, sich über die Tatsachen zu erheben, anstatt sie nach allen ihren Seiten hin gründlich zu untersuchen /11/.

Unter Kraft und Materie verstand Mayer objektive Realitäten, die nicht aufeinander reduzierbar sind. Eine Materie ohne Kraft sei ebensowenig möglich wie eine Kraft ohne Materie. In der Materie sah Mayer aber nur den "Träger" der Kraft, wobei er Materie ganz im Sinne von Stoff ("ponderablen, materiellen Objekten") auffaßt. Obgleich Mayer unter Bewegung die "bewegte Masse" versteht, vertritt er noch keinen philosophischen Bewegungsbegriff /12/. Vielmehr heißt es in einem Brief Mayers an seinen Freund Griesinger: "... Ist also von Bewegung die Rede, so versteht man darunter, daß eine bestimmte Masse mit einer bestimmten Geschwindigkeit sich bewege ...". Mit dem Begriff Bewegung erfasse man "alle Bewegungen, als Pendelschwingungen, Undulationen etc." /13/

Mit seinem "Kraft"begriff gelingt es Mayer, eine wesentliche Seite der materiellen Einheit der Welt zu erfassen. Er wollte zeigen, daß zwischen Arbeitsverbrauch und Wärmeerzeugung ein unveränderliches Größenverhältnis besteht. Mayer hat sich bewußt die Aufgabe gestellt, den Wert des mechanischen Wärmeäquivalents zu bestimmen. Dabei nimmt er die Ergebnisse der Gay-Lussac-Versuche zu Hilfe, die er bei seinem Pariser Aufenthalt im Jahre 1839 kennen gelernt hatte. Bereits in seiner Arbeit von 1842 schrieb Mayer: "Unter Anwendung der aufgestellten Sätze auf die Wärme- und Volumsverhältnisse der Gasarten findet man die Senkung einer ein Gas komprimierenden Quecksilbersäule gleich der durch die Kompression entbundenen Wärmemenge ..." /14/

Die Differenz der spezifischen Wärmen ergebe sich daraus, daß bei konstantem Gasdruck und veränderlichem Gasvolumen Arbeit verrichtet wird und ein der Volumvermehrung äquivalenter Verbrauch an Wärme stattfindet. Mayer wollte zeigen, daß auch hier gilt: "Nichts kann zu Nichts vergehen. Aus Nichts wird Nichts."

Vor allem auf Grund seiner nicht ausreichenden Kenntnisse in Mathematik und Physik sowie der fehlenden experimentellen Fundierung seiner Auffassung war Mayer nicht in der Lage, den Nachweis zu erbringen, daß man den Wert des mechanischen Wärmeäquivalents auch mittels anderer Methoden erhält. Mayer hatte sich im wesentlichen darauf beschränkt, über die von Physikern - insbesondere von Vertretern der experimentellen Gasphysik - vorgenommenen Experimente zu reflektieren und diese im Sinne seiner eigenen Theorie auszuwerten.

Mayers grundlegende Erkenntnisse über den Zusammenhang von physikalisch-chemischen und biologisch-medizinischen Fragen können auch für unser heutiges Wissenschaftsverständnis von großem Interesse sein. Mayer hatte den Standpunkt vertreten, daß die Physik viele Ideen hervorbringt, die auch für andere Naturwissenschaften von fundamentaler Bedeutung sind. Er blieb aber nicht bei dieser Einsicht stehen, sondern handelte danach. Das zeigt eine Analyse von Mayers Arbeiten, einige davon seien genannt: "Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel" (1845), "Beiträge zur Dynamik des Himmels" (1848), "Über das Fieber" (1862), "Über die Ernährung" (1871), "Über Erdbeben" (1870). Heute erscheinen uns viele der von Mayer entwickelten Gedanken als ganz selbstverständlich. Mayer, der von der Richtigkeit seiner Herangehensweise überzeugt war und deshalb so entschieden für die Anerkennung seiner Priorität gekämpft hatte, ist aber einen für die damaligen Verhältnisse höchst eigenwilligen Weg gegangen. Dessen sollten wir uns bewußt sein, wenn wir über das Verhältnis Mayers zu den führenden Naturwissenschaftlern seiner Zeit, u. a. zu Helmholtz, Joule, Clausius, sprechen. Dazu kommt noch, daß es über die Persönlichkeit und das wissenschaftliche Werk von Mayer recht unterschiedliche Auffassungen gibt. So gibt E. Dühring eine in vielen Fragen bis zur Entstellung der Tatsachen gehende Darstellung des Lebensweges von R. Mayer. W. Ostwald interpretiert die Mayerschen Auffassungen ganz im Sinne des Energetismus. Angesichts solcher Erscheinungen sind die Wissenschaftshistoriker und Vertreter der marxistisch-leninistischen Philosophie aufgerufen,

in gemeinsamer Arbeit die marxistische Auffassung über die Persönlichkeit und die wissenschaftlichen Leistungen von Robert Mayer weiterzuentwickeln.

#### Literatur:

- /1/ Marx, K., Engels, F.: Werke, Bd. 20, S. 22
- /2/ Ebenda, S. 41
- /3/ Mayer, J.R.: Kleinere Schriften und Briefe, Hrg. J.Weyrauch, Stuttgart 1893, S. 12
- /4/ Mayer, J.R.: Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften, Stuttgart 1867, S. 62
- /5/ Brush, S.G.: Kinetische Theorie, Bd. 1, S. 111, Berlin, Braunschweig, Oxford 1970
- /6/ Mayer, J.R.: Kleinere Schriften und Briefe, a.a.O., S. 95
- /7/ Brush, S.G.: Kinetische Theorie, a.a.O., Bd. 1, S. 112
- /8/ Mayer, J.R.: Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften, a.a.O., S. 19
- /9/ Wollgast, S.: Sind bürgerliche Naturwissenschaftler "mechanische" Materialisten? In: Wissenschaft und Fortschritt 1976, Heft 12, S. 545 ff
- /10/ Marx, K., Engels, F.: Werke, Bd. 20, S. 518
- /11/ Vgl. Mayer, J.R.: Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften, a.a.O., S. 235 ff
- /12/ Mayer, J.R.: Kleinere Schriften und Briefe, a.a.O., S. 188
- /13/ Ebenda, S. 192
- /14/ Brush, S.G.: Kinetische Theorie, a.a.O., Bd. 1, S. 117

#### Verfasser:

Dipl.-Phil. Horst Binkau  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Sektion Marxistisch-leninistische Philosophie  
DDR - 108 Berlin  
Universitätsstraße 3b



Horst Kant

Einige Aspekte der Darstellung der Physikgeschichte für die Erforschung wissenschaftstheoretischer Zusammenhänge

In der Entwicklung des Wissenschaftsverständnisses hat in den letzten Jahren die Wissenschaftsgeschichte verstärkt Beachtung gefunden. Es hat sich in breitem Maße die Erkenntnis durchgesetzt, daß wir durch die Beschäftigung mit der Wissenschaftsgeschichte die gesamte Wissenschaftsentwicklung besser begreifen und den wissenschaftlich-technischen Fortschritt besser einschätzen und beherrschen lernen.

Mikulinskij und Rodnyj verweisen darauf, daß die Wissenschaftsgeschichte nicht nur die Frage zu beantworten habe, was die Wissenschaft in dieser oder jener Periode erreicht habe, sondern vielmehr, wie, wodurch und auf welche Weise sie es erreicht hat. Damit treten neben Archivstudien und beschreibende und systematisierende Arbeiten über die Entwicklung eines Wissenschaftsgebietes verstärkt analytische Arbeiten über die logischen Zusammenhänge wissenschaftlicher Probleme und ihrer Genesis sowie über den Zusammenhang von Wissenschaftsentwicklung und Geschichtsverlauf. Die letztgenannten Aspekte sind "traditionellen" Wissenschaftshistorikern nicht fremd, aber sie gewinnen neue Dimensionen (vgl. z. B. Kröber /1/).

Die wissenschaftswissenschaftliche Forschung hat - kurz gesagt - die Aufgabe, die Mechanismen des Funktionierens von Wissenschaft in der Gesellschaft aufzudecken und so handhabbar zu machen, daß sie in die Planung und Steuerung gesamtgesellschaftlicher Prozesse bewußt und aktiv einbezogen werden können. Die Wissenschaftstheorie versucht, diesen Forschungen ein theoretisch-methodologisches Fundament zu geben.

In Anlehnung an Kants "Streit der Fakultäten" formulierte König: "Wissenschaftstheorie ohne Wissenschaftsgeschichte ist leer" Wissenschaftsgeschichte ohne Wissenschaftstheorie ist blind." /2/ - damit auf die enge Wechselbeziehung zwischen beiden aufmerksam machend. Die bürgerlichen Wissenschaftstheoretiker



feiern Thomas Kuhn als denjenigen, der mit seinem 1962 erschienenen Buch "The structure of scientific revolutions" den Anstoß für eine wissenschaftshistorische Orientierung der neueren Wissenschaftstheorie gegeben habe. In der Tat enthält dieses Werk, in dem von einer historischen Analyse und Interpretation der Mechanismen der Wissenschaftsentwicklung ausgegangen wird, wichtige Ansatzpunkte für die moderne wissenschaftstheoretische Forschung, die die Diskussionen sehr befruchtet haben; für den marxistischen Wissenschaftler ist diese Herangehensweise jedoch nicht neu.

Die Begründungen, die bürgerliche Wissenschaftler - beispielsweise Mittelstrass /3/ - dafür suchen, warum die Wissenschaftstheorie sich heutzutage wieder verstärkt mit der Wissenschaftsgeschichte verbindet, nachdem in den Arbeiten von Popper, Stegmüller u. a. im wesentlichen eine logisch-methodische, von der Historie unabhängige Begründung der Wissenschaftstheorie versucht wurde, erscheinen dagegen formal und unhistorisch. Spätestens seit dem erstmaligen Auftreten sowjetischer Wissenschaftler auf dem II. Kongreß für Wissenschaftsgeschichte 1931 in London sollte die historisch-materialistische Auffassung von der sozialökonomischen Determiniertheit der Wissenschaft allgemein sein. Über die Bedeutung wissenschaftshistorischer Studien für die Aufdeckung allgemeiner Gesetzmäßigkeiten der Erkenntnis, also wesentlicher wissenschaftstheoretischer Fragestellungen, finden wir konkrete Hinweise beispielsweise bereits in Lenins "Philosophischen Heften" /4/.

Manchmal wird auch gesagt, Wissenschaftsgeschichte sei das billigste Experimentierfeld der Wissenschaftstheorie. Diese etwas einseitig-pragmatische Auffassung des Gesamtzusammenhangs der Wissenschaftsentwicklung hat durchaus einen rationalen Kern. Aus wissenschaftshistorischer Sicht liegen sozusagen "abgeschlossene" Vorgänge vor. Fragen der Theorienbildung, der Kreativität von Wissenschaftlerkollektiven, der Anerkennung wissenschaftlicher Ideen, der Mechanismen der Überleitung wissenschaftlicher Ergebnisse, oder Angaben zur Entwicklung bestimmter Gebiete und Probleme - um nur eine Auswahl wissenschaftstheoretischer

Fragestellungen zu nennen - lassen sich in allen Konsequenzen untersuchen.

Wissenschaftsentwicklung ist eben ein historischer Prozeß. - Diese kurze Betrachtung über das Verhältnis von Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsgeschichte macht deutlich, daß es keine gegenwärtige Modeerscheinung ist, wenn wissenschaftstheoretische Arbeit vornehmlich auf wissenschaftshistorischer Forschung aufbaut. Ich möchte dies am Beispiel der Forschungen zum Zyklus Wissenschaft-Technik-Produktion erläutern. Dabei geht es vor allem um die Erforschung der Probleme des Zusammenwirkens von Grundlagenforschung, angewandter Forschung, technischer und technologischer Entwicklung und Produktion sowie um die Untersuchung von Faktoren, von denen die Erhöhung der Effektivität vor allem der wissenschaftlichen Forschung in diesem Gesamtprozeß abhängt.

Unsere Analyse der Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft, Technik und Produktion ergab /5/, daß diesen Prozessen - insbesondere vom methodologischen Standpunkt - eine gewisse Zyklizität zugrunde liegt. Solch ein Zyklus läßt sich in Phasen einteilen, die als Theorienbildung, Technische Realisierung, Produktionsrealisierung (Ökonomisierung) und Industrielle Ausdehnung bezeichnet werden.

Diese vier Phasen bilden relativ selbständige Teilsysteme innerhalb des Gesamtzyklus mit einer jeweils eigenen inneren Logik ihres Funktionierens. Sie sind untereinander durch Speicher verbunden. Dadurch ist es möglich, die verschiedenen Phasen zu unterschiedlichen Zeiten und an unterschiedlichen Orten zu realisieren. Der konkrete Verlauf des Zyklus wird sozialökonomisch und politisch determiniert.

Die Beherrschung des Gesamtzyklus wird wesentlich bestimmt durch das Erkennen und Meistern der sogenannten "kritischen Punkte" im Zyklus. Diese "Schaltstellen", insbesondere an den Phasenübergängen, sind vor allem deshalb "kritisch", weil an ihnen Entscheidungen getroffen werden, die für längere Planungszeiträume bestimmend sind, deren Wirken aus objektiven Gründen aber schwer abschätzbar ist. Außerdem setzen an diesen Punkten oft neue Zyklen an, fließen Erkenntnisse aus anderen Zyklen ein usw.

Solche kritischen Punkte sind beispielsweise:

- der Übergang von einer allgemeinen Theorie zu einer Theorie spezieller Phänomene (innerhalb der 1. Phase)
- der Übergang von der theoretischen zur experimentellen Prinziplösung (am Beginn der 2. Phase)
- der Übergang von der Laborlösung zur produktionstechnischen Realisierung.

Für die Planung der für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt zu lösenden Aufgaben ist es u. a. wesentlich, Entscheidungsbedingungen für die einzelnen Phasen vorgeben zu können, die für die zu schaffenden Bedingungen und die zur Verfügung zu stellenden Potentiale Aussagen erbringen könnten.

Am Beispiel der Entwicklung der Halbleiterphysik, speziell des Transistors, seien das vorgestellte Zyklusmodell kurz veranschaulicht und dabei einige wissenschaftstheoretische und wissenschaftshistorische Problemstellungen angedeutet /6/.

Die Phase der Theorienbildung begann mit der Aufstellung der Quantentheorie und dem Bemühen, die allgemeinen Aussagen dieser Theorie für spezifische Phänomene (u. a. Halbleiter) zu testen - zunächst bei den meisten Wissenschaftlern ohne praktische Ambitionen (Ausnahmen Joffé, Schottky).

Die Entdeckung des Transistoreffektes und der Bau des ersten Spitzenkontakttransistors schloß die Phase der Technischen Realisierung ab und leitete zur Suche nach Möglichkeiten der Produktionsrealisierung über.

Als Voraussetzungen für die technische Realisierung genügte aber nicht allein die Beherrschung der Theorie. Die ganzen phänomenologisch gewonnenen Erkenntnisse über die Eigenschaften von Halbleitern sind Voraussetzung. Damit im Zusammenhang steht die Beherrschung von Methoden wie Ätzen, Dotieren, Reinstdarstellung, Ziehen von Einkristallen u. a.

Wichtig ist jedoch - und deshalb bildet sie zunächst die 1. Phase des Zyklusmodells - die Theorie. Die phänomenologischen Eigenschaften der Halbleiter waren Ende vorigen Jahrhunderts schon

recht gut bekannt und Halbleiter fanden ihre erste kommerzielle Verwertung in großem Umfang um 1900 als Detektoren und Photozellen. Aber sie verschwanden wieder aus dem kommerziellen Bereich, eben weil eine Theorie fehlte, die die inneren Mechanismen ihres Funktionierens erklärt und dadurch eine Produktion mit fixierten Parametern ermöglicht hätte.

Der Transistorzyklus ist offenbar nur ein Teilzyklus innerhalb des Halbleiterzyklus. Der gesamte Halbleiterzyklus enthält eine starke Verkopplung von verschiedensten Teilzyklen, die an den verschiedensten Punkten des Gesamtzyklus ansetzen. Damit wird das ganze Modell sehr komplex und zunächst wenig handhabbar. Für eine Vielzahl von Aussagen genügt es, sich auf Teilzyklen zu beschränken, vor allem, wenn es um Faktoren geht, die das "innere" Funktionieren des Zyklus betreffen.

Eine wichtige Fragestellung für die Effektivität des Forschungsprozesses und des Überleitungsprozesses ist auch die Zusammensetzung der Forschungsgruppen. Das Problem tritt u. a. in der Phase der Technischen Realisierung auf, beim Übergang von der theoretischen zur technischen Prinzipiellösung. Wichtige Leitungsentscheidungen, die von materiellen und personellen Aspekten stark beeinflußt werden, müssen getroffen werden. Bezogen auf die Transistorentwicklung wurden eine Reihe von Forschungsgruppen gebildet, die das Problem von verschiedenen Seiten angingen, wobei zunächst die Grundlagengruppe um Shockley Vorrang hatte. Die verschiedenen Motivationen des Forschers spielen hier eine Rolle, ebenso die richtige Kopplung der einzelnen Kollektive. Die Entwicklungsgruppe um Morton hatte beispielsweise anfangs nur die Aufgabe zu lernen, was in der Grundlagengruppe gemacht wurde.

Ein weiterer Aspekt sei angedeutet: Wir versuchen im allgemeinen die innere Logik der Wissenschaftsentwicklung aus heutiger Sicht zu betrachten, Fehlschläge und falsche Wege nur am Rande zu erwähnen, um sie evtl. philosophisch zu interpretieren. In letzter Zeit wurden diese Aspekte interessanter im Zusammenhang mit der Kreativitätsforschung und den Fragen der Anerkennung wissenschaftlicher Ideen. Aber auch unter einem anderen wissenschafts-



theoretischen Aspekt gewinnen sie an Bedeutung für den Zyklus W-T-P. Bei vielen Innovationen wird zunächst versucht, ein bekanntes Prinzip schematisch zu übertragen und erst beim Mißlingen dieses Versuches wird dazu übergegangen, eine neue theoretische Prinziplösung zu finden. So wurde bekanntermaßen zuerst versucht, ein Verstärkerbauelement auf Halbleiterbasis zu entwickeln, indem das Prinzip der gittergesteuerten Verstärkerröhre auf den Halbleiter übertragen wurde (z. B. Versuch von Hilsch und Pohl (1939) am Kaliumbromideinkristall). Balász zeigt, daß bei allen bedeutenderen Innovationen diese sogenannte Methode des direkten Weges fehlschlägt /7/. Jedoch läßt sich dieser Weg kaum umgehen. Das hängt damit zusammen, daß jedes neue technische Problem zunächst auf der Grundlage des vorhandenen theoretischen Wissens zu lösen versucht wird, und eine theoretische Problemstellung daraus erst erwächst, wenn dieser Versuch ohne Erfolg bleibt.

Die hier angerissenen wissenschaftstheoretischen Fragestellungen machen zweierlei deutlich:

- Nur anhand wissenschaftshistorischer Analysen lassen sich Aussagen gewinnen, welche Bedingungen gegeben sein müssen, um die Effektivität des Zyklus W-T-P im Rahmen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts zu sichern.
- Die wissenschaftshistorischen Analysen müssen in einer Weise geführt werden, wie sie bisher nicht sehr verbreitet waren.

Wenn wir die Situation genau erfassen wollen, die beispielsweise zur Entwicklung des neuen Verstärkerbauelements Transistor führte, dann müssen wir eben einerseits wissen, welche wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen - rein faktenmäßig - gegeben sein mußten, aber auch, welche konkreten gesellschaftlichen Bedingungen und Konstellationen dazu geführt haben, daß gerade in den Bell Laboratories dieses Programm aufgestellt und mit Erfolg durchgeführt werden konnte /8/. Das verlangt aber eine sehr breite Kenntnis der verschiedenen Aspekte, verlangt ein tieferes Eindringen und Verstehen physikalischer, technischer, ökonomischer u. a. Zusammenhänge.



Der Zyklus W-T-P wird in seiner Totalität eigentlich erst in der gegenwärtigen Phase des wissenschaftlich-technischen Fortschritts wirksam. Das verlangt einerseits, besonders die Wissenschaftsentwicklung der letzten 30 bis 40 Jahre zu analysieren - wissenschaftshistorisch ist jedoch hier bisher kaum etwas geschehen. Zum anderen bedeutet das aber, daß die wissenschaftstheoretischen Aussagen zum Zyklus z. Z. nur an Einzelbeispielen geprüft werden können, die nur bedingt als Beispiele für den Zyklus anzusehen sind.

Auth wies kürzlich auf einige Anforderungen hin, denen wissenschaftshistorische Forschungen genügen müßten, wenn sie wirksame Aussagen für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt erbringen sollen: /9/

1. Sie müssen den Zusammenhang zu den technischen und volkswirtschaftlichen Entwicklungsprozessen, durch die wissenschaftliche Entwicklung ermöglicht wurde und die sie auslösten, mit zum Gegenstand der Untersuchung haben und dürfen sich nicht auf die Behandlung der bloßen naturwissenschaftlichen Entdeckung reduzieren.
2. Sie müssen eine sehr tiefe naturwissenschaftliche, technische und teilweise auch ökonomische Analyse beinhalten und dürfen nicht an der Oberfläche der Erscheinungen stehenbleiben.
3. Sie müssen bis an die aktuellsten Entwicklungen der Gegenwart herangeführt werden.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß eine Vielzahl neuer Aspekte der wissenschaftshistorischen Aufarbeitung unter dem Gesichtspunkt der Analyse des Zyklus Wissenschaft-Technik-Produktion berücksichtigt werden müssen, die es notwendig machen, umfangreiche primär wissenschaftshistorische Arbeiten in die wissenschaftstheoretische Analyse einzubeziehen. Es besteht also kein Gegensatz, sondern eine dialektische Einheit zwischen Wissenschaftsgeschichte, Fachwissenschaft und Wissenschaftstheorie, und die gilt es in der unmittelbaren Arbeit deutlich werden zu lassen.

#### Anmerkungen:

- /1/ Kröber, G.: Wissenschaftswissenschaft und Wissenschaftsgeschichte; Spektrum 8 (1977) 5, S. 5-9
- /2/ König, G.: Was heißt Wissenschaftstheorie? Düsseldorfer Philosophische Bausteine III, Philosophia Verlag, Düsseldorf 1971, S. 52
- /3/ Mittelstraß, J.: Historismus in der neueren Wissenschaftstheorie, in: Studia Leibnitiana, Sonderheft 6, Die Bedeutung der Wissenschaftsgeschichte für die Wissenschaftstheorie, Franz Steiner Verlag Wiesbaden 1977, S. 43 - 61
- /4/ Lenin, W.I.: Philosophische Hefte, Werke Bd. 38, Dietz Verlag Berlin 1973, S. 335 und 137
- /5/ vgl. z. B. Albrecht, E., Kant, H.: Philosophische Probleme des Zyklus Wissenschaft-Technik-Produktion, DZfPh 24 (1976) 3, S. 245 - 260
- /6/ zu den historischen Fakten vgl. z. B.  
Kant, H.: Der Einfluß gesellschaftlicher Bedürfnisse auf Herausbildung und Entwicklung der modernen Halbleiterphysik, Vortrag auf dem Kolloquium "Herausbildung wissenschaftlicher Disziplinen in der Geschichte" an der WPU, Rostock 17./18. November 1977
- /7/ Balász, T.: Ist das "beschleunigte Tempo" ein Postulat? erscheint in Wiss.Z. HUB, Gewi-Reihe 26 (1977) 5
- /8/ vgl. hierzu z. B. Kant, H.: Zu einigen Fragen der Konzipierung von Forschungsstrategien am Beispiel der Transistorentwicklung, Vortrag auf der Konferenz "Strategienbildung in Wissenschaft und Technik" an der Sektion WTO der HUB, Berlin 26. - 28. April 1978 (erscheint demnächst)
- /9/ Autho, J.: Wissenschaftsgeschichte und wissenschaftlich-technischer Fortschritt, Vortrag auf einem Kolloquium der Sektion MI-Philosophie der HUB, Dez. 1977 (erscheint demnächst)

#### Verfasser:

Dr. Horst Kant  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Sektion Wissenschaftstheorie- und -organisation  
DDR - 1086 Berlin  
Postfach 1297

Zur Förderung der praxisorientierten Physikausbildung durch die Lehrveranstaltung Geschichte der Physik

Im Frühjahrssemester 1977 wurde in Jena nach einer Pause von 45 Jahren wieder mit der Vermittlung physikhistorischer Kenntnisse - entsprechend den Festlegungen des 1973 eingeführten präzisierten Studienplanes - im Rahmen einer Lehrveranstaltung über ausgewählte Probleme der Geschichte der Physik für Physikstudenten des 4. Studienjahres begonnen. Seit Anfang 1978 liegt ein verbindliches Lehrprogramm vor, das eine Geschichte der Naturwissenschaften unter besonderer Berücksichtigung der Physik vorsieht. Die folgenden Darlegungen lassen sich ohne Einschränkung auf das weitergefaßte Lehrgebiet "Geschichte der Naturwissenschaften/Physik" übertragen.

1. Zum Anliegen der Lehrveranstaltung

Mit der Einführung der neuen Lehrveranstaltung war für uns unter anderem auch die Zielstellung verbunden, die praxisorientierte Physikausbildung bewußt zu unterstützen. Stellt doch in unserer sozialistischen Gesellschaftsordnung die Praxisbezogenheit aller Ausbildungsschritte an den Hochschulen ein wichtiges gesellschaftliches Erfordernis dar. In seiner Orientierung für das Studienjahr 1977/78 betonte H.-J. Böhme, Minister für Hoch- und Fachschulwesen, daß gegenwärtig in der Ausbildung dringlicher denn je die Aufgabe stehe, "jene wissenschaftlichen Erkenntnisse und praktischen Erfahrungen stärker zur Geltung zu bringen, die für die Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts von fundamentaler Bedeutung sind, die letztlich darüber entscheiden, wie die zukünftigen Absolventen den Fortschritt in Wissenschaft, Technik und Produktion nachhaltig und umfassend für die gesamtgesellschaftliche Entwicklung fördern. Das bedeutet z. B. für die Ausbildung der angehenden Naturwissenschaftler, die Lehre der Physik, der Chemie, der Biologie, der Geologie und Geophysik einerseits auf einem hohen theoretischen

schen, die neuesten Erkenntnisse fortgeschrittener Forschung berücksichtigenden Niveau durchzuführen und gleichzeitig verstärkt die Anwendung der Theorie auf die Lösung technisch-technologischer Probleme zu lehren" /1/. In bezug auf die Ausbildung in der Wissenschaftsgeschichte brachte er die Erwartung zum Ausdruck, daß sie "zur weiteren Ausprägung des sozialistischen Bewußtseins unserer Studenten beiträgt, daß der untrennbare Zusammenhang von gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Entwicklung im historischen Prozeß tiefer studiert und erfaßt und damit auch das grundlegend Neue der Stellung der Wissenschaft und der gesellschaftlichen Verantwortung des Wissenschaftlers im Sozialismus bewußter wird" /1/.

Auf der Konferenz zur "Vermittlung und Aneignung des Kulturerbes und der Traditionen an der sozialistischen Hochschule" vergangenen Jahres in Jena versuchte der Autor in seinem Beitrag am Beispiel der Entwicklung des optischen Gerätebaus des 19. Jahrhunderts in München und Jena sowie am Beispiel des politischen Mißbrauchs der Physikgeschichte durch die Physiker Stark und Lenard deutlich zu machen, daß viele Schätze der Physikgeschichte brachliegen, die es durch die Lehrveranstaltung für die Fachausbildung und kommunistische Erziehung der Studenten systematisch zu nutzen gilt. Auf der Grundlage des Marxismus-Leninismus werden unter Berücksichtigung der verschiedensten Aspekte (z. B. Förderung und Vertiefung des Geschichtsbewußtseins und der wissenschaftlichen Weltanschauung der Arbeiterklasse, Darstellung der Physikentwicklung an der eigenen Universität sowie die der Entstehung und Weiterentwicklung des wissenschaftlichen Mikroskop- und Gerätebaues in Jena) "vor allem die gesellschaftliche Determiniertheit und die innerlogischen Triebkräfte" des immensen Erkenntniszuwachses herausgearbeitet, "um das heute in der Physik Gewordene sowie die gesellschaftliche Stellung und Bedeutung der Physik als unmittelbare Produktivkraft in unserer sozialistischen Gesellschaftsordnung besser zu verstehen" /2/. Solche bedeutende Physiker der Vergangenheit wie Galilei, Guericke, Huygens, Newton, Watt, Fraunhofer, Fresnel, Faraday, Mayer, Abbe, Hertz, um nur einige zu nennen, sind uns nicht nur Vorbild durch ihre Beiträge zur Physikentwicklung, in ihren po-



litischen und weltanschaulichen Haltungen zu Problemen ihrer Zeit, in ihrer Liebe zum Fach, mit ihrem Fleiß und ihrer Beharrlichkeit in der Arbeit, in ihrem Ringen bei der Durchsetzung des Neuen, sondern vor allem durch ihre enge Praxisverbundenheit. Deshalb kommt der Darstellung ihrer Leistungen auf experimentellem und physikalisch-technischem Gebiet eine besondere Bedeutung zu. An einem Beispiel aus der Mechanikentwicklung, an Galileo Galilei (1564 - 1642) und Christian Huygens (1629 - 1695) soll dieses Anliegen etwas verdeutlicht werden.

## 2. Ein Beispiel aus der Entwicklung der Mechanik

Galileis wissenschaftliches Wirken begann mit der Beschäftigung der Mechanik. Seine erste, 1593 erschienene Schrift beschrieb nicht nur die wichtigsten Maschinen, sondern auch die mechanischen Prinzipien einiger mechanischer Mittel wie Rolle, Schraube, Kran, Hebel, Pumpe usw. Galilei hatte zeit seines Lebens eine enge Verbindung mit der materiellen Produktion, mit Handwerkern, Meistern und Ingenieuren, beschäftigte selbst einige von ihnen in seinem eigenen technischen Atelier über ein Jahrzehnt hinweg. Kein Wunder, daß er seine Aufgaben, insbesondere seine Bewegungslehre, aus dem Stand der Produktivkräfte und den daraus sich ergebenden Bedürfnissen ableitete. Schuhmacher bringt das in folgender Weise zum Ausdruck: "Wenn Galilei als Begründer der Mechanik und Dynamik in die Geschichte der Naturwissenschaften eingegangen ist, dann deshalb, weil er auf besonders enge Weise mit dieser materiellen Produktion verbunden war und weil andererseits die Mechanisierung des Produktionsprozesses bereits eine solche Entwicklung erfahren hatte, daß geometrisch-mathematische Verallgemeinerungen der den technisch-physikalischen Vorgängen zugrundeliegenden Naturgesetzmäßigkeiten vorgenommen werden konnten." /3/ Und an anderer Stelle: "Galilei wäre ohne die Verbindung mit diesen Repräsentanten einer neuen Form der Naturbeherrschung und der Produktion des materiellen Lebens, ohne den ständigen Kontakt mit den Produzenten niemals zu den wissenschaftlichen Erkenntnissen gelangt, die wir ihm verdanken." /3/



Ausgehend vom Bedürfnis einer genauen Zeitmessung versuchte Galilei, das Pendel, dessen Isochronismus (der nur für kleine Pendelausschläge gilt und nicht für beliebige, wie er das angab) er fand, als Zeitmesser zu nutzen. Er dachte sich einen entsprechenden Mechanismus aus, um das Pendel mit einem Zählwerk zu verbinden. Bereits erblindet, diktierte er die Zeichnung seinem Sohn und einem Schüler kurz vor seinem Tod. Beide versuchten erfolglos die Uhr zu bauen. Erfolgreicher war Huygens, der als der Erfinder der Pendeluhr gilt und 1657 darüber ein Patent erwarb. Dabei benutzte er das Pendel nicht für den periodischen Antrieb der Uhr, sondern als Gangregler einer durch sinkende Massestücke betriebenen Räderuhr. Im Bestreben, die Pendeluhr zu verbessern, führte er vor allem in der Zeit zwischen 1657 und 1673 ausgedehnte mathematische und physikalische Untersuchungen durch, wobei er anknüpfend an Galilei die Mechanik in ihrer Entwicklung einen wesentlichen Schritt voranbrachte. Im Zusammenhang mit der Konstruktion einer Schiffsuhr suchte Huygens zunächst nach einer Pendelart, deren Schwingungsdauer unabhängig vom Ausschlag ist und fand diese im Zykloidenpendel. Dabei hatte er "eine neue Untersuchung über die Abwicklung von krummen Linien" /4/ durchgeführt, wodurch er damit zum Begründer der gesamten Theorie der Evolventen und Evoluten wurde. Des weiteren suchte er nach einer Methode, den Schwingungsmittelpunkt eines physikalischen Pendels zu bestimmen. Diese ihm 1646 von dem französischen naturforschenden Theologen Marin Mersenne (1588-1648) übertragene Aufgabe, an deren Lösung sich auch René Descartes (1596-1650) u. a. versuchten, wurde zunächst nicht gelöst. Erst in seinem Werk: "Horologium Oscillatorium" (Pendeluhr) von 1673 teilte Huygens die Lösung dieser Aufgabe und in Verbindung damit viele neue physikalische Erkenntnisse mit, z. B. wurde er bei der Betrachtung über die Spannung des Fadens eines mathematischen Pendels auf die Zentrifugalkraft geführt und gab 13 Sätze über die Fliehkraft bei kreisförmiger Bewegung an. Dadurch, daß er für die Kreisbewegung die Zentrifugalkraft gegenüber Galilei, der die Kreisbewegung noch ohne Kräfte betrachtete, einführte, konnte er das Trägheitsgesetz von Galilei präzisieren. Im 2. Abschnitt seines

Werkes : "Fall schwerer Körper und ihre Bewegung längs einer Zyklode" lautet die erste Voraussetzung: "Wenn die Schwere nicht wirkte, und die Luft die Bewegung der Körper nicht behinderte, so würde jeder Körper die einmal erlangte Bewegung mit der gleichen Geschwindigkeit geradlinig fortsetzen." /4/

Wenn auch die von Huygens konstruierten Pendeluhrn sich in der Folgezeit nicht durchsetzten, einmal waren die Bleche nur schwer zyklodisch zu krümmen, zum anderen wirkten sich die Steifheit des Fadens, der Staub und die Feuchtigkeit ungünstig aus, Huygens führte dann ab 1675 die Unruhe ein, deren Erfindung er sich mit Robert Hooke (1635 - 1703) teilt -, so hat Huygens durch die Erfindung und ständige Verbesserung der Pendeluhr die Mechanik von Galilei wesentlich weiterentwickelt, weil er sich nicht nur auf die Verbesserung der Uhren beschränkte, sondern die Pendelbewegung physikalisch und mathematisch nach allen Seiten hin untersuchte.

### 3. Zum Wechselverhältnis von Physik und Technik

War bei Huygens als ein Ausgangsobjekt seiner Untersuchungen die Pendeluhr, so waren es z. B. bei Otto von Guericke (1602 - 1686) die Luftpumpe, bei James Watt (1736 - 1819) die Dampfmaschine, bei Joseph Fraunhofer (1787 - 1826) das Fernrohr und bei Ernst Abbe (1840 - 1905) das Mikroskop, wobei in jedem Fall nicht nur bedeutende technische Fortschritte erzielt wurden, sondern auch die Physik wesentlich bereichert wurde. Im allgemeinen wird jedoch das letzte weniger beachtet, weil das Verhältnis von Physik und Technik oft einseitig in der Weise gesehen wird, daß die Physik von heute die Technik von morgen ist.

Nun hatten nicht alle bedeutenden Physiker (vor allem des 19. und 20. Jahrhunderts) so weitreichende Bindung zur Technik und zur Praxis gehabt wie die oben Genannten. Man denke vor allem an theoretische Physiker, aber auch an einige Experimentalphysiker, denen es vorrangig um eine "reine" Forschungstätigkeit ging. Die bürgerlich-idealistische Philosophie, die eine Erforschung der Natur um der reinen Erkenntnis willen nach dem Vorbild der Antike, in der "die wissenschaftliche Tätigkeit als

'reine Seligkeit ununterbrochener geistiger Freude', als etwas 'Höheres' und 'Göttliches' im Vergleich zu den praktischen Lebenstätigkeiten" /5/ galt, predigte, förderte die "reine", "zweckfreie" Erkenntnissuche. Es ist daher auch kein Wunder, wenn in der bürgerlichen Gesellschaft zwischen "reiner" und "technischer" Physik unterschieden wurde. Bemerkenswert hierzu ist eine Äußerung von W. Westphal aus dem Jahre 1947: "Das ursprüngliche Motiv physikalischer Forschung ist einzig und allein der reine und völlig uneigennützige Drang nach Erkenntnis, völlig fern von jedem Gedanken an einen Nutzen, an eine technische Anwendung. Solche rein wissenschaftlich auf Erkenntnis ausgerichtete Forschung bezeichnet man als Grundlagenforschung. An ihre Seite aber tritt nun die physikalische Zweckforschung, deren Aufgabe es ist, die Ergebnisse der Grundlagenforschung für die Zwecke der Technik nutzbar zu machen. So teilen sich die Physiker, im großen gesehen, in zwei Gruppen: die rein wissenschaftlich orientierten Physiker, welche meist an den Hochschulinstituten und einigen anderen reinen Forschungstätten Grundlagenforschung treiben, und die - viel zahlreicher - technischen Physiker, die überwiegend in den Laboratorien der Industrie mit Zweckforschung beschäftigt sind." /6/ Diese geschilderte Situation ist z. B. in Großbritannien (vgl. /7/) noch heute anzutreffen.

Welches Verhältnis zwischen der reinen und technischen Physik bestand, geht beispielsweise aus einer Einschätzung aus dem Jahr 1930 hervor: "Die technische Physik gilt zwar bei Manchen auch heute noch für nicht ganz so vornehm wie die reine Physik. Immerhin werden auch die Vertreter der reinen Physik, wenn sie nicht ganz weltfremd sind, zugeben müssen, daß auch die Physik als Wissenschaft der technischen Physik nicht nur eine Menge von Problemen, sondern auch ausgezeichnete neue Hilfsmittel für die physikalische Forschung verdankt, daß also nicht nur die technische Physik auf die reine, sondern auch die reine auf die technische angewiesen ist." /8/ Das wechselseitige Verhältnis, das hier zwischen reiner und technischer Physik konstatiert wurde, besteht allgemeiner zwischen Physik und Technik.

#### 4. Unterstützung der Studienmotivation

Im Sozialismus ist eine "reine" Forschungstätigkeit nicht ausreichend. Sie muß mit dem Bestreben gepaart sein, die Wissenschaft zum Wohle der sozialistischen Gesellschaft zu nutzen, indem die zu lösenden Forschungsaufgaben "stets zugleich aus den Bedürfnissen der Gesellschaft, aus den Reproduktionsbedingungen der sozialistischen Volkswirtschaft und dem Entwicklungsstand der jeweiligen Wissenschaftsdisziplin" /9/ abzuleiten sind. Daher wird auch nicht zwischen reiner und technischer Physik unterschieden. Aufgabe der Physikabsolventen ist es, "durch Anwendung, Verbreitung und Erweiterung des Kenntnisstandes der Physik als der Wissenschaft von den Gesetzmäßigkeiten der unbelebten Natur, den grundlegenden Bewegungsgesetzen der Materie und ihren fundamentalen Strukturen zur Entwicklung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts und damit der materiell-technischen Basis der Volkswirtschaft beizutragen" /10/. Mit der "Anwendung, Verbreitung und Erweiterung des Kenntnisstandes der Physik" ist das gesamte Betätigungsfeld des Physikers im Zyklus Forschung-Produktion umrissen, der nach einem sowjetischen Wissenschaftsökonom /11/ aus 6 grundlegenden Stadien, aus Grundlagenforschung, angewandter Forschung, Entwicklungsarbeiten, Versuchsproduktion neuer technischer Objekte, Serienproduktion der neuen Technik und schließlich Nutzung der Technik besteht. Die Tätigkeit des Physikers beschränkt sich nicht nur auf die ersten beiden Stadien der Grundlagen- und angewandten Forschung, sondern bezieht sich auf alle Stadien dieses Zyklus, wobei der einzelne Physiker verschiedene Stadien bearbeiten kann und wird (z. B. bei Überföhrungsaufgaben). Dabei ist keineswegs daran gedacht, daß der Physiker in der Praxis zum Technologen umprofiliert wird, sondern daß er bei den volkswirtschaftlichen und technischen Problemen seine spezifischen Aufgaben erkennt und diese mit physikalischen Methoden, Verfahren und physikalisch-technischen Mitteln lösen hilft (vgl. auch /12/).

In den zurückliegenden Jahren traten während der Absolventenvermittlung bei manchen unserer Studenten, sobald es konkret



wurde, daß sie sich für eine der angebotenen Industriestellen entscheiden sollten, falsche Vorstellungen, Vorbehalte oder Zurückhaltungen zutage, besonders dann, wenn der Einsatz ihnen zu technisch erschien. Es bedurfte mitunter nicht wenige Diskussionen, um die Studenten von der volkswirtschaftlichen Notwendigkeit zur Besetzung von zumutbaren Industriestellen zu überzeugen, ihre persönlichen Interessen mit den gesellschaftlichen in Einklang zu bringen.

In der Lehrveranstaltung, die zur gleichen Zeit (8. Semester) wie die Absolventenvermittlung durchgeführt wird, kommt es darauf an, daß überall dort, wo es sich anbietet, das Wechselverhältnis von Physik und Technik, die unmittelbaren technischen Anwendungen neuer physikalischer Erkenntnisse, die Bedeutung der Technologie sowie die Praxisverbundenheit bedeutender Physiker bewußt herausgestellt wird, weil dies mit dazu beiträgt, die Motivierung der Physikstudenten für ihren künftigen Praxiseinsatz zu unterstützen. Auf diese Weise kann die Lehrveranstaltung neben einem tieferen Verständnis für das "Handwerkzeug" der Physik auch wesentlich "zur ideologischen Klärung des Berufsbildes eines sozialistischen Physikers und zur Förderung sozialistischer Haltungen bei Physikstudenten" /2/ beitragen.

#### Literatur:

- /1/ Böhme, H.-J.: Zur weiteren Realisierung der sozialistischen Hoch- und Fachschulpolitik der DDR im Studienjahr 1977/78, in: Das Hochschulwesen (Berlin) 25 (9) 226 und 227 (1977)
- /2/ Wittig, J.: Zu einigen Aspekten der Physikausbildung im Zusammenhang mit der Pflege des Kulturerbes, in: Kulturerbe und Tradition an der Sozialistischen Hochschule, Jena 1978 S. 144
- /3/ Schuhmacher, E.: Der Fall Galilei. Das Drama der Wissenschaft, Berlin 1964, S. 24/25 und 27
- /4/ Huygens, Chr.: Die Pendeluhr, Horologium oscillatorium, 1673, in: Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 192, Leipzig 1913, S. 4 und 27
- /5/ Wagner, K.: Naturwissenschaft und Humanismus. Zur weltanschaulichen Position Walther Gerlachs, Berlin 1969, S. 26



- /6/ Westphal, W.: Physik und Technik gestern, heute und morgen, in: Der weite Horizont, Beiträge zur Erziehung, 2. Heft, Rudolstadt 1947, S. 5/6
- /7/ Burhop, E.H.S.: Das Verhältnis Universität : Industrie in Großbritannien, in: Wissenschaftliche Welt (Berlin) 21 (2) 10 (1977)
- /8/ Zenneck, J.: Technische Physik, in: Aus Fünfzig Jahren Deutscher Wissenschaft, die Entwicklung ihrer Fachgebiete in Einzeldarstellung, Hrg.: Abb, G., Leipzig 1930, S. 328
- /9/ Protokoll des IX. Parteitages der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands, Bd. 2, Berlin 1976, S. 243
- /10/ Studienplan für die Grundstudienrichtung Physik, 3. Auflage, Berlin 1976, S. 1
- /11/ Basin, M.L.: Effektivität der Grundlagenforschung, Berlin 1977
- /12/ Ulbricht, H.: Zur Stellung der Physik und des Physikers in der sozialistischen Gesellschaft, in: Rostocker Physikalische Manuskripte, Heft 1: Physik und Gesellschaftswissenschaften, Rostock 1977, S. 98

Verfasser:

Dr. Joachim Wittig  
 Friedrich-Schiller-Universität Jena  
 Sektion Physik  
 DDR - 69 Jena  
 Max-Wien-Platz 1

Für einige Hinweise möchte ich Herrn Doz. Dr. sc. K. Hehl herzlich danken.

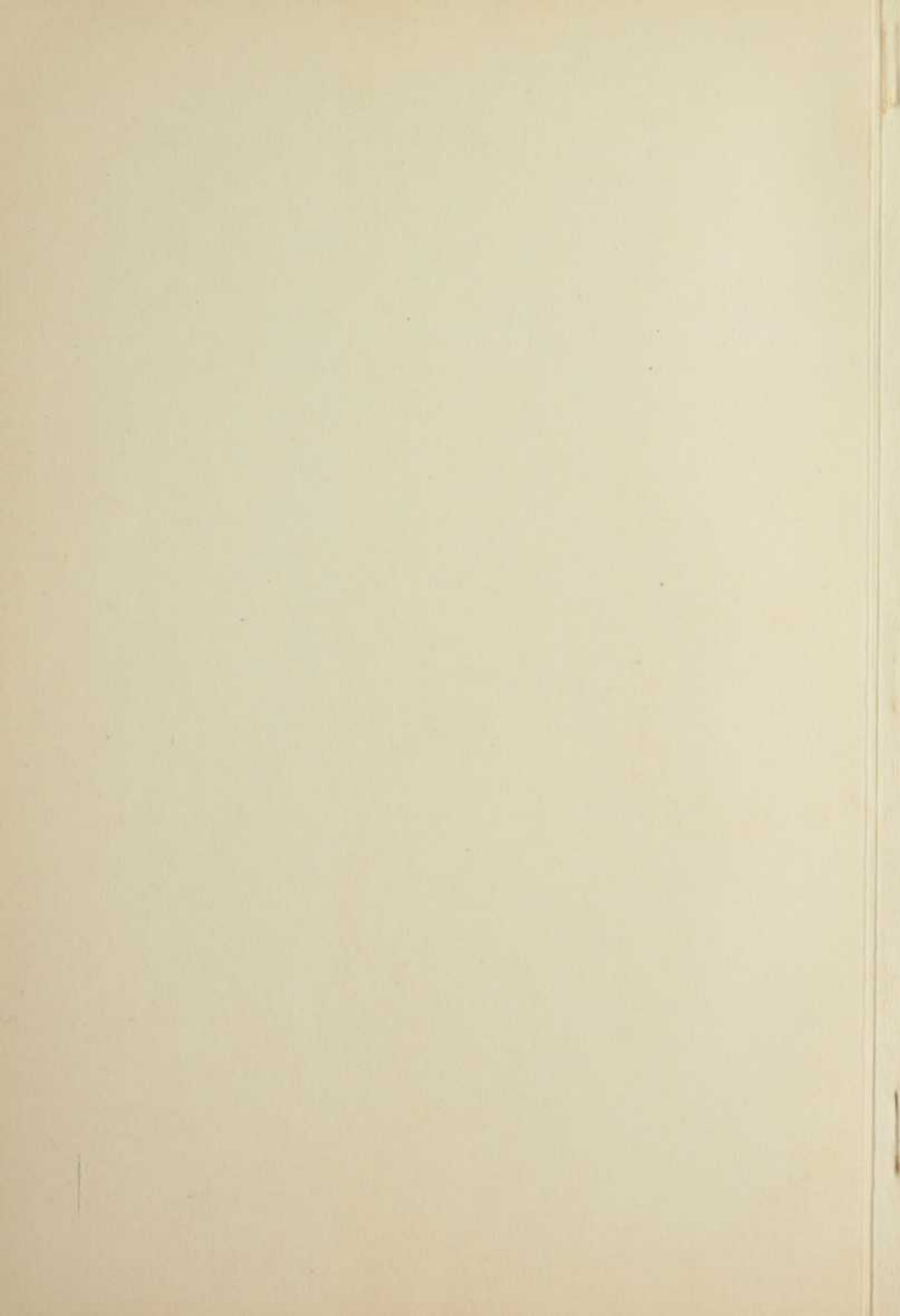
# Anmerkungen

# Anmerkungen

## Anmerkungen









the scale towards document

erweiterte Reproduktion gesellschaftlicher Arbeits-  
einfaches Modell

der Forschung bedeutet nicht zuletzt, ein qua-  
reau der schöpferischen Arbeit zu erzielen.  
erster Linie darum, solche Bedingungen zu  
fähigkeiten der wissenschaftlichen Kader zu  
tung gelangen können.

em Zusammenhang ein einfaches Modell zur Hebung  
in der wissenschaftlichen Arbeit vorstellen,  
gung beruht, die Entwicklung der gesellschaft-  
keiten als erweiterte Reproduktion aufzufas-  
wir das Ziel, einen Zusammenhang zur Inten-  
tik herzustellen, der wissenschaftspolitisch  
und zugleich einen Rahmen absteckt, in dem  
ung theoretisch zu begreifen und zu analysie-

wurde bei dem vorgestellten Modell auf den  
en Fall des von Eigen entwickelten Instrumen-  
tation des Evolutionsverhaltens biologischer  
genommen /1/.

ische Modelle zum Selektionsverhalten offener  
hen Kinetik sowie auch für Beispiele aus der  
chnik, der Ökologie und der Ökonomie wurden  
t von W. Ebeling und Mitarbeitern vorgestellt  
h die Frage der Fruchtbarkeit einer solchen  
so ist zunächst an das Engels'sche Konzept  
der Materie zu erinnern, dessen rationale  
ug auf die Problematik des Zusammenhangs der  
ogischen und gesellschaftlichen Evolution  
verstehen ist, daß die jeweils komplexere Evo-  
f der Grundlage ihrer selbst voll verstanden  
n kann. Dem entspricht im materiellen Prozeß  
Erhaltung und beständigen Reproduktion eines