



## Physik und Gesellschaftswissenschaften

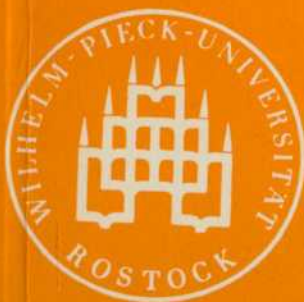
### Teil 1

Rostock: Wilhelm-Pieck-Universität, 1978

<https://purl.uni-rostock.de/rosdok/ppn187024737X>

Band (Druck)    Freier  Zugang        OCR-Volltext

# Physik und Gesellschaftswissenschaften



ROSTOCKER  
PHYSIKALISCHE  
MANUSKRIPTE

Heft 3/I



## 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 1

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

Heft 2: Stochastische Theorie der nichtlinearen irreversiblen  
Prozesse. 1977

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 992/78

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	
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. BRÜCKNER	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.	



## Vorwort

Vom 25. - 27. Januar 1978 fand in Rostock eine wissenschaftliche Konferenz zum Thema "Physik und Gesellschaftswissenschaften" statt, zu der der Beirat für Physik beim Ministerium für das Hoch- und Fachschulwesen und die Sektion Physik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock gemeinsam eingeladen hatten. Das Anliegen der Tagung, an der rund 100 Wissenschaftler verschiedener Disziplinen aus Einrichtungen der Akademie der Wissenschaften der DDR sowie aus Universitäten und Hochschulen teilnahmen, bestand darin, am Beispiel der naturwissenschaftlichen Disziplin Physik, Möglichkeiten, aber auch Notwendigkeiten ihrer Kooperation mit der Philosophie, Geschichte und Ökonomie aufzuzeigen. Es ging dabei nicht nur allein um eine Darstellung spezieller Probleme der Geschichte der Physik oder der Auswirkungen physikalischer Ergebnisse auf die gesellschaftliche Entwicklung, sondern ausgehend von bereits erarbeiteten Resultaten sollten weitere Wege einer intensiven interdisziplinären Zusammenarbeit diskutiert und geebnet werden.

In den folgenden 25 ausgewählten Beiträgen dieses Heftes spiegelt sich einerseits die Breite der behandelten Thematik, zum anderen aber auch die Intensität der vorhandenen Schwerpunkte wider. Ausgehend von einem klaren Klassenstandpunkt wurde in den Darlegungen eine Vielzahl von Möglichkeiten für eine erfolgreiche Zusammenarbeit von Physikern und Gesellschaftswissenschaftlern demonstriert, die gleichzeitig die Notwendigkeit zur weiteren Fortsetzung und Intensivierung dieser Kooperation zum Ausdruck brachten.

Fräulein H. Prestin sei an dieser Stelle herzlich gedankt für das sorgfältige Schreiben des Manuskriptes.

Prof.Dr.H.Ulbricht, Dipl.-Phys.J.Schmelzer



Physik und Gesellschaft

1. Zur Einheit von Wissenschaft, Politik und Gesellschaft

Es gehört zu unseren grundlegenden Erkenntnissen, daß zwischen Wissenschaft, Gesellschaft und Politik ein untrennbarer Zusammenhang besteht. Dieser Zusammenhang ist objektiv und damit keineswegs nur im Sozialismus vorhanden. Wir unterstreichen jedoch diese Einheit und nutzen sie bewußt im Interesse einer fortschrittlichen Entwicklung unserer Gesellschaftsordnung.

Kurt Hager charakterisiert die Wissenschaft als "... eine spezifische zielgerichtete Tätigkeit, um immer tiefer und in systematischer Weise das Wesen der natürlichen und gesellschaftlichen Prozesse und die Gesetze der objektiven Wirklichkeit in ihrer wechselseitigen Beziehung zu erfassen"/1/. Diese Charakterisierung läßt zwei wichtige Schlußfolgerungen zu:

1. Wissenschaftliche Erkenntnisse sind als objektive Wahrheit unabhängig von den Menschen und Klassen;
2. Sinn und Zweck der Wissenschaft und die Anwendung ihrer Ergebnisse werden entscheidend von der herrschenden Klasse beeinflusst, d. h. vom Charakter der Gesellschaftsordnung; die wissenschaftlich-technische Revolution ist nicht klassenin-different.

H. Vogel faßte diesen Sachverhalt treffend zusammen, wenn er schreibt: "Ob einer Klasse oder einem Individuum eine Tatsache, ein Beweis oder eine Wahrheit gefällt oder nicht, berührt nicht deren Gültigkeit, sondern höchstens, ob sie akzeptiert und verbreitet oder verdreht und unterschlagen wird." /2/

Es ist keineswegs so, daß diese Zusammenhänge für unsere Studenten aber auch für manchen unserer Wissenschaftler selbstverständlich sind. Das zeigte sich u. a. in einer Diskussion, in der ausgehend von Einsteins Brief an Roosevelt im Jahre 1939 über die Notwendigkeit des Baus von Atombomben zur Abwendung



der faschistischen Gefahr (vgl. /3/, S. 284), die prinzipielle Problematik der wissenschaftlichen Arbeit für militärische Zwecke behandelt wurde. Es ist m. E. eine notwendige erzieherische Aufgabe, unseren Studenten begreiflich zu machen, daß z. B. zwischen den Leistungen Kurtschatows beim Bau der ersten sowjetischen Atomwaffe und den Arbeiten Tellers zur Entwicklung der Wasserstoffbombe eine tiefe Kluft in der moralischen Wertung besteht. Der eine arbeitete, um das imperialistische Atombombenmonopol zu brechen und schuf Voraussetzungen, damit wir heute einen sicher nicht einfachen und widerspruchslösen, aber als politische Alternative einzig möglichen Entspannungsprozeß realisieren können. Der andere wollte mit seiner Forschung gerade dieses gebrochene Atombombenmonopol durch die Wasserstoffbombe im Interesse des kalten - und gegebenenfalls auch eines heißen - Krieges neu manifestieren. Beide - Kurt-schatow und Teller - haben physikalisch und waffentechnisch Bedeutendes geleistet, was durchaus vergleichbar sein dürfte, aber in ihrer moralischen Haltung sind beide diametral entgegen zu bewerten. Die Frage des "cui bono", für welche Gesellschaftsordnung sind unsere Forschungsergebnisse bestimmt, was macht diese Gesellschaft mit diesen Resultaten, erweist sich als ein entscheidendes Kriterium für die ethischen Beweggründe wissenschaftlichen Arbeitens.

Man könnte einwenden, das alles liegt schon mehrere Jahrzehnte zurück bzw. das sei doch alles bekannt und was nutzt uns das heute? Aber es lassen sich dazu leicht folgende Argumente anführen:

1. Wir betonen bewußt den Zusammenhang von Wissenschaft, Gesellschaft und Politik in der Erziehungs- und Ausbildungsarbeit unserer Studenten. Die Herausarbeitung dieser Einheit ist ein Kernpunkt der kommunistischen Erziehung. Aber für unsere Studenten ist das alles keine Selbstverständlichkeit, die ihnen gewissermaßen automatisch bewußt wird.
2. Die Einheit von Wissenschaft, Gesellschaft und Politik ist konkret, jetzt, in der Vergangenheit und wird es in der Zukunft sein. Es kommt also darauf an, an Hand konkreter Bei-

- spiele diese Einheit aufzuzeigen und diese Beispiele auch richtig in die gesellschaftliche Entwicklung einzuordnen.
3. Gerade die Wissenschaftsgeschichte ist für die Behandlung dieser Problematik sehr bedeutungsvoll. Aber es zeigt sich, daß unseren Studenten die gesellschaftliche Einordnung wissenschaftsgeschichtlicher Fakten schwerfällt, und daß hier dringend Anleitung und Hilfe erforderlich ist.
  4. Der antagonistische (nicht dialektische) Widerspruch in der Haltung eines Kurtschatows und eines Tellers liegt rund drei Jahrzehnte zurück. Aber er kann auch gerade in einer vergleichbaren Situation von höchster weltweiter Aktualität werden, wenn es nicht gelingen sollte, den Bau der Neutronenbombe durch die USA zu stoppen. Wieder würden Wissenschaftler für einen zutiefst antihumanistischen Zweck im Interesse des Imperialismus mißbraucht, wieder müßten Wissenschaftler im Interesse des Schutzes der sozialistischen Staaten ihre Fähigkeiten zur Verhinderung irgendeines imperialistischen Waffenmonopols einsetzen, im Interesse der Humanität.

Die Erläuterung der Einheit von Wissenschaft, Gesellschaft und Politik an Hand wissenschaftshistorischer Beispiele und insbesondere durch die Analyse der Haltung bedeutender Wissenschaftler in komplizierten gesellschaftlichen Situationen ist sicher ein Weg, um diesen Zusammenhang überzeugend herausarbeiten zu können. Aber wie die Erfahrung zeigt, gerade bei der Erziehung junger Menschen, ein sehr eindringlicher. Es gibt eine Fülle weiterer Aspekte, die diese Einheit demonstrieren: Denken wir an die Überleitung und Nutzung von Ergebnissen physikalischer Forschung in der Volkswirtschaft, an den Erkenntnisgewinn als Beitrag zum Bildungsniveau des Volkes oder an die Erarbeitung physikalischer Erkenntnisse als Grundlage philosophisch-wissenschaftlicher Fragen und damit als Beiträge zur ideologischen Bewußtseinsbildung. Auf einige aus meiner Sicht wesentliche Gesichtspunkte zu dieser Problematik bin ich in meinem Beitrag im Vorbereitungsmaterial (vgl. /4/ und die dort angegebene Literatur) kurz eingegangen.

Im zweiten Teil dieses Beitrages soll eine weitere wissenschaftshistorische Problematik behandelt werden, nämlich die Haltung von Albert Einstein und Max Planck zu der Gesellschaft, in der sie lebten und arbeiteten einschließlich der Widersprüche, die sich aus dieser Haltung ergaben, und der Ursachen, die zu diesen Widersprüchen führten.

## II. Zur Haltung von Max Planck und Albert Einstein gegenüber der Gesellschaft

Die Haltung Max Plancks und Albert Einsteins, diese eigentlichen Begründer des Theoriengebäudes, das wir heute als moderne Physik bezeichnen, zu gesellschaftlichen Fragen und Problemen ihrer Zeit ist einerseits grundverschieden und andererseits durch die Tatsache gekennzeichnet, daß beide nicht die eigentlichen Beweggründe gesellschaftlicher Prozesse und Phänomene erkannten. Treffend wird dieser Umstand in der Adresse des ZK der SED zu Plancks 100. Geburtstag im Jahre 1958 charakterisiert: "Aber so sehr Planck im wissenschaftlichen Meinungsstreit stets von einem klaren und konsequent materialistischen Standpunkt ausging, weltanschaulich fand er nie den Weg zum modernen Materialismus, der nicht nur die Natur, sondern auch den Menschen und die menschliche Gesellschaftsentwicklung begreift. So sehr er auf dem Gebiet der Wissenschaft ein weit voraussehender, schöpferischer Denker, ein Seher war, in den Fragen des menschlichen Lebens, des politischen Kampfes zwischen Sozialismus und Kapitalismus gelang es ihm nicht, das Wesen unserer Epoche zu erfassen. Seinem Herkommen und seiner Entwicklung nach war Max Planck mit der bürgerlichen Welt verbunden." /5/ Planck, der aus einer preußisch gesinnten, gläubigen Familie stammte, war zunächst tief in der bürgerlich chauvinistischen Ideologie befangen, wie sich besonders deutlich in seiner Haltung während des 1. Weltkrieges zeigte. In Reden und Aufrufen begrüßte er den Krieg und gehörte mit zu den 93 Unterzeichnern des chauvinistischen Dokumentes "An die Kulturwelt", in dem der Krieg verherrlicht und als absolut notwendig zur Rettung der deutschen Kultur hingestellt wurde. Das Ende des Krieges bedeu-

tete für Planck den Verlust der gesellschaftlichen Orientierung, und er verfiel in Ratlosigkeit und Resignation (vgl. /6,3/).

Völlig im Gegensatz zu Planck steht die Haltung Einsteins zu Beginn und während des 1. Weltkrieges. Er haßte von Jugend an den Militarismus, die "Soldaterei", wie er sagte. Er gehörte zu den wenigen deutschen Gelehrten, die den bereits erwähnten chauvinistischen Aufruf "An die Kulturwelt" nicht unterzeichneten. Er bemühte sich sogar, zusammen mit dem Berliner Physiologen Nicolai, als Gegenstück zu dem verhängnisvollen Aufruf ein Manifest herauszubringen, in dem die Wissenschaftler Europas im Bewußtsein ihrer Verantwortung aufgefordert wurden, dafür einzutreten, daß der Krieg als Mittel der Politik aus dem Leben der Nationen verschwindet und daß das Völkergemetzel so rasch wie möglich beendet wird. Es fanden sich bekanntlich nur vier Unterzeichner dieses Appells. Er blieb damit wirkungslos. Für die antimilitaristische und politisch verantwortungsvolle Haltung Einsteins ist dieser Aufruf aber von großer Aussagekraft.

Einstein war über die Niederlage des kaiserlichen Deutschland äußerst befriedigt. Er begrüßte die Novemberrevolution 1918 und stellte sich hinter ihre Ideen. Seine Empfindungen kommen u. a. klar in einem Brief an seinen Freund Besso zum Ausdruck, dem er 1918 schrieb: "Etwas Großes ist wirklich erreicht. Die militärische Religion ist verschwunden. Ich glaube sie wird nicht mehr wiederkehren." (vgl. /3/, S. 189). Herneck nennt Einstein einen spontanen "Gefühlssozialisten", der in keiner Weise politisch geschult war. Einstein trat ehrlich und leidenschaftlich für die Abschaffung von Unterdrückung und Ausbeutung ein, vor allem aus sittlichen, humanistischen Gründen. So durchschaute er nicht die verräterische Politik der rechten SPD-Führer und begeisterte sich für die Ideen einer sogenannten "reinen Demokratie", die sich auch in seinen späteren Vorstellungen einer Weltregierung wiederholten. Einstein war kein Marxist und er kannte auch nicht den dialektischen und historischen Materialismus (vgl. /3/, S. 190, 191). Darin müssen wir heute die Hauptursache für die bei aller Progressivität unvollkommene politische



Haltung Einsteins sehen, die ihn nicht zu der politischen Konsequenz kommen ließ, die ihn schließlich an die Seite der Arbeiterklasse hätte führen können.

Dieser ihm sicher nicht bewußte Zwiespalt spiegelte sich auch in Einsteins Worten anläßlich des Todes von Lenin wieder, wenn er schreibt: "Ich verehere in Lenin einen Mann, der seine ganze Kraft unter völliger Aufopferung seiner Person für die Realisierung sozialer Gerechtigkeit eingesetzt hat. Seine Methode halte ich nicht für zweckmäßig. Aber eins ist sicher: Männer wie er sind die Hüter und Erneuerer des Gewissens der Menschheit" (vgl. /7/, S. 135).

Aber die von Lenin angewandte Methode war die einzig mögliche und einzig erfolgreiche, weil sie eine wissenschaftliche Basis hatte, nämlich den historischen Materialismus. Um sie verstehen und anwenden zu können, mußte man den Materialismus auch konsequent auf die Gesellschaft anwenden. Diesen Weg hat Einstein leider nie beschritten und war dazu wohl aufgrund fehlender Einsicht auch nicht in der Lage. Aus der zahlreich vorhandenen Literatur über das Leben und Schaffen Einsteins ist zu entnehmen, daß diese Widerspruchssituation - progressives politisches Engagement und fehlende wissenschaftlich, d. h. historisch-materialistische Fundierung seines gesellschaftlichen Handelns - sich wie ein roter Faden durch sein Leben zieht. Ein Widerspruch, der sich bei der überwiegenden Mehrzahl der bürgerlichen Wissenschaftler findet und der letztlich seine Ursache in ihrem Großwerden in der bürgerlichen Gesellschaft selbst hat.

Max Planck war trotz seines Eintretens für den kaiserlichen Militarismus zur Zeit des 1. Weltkrieges von einer inneren humanistischen Grundeinstellung geprägt. Das kam insbesondere in seinen späteren Lebensjahren in seiner Haltung gegenüber dem Faschismus zum Ausdruck, aus der er selbst während einer Audienz bei Hitler keinen Hehl machte und die ihm den Ruf eines "weißen Jusen" einbrachte (vgl. /6/, S. 225). Sein Sohn Erwin wurde noch 1945 wegen seiner Bindung zu Kreisen des 20. Juli 1944 trotz eines persönlichen Gnadengesuches von Planck an Hitler

hingerichtet. Planck war es aufgrund der bürgerlichen Enge seiner Weltanschauung aber nicht mehr möglich, die tragischen Ereignisse in seinem Leben und in der Gesellschaft zu begreifen und entsprechend einzuordnen.

Diese gesellschaftliche Bedingtheit der Ereignisse blieb auch Einstein verschlossen, als er die Verbrechen der deutschen Faschisten, die an ihm, an seinem Werk und vor allem an der jüdischen Bevölkerung begangen wurden, dem deutschen Volk in seiner Gesamtheit zuschrieb. Er, der in seinem Kampf gegen die Atombombe ein Höchstmaß an wissenschaftlicher Verantwortung an den Tag gelegt hatte und den die Möglichkeit, durch seinen Brief 1939 an Roosevelt eventuell mit-schuldig an den Atombombenabwürfen auf Hiroshima und Nagasaki zu sein, schwer zu schaffen machte, vermochte nicht zwischen dem Faschismus und dem deutschen Volk zu differenzieren. Wie stark dieser Haß bei Einstein leider ausgeprägt war, zeigte nicht zuletzt auch seine Kritik an Born anlässlich dessen Rückkehr aus Edinburgh nach Deutschland im Jahre 1953.

Herneck stellt dieser Haltung Einsteins das Auftreten Dimitroffs gegenüber. Im Reichstagbrandprozeß hatte Dimitroff auf den Vorwurf, das bulgarische Volk sei rabiat und barbarisch, an den Gerichtsvorsitzenden gewandt erwidert: "Barbarisch und wild ist in Bulgarien nur der Faschismus. Aber ich frage Sie, Herr Präsident, in welchem Lande ist der Faschismus nicht barbarisch und wild?" Soweit die Antwort eines Marxisten (vgl. /3/, S.311). Einstein hat auch sicher nicht erkannt, daß der Abwurf der Atombomben auf Japan in erster Linie eine Demonstration der militärischen Stärke der USA sein sollte.

Gerade die Haltung eines in vielen Fragen so eindeutig humanistischen und progressiven Menschen wie Einstein zeigt, zu welchen Widersprüchen und Zwiespältigkeiten, aber auch zu welchen Fehleinschätzungen ein Wissenschaftler gelangen kann, der nicht die wahren Ursachen und Zusammenhänge der gesellschaftlichen Entwicklung erkennt.

Wir achten und verehren in Albert Einstein und Max Planck hervorragende Wissenschaftler, die in der Physik Bahnbrechendes geleistet haben, wir achten und würdigen die positiven Seiten ihres gesellschaftlichen und auch politischen Handelns. Mit dieser Würdigung muß aber auch die kritische Auseinandersetzung mit ihren politischen Fehlern und Irrtümern verbunden sein, nicht um ihre Persönlichkeit in irgendeiner Weise zu schmälern, sondern um ihre wissenschaftshistorische Position richtig einordnen zu können. Unsere Aufgabe ist es, diese Erkenntnis vor allem im Erziehungsprozeß unserer studentischen Jugend richtig einzusetzen und anzuwenden.

Abschließend können wir nochmals unterstreichen, daß die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft nicht klassenindifferent, nicht unabhängig von dieser Gesellschaft sind. Die ungeheure Fülle der Forschungsergebnisse, die objektive Wahrheit repräsentieren, wird durch die jeweilige Gesellschaft genutzt. In welchem Umfang, in welchem Sinne und für wen, das entscheidet vor allem der politische Charakter dieser Gesellschaft.

Das Verhältnis von Physik und Gesellschaft spiegelt diesen Sachverhalt in unserem Jahrhundert sehr eindringlich wider, ebenso wie das Leben und Wirken von Albert Einstein und Max Planck.

#### Literatur

- /1/ Hager, K.: Sozialismus und wissenschaftlich-technische Revolution, Dietz-Verlag, Berlin 1977, S. 14
- /2/ Vogel, H.: Arten und Bedeutung von Beweisen. In: Rostocker Philosophische Manuskripte, H. 10, 1977, S. 19
- /3/ Herneck, F.: Einstein und sein Weltbild, Buchverlag Der Morgen, Berlin 1976
- /4/ Ulbricht, H.: Zur Stellung der Physik und des Physikers in der sozialistischen Gesellschaft. In: Physik und Gesellschaftswissenschaften; Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, 1977.

- /5/ "Neues Deutschland" vom 23. 4. 1958, S. 4  
/6/ Vogel, H.: Zum philosophischen Wirken Max Plancks, Akademie-Verlag, Berlin 1961  
/7/ Herneck, F.: Albert Einstein, Buchverlag der Morgen, Berlin 1963

#### Verfasser

Prof.Dr.sc.nat. Heinz Ulbricht  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock  
Sektion Physik  
DDR - 25 Rostock  
Universitätsplatz 3





Globale physikalische Prozesse und Noosphäre

Zu denjenigen physikalischen Problemen, die in der einzelwissenschaftlichen Bearbeitung wie in der Kooperation zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern verstärkt Beachtung verdienen, zählt die Untersuchung, Überwachung und Modellierung der Vorgänge in der planetaren Umwelt der Biosphäre und der Noosphäre.

Unter der Noosphäre verstehen wir im Anschluß an den sowjetischen Biogeochemiker Vernadskij /1/ die Sphäre der zielgerichteten Tätigkeit vernunftbegabter Wesen, in bewußter Entgegensetzung zur Auffassung der Noosphäre als einer idealistisch interpretierten "Denkhülle" im Sinne des pantheistisch gefärbten evolutionären Monismus Teilhard de Chardins.

Die Noosphäre ist mit der Entwicklung des Menschen aus dem Tierreich aus der Biosphäre hervorgegangen. Mit dem Erscheinen des Menschen auf der Erde tritt der Planet in ein neues Stadium seiner Entwicklung ein, in der als neuer geologischer Faktor der Mensch wirksam wird, der die Erdoberfläche durch bewußte, zielgerichtete Tätigkeit soweit umgestaltet hat, daß "die Folgen seiner Tätigkeit nur mit dem allgemeinen Absterben des Erdballes verschwinden können" /2/.

In der Noosphäre erreicht die Wechselwirkung zwischen der lebenden Materie und der unbelebten planetaren Umwelt ihr höchstes Stadium. Eine echte Wechselwirkung zwischen belebter und unbelebter Natur hat bereits in der Entwicklung der Biosphäre auf der Erde bestanden: Einerseits setzt die Entstehung und Höherentwicklung des Lebens bestimmte physikalische Bedingungen voraus, wie sie offenbar - ganz im Sinne Engels /3/ - im kosmischen Maßstab nur in kleinen Raum- und Zeitbereichen gegeben sind, charakterisiert etwa durch den stabilen Umlauf eines planetaren Körpers um ein quasistationäres Zentralgestirn mit solchen Bahnparametern, die im Zusammenhang mit der Wechselwirkung im System Atmosphäre - Lithosphäre - Hydrosphäre ein für organisches Leben geeignetes Temperatur-Feuchte-Milieu langfristig stabil ge-

währleisten. Andererseits hat die Entwicklung der Biosphäre nicht nur die Erdoberfläche grundlegend umgestaltet, sondern auch Hydrosphäre und Atmosphäre tiefgreifend beeinflusst und neue Bedingungen für den Ablauf physikalischer Prozesse in den Geosphären geschaffen.

So haben sich Biosphäre und geophysikalische Umwelt in enger dialektischer Wechselbeziehung entwickelt, das vielbeschworene "natürliche Gleichgewicht" hat auch vor Erscheinen der Menschen auf der Erde nie bestanden, Entstehung und Evolution des organischen Lebens haben gleichgewichtсна Zustände in der Umwelt laufend verändert. Das Leben ist Schöpfer einer Vielfalt neuer Erscheinungen und Strukturen in der belebten wie in der unbelebten Natur, keineswegs aber eine "Krankheit der alternden Materie im Weltall", wie es der englische Astrophysiker Jeans glauben machen wollte /4/. Der Mensch nun tritt im Arbeitsprozeß "dem Naturstoff selbst als eine Naturmacht" gegenüber, und, "indem er ... auf die Natur außer ihm wirkt und sie verändert, verändert er zugleich seine eigene Natur" /5/. Engels hat besonders in der "Dialektik der Natur" die Einwirkung des Menschen auf die ihn umgebende Natur als Bedingung und Folge seiner Entwicklung aus dem Tierreich, als integrierenden Bestandteil des Menschseins dargestellt. Wenn Engels ebenso deutlich und warnend auf die nachteiligen Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Umwelt verwiesen und als Ursachen den historisch beschränkten Erkenntnisstand hinsichtlich der ferneren Folgen der Produktionshandlungen, vor allem aber die Existenz antagonistischer Klassengesellschaften namhaft gemacht wird, so wird verständlich, daß bei Fortbestand der genannten Faktoren mit der Intensivierung des Stoffwechsels zwischen Mensch und Natur durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt solche Auswirkungen globale Ausmaße annehmen können.

Die Umweltkrise wird insofern zu einer ständigen Begleiterscheinung der sich vertiefenden allgemeinen Krise des Kapitalismus. Auf der anderen Seite wird aber auch die Untersuchung globaler Prozesse und ihrer möglichen anthropogenen Beeinflussung eine Aufgabe von höchster gesellschaftlicher Relevanz, insbesondere

für die entwickelte sozialistische und die kommende kommunistische Gesellschaft als für eine Gesellschaft, in der rationelles Wachstum im Sinne des ökonomischen Grundgesetzes Basis für die Entwicklung und Befriedigung der Bedürfnisse aller Gesellschaftsmitglieder ist, in der die Menschen in zunehmendem Maße zu Beherrschern der Natur und ihrer eigenen gesellschaftlichen Entwicklung werden und in der die Beanspruchung der natürlichen Umwelt die volle Verantwortung gegenüber kommenden Generationen voraussetzt /6/.

Im folgenden beschränken wir uns auf die physikalischen Prozesse in der Atmosphäre (speziell der unteren Atmosphäre), die in Wechselwirkung mit der Unterlage das Wetter - den rasch wechselnden momentanen Zustand der Atmosphäre - und die statistische Gesamtheit dieser Zustände in ihrer raumzeitlichen Verteilung - das Klima - bestimmen. Diese Prozesse sind Bestandteil der Naturbedingungen und damit ein Element der natürlichen Grundlagen für die gesellschaftliche Entwicklung, wobei nach Marx "alle Geschichtsschreibung ... von diesen natürlichen Grundlagen und ihrer Modifikation im Lauf der Geschichte durch die Aktion der Menschen ausgehen" muß /7/. Die eminente Bedeutung der wetter- und klimabildenden atmosphärischen Prozesse in der Gegenwart erhellt nicht nur aus dem Hinweis etwa auf die verheerende Dürrekatastrophe in der Sahel-Zone, die häufigen Naturkatastrophen auf dem indischen Subkontinent, die Auswirkungen der strengen Winter 1976/77 und offenbar auch 1977/78 in den USA oder der heißen und trockenen Sommer 1972 im europäischen Teil der UdSSR sowie 1976 in Mittel- und Westeuropa, die in den betroffenen Ländern Schäden und Verluste in Milliardenhöhe verursachten. Von der Rolle des Umweltfaktors Atmosphäre zeugt ebenso der auf ca. eine Milliarde Rubel jährlich veranschlagte ökonomische Nutzen aus der Verwendung hydrometeorologischer Informationen in der Volkswirtschaft der UdSSR, der vor allem in der Landwirtschaft (320 - 360 Millionen), in der Wasserwirtschaft und Hydroenergetik (160 - 200 Millionen), in der Kommunalwirtschaft (140 - 160 Millionen), in Seefahrt und Fischerei (50 - 60 Millionen) sowie im Bauwesen (ebenfalls 50 - 60 Millionen Rubel)

realisiert wird /8/.

Demgegenüber belief sich der ökonomische Nutzen beispielsweise der Hagelbekämpfung über landwirtschaftlichen Intensivkulturen als einer der wenigen operativ und mit reproduzierbarem Erfolg betriebenen Maßnahmen der gezielten Beeinflussung atmosphärischer Prozesse in der ersten Hälfte der siebziger Jahre in der UdSSR auf etwa 50 Millionen Rubel pro Jahr, d. h. nur etwa 5% des ökonomischen Effektes der Nutzung von Informationen über den Ablauf der noch weitgehend unbeeinflussbaren Prozesse in der Atmosphäre.

Eine Diskussion eventueller Einflüsse gesellschaftlicher Aktivitäten auf globale physikalische Prozesse in der Atmosphäre hat die Auswirkungen anthropogener Veränderungen der Erdoberfläche, von Eingriffen in den Stoff- und Eingriffen in den Energiehaushalt des Systems Erdoberfläche-Atmosphäre zu berücksichtigen /9/. Eine Schlüsselrolle spielt dabei die hochgradige Sensitivität des Temperaturregimes (und damit auch der allgemeinen Zirkulation, der Bewölkungsverteilung, des hydrologischen Zyklus u. a.) einer teilweise schnee- und eisbedeckten Erde, die auf der positiven Rückkopplung von Temperatur und Strahlungsbilanz der Erdoberfläche infolge der hohen Albedo einer bei niedrigen Temperaturen auftretenden Land- bzw. Meereisbedeckung beruht und die offenbar für die mehrfache Aufeinanderfolge von Kalt- und Warm-(Glazial- und Interglazial-)zeiten im Pleistozän mit einem Temperaturverlauf verantwortlich ist, der nach den Ergebnissen der  $O^{18}/O^{16}$ -Isotopenanalysen kippschwingungsähnlich erscheint. Nach den Ergebnissen der zunächst von Budyko durchgeführten und später vielfach fortgeführten und verfeinerten Modellrechnungen würde bereits eine hinreichend lang anhaltende Verminderung der extraterrestrischen Bestrahlungsstärke (d. h. der Solarkonstanten bzw. eine entsprechende Verringerung des Transmissionsvermögens der Atmosphäre oder Vergrößerung der planetaren Albedo) um nur wenige % (2 - 5%) zu einer praktisch irreversiblen globalen Vereisung der Erde führen, eine geringfügige Erhöhung umgekehrt zum ebenfalls irreversiblen Abtauen des mächtigen Meereises. Ähnliche Effekte sind von einer Änderung des  $CO_2$ -Gehaltes der



Atmosphäre zu erwarten, der auf Grund der Absorptionseigenschaften des  $\text{CO}_2$  im Bereich der irdisch-atmosphärischen Temperaturstrahlung im Zusammenwirken mit dem Wasserdampf und der Bewölkung in der Atmosphäre deren "Glashauseffekt" mitbedingt. (Dank dieses Effektes steht einer Strahlungsgleichgewichtstemperatur der Erde als Planet um  $-20^\circ\text{C}$  eine planetare Mitteltemperatur an der Erdoberfläche von ca.  $15^\circ\text{C}$  gegenüber.)

Als Folge hauptsächlich der Verbrennung fossilen Kohlenstoffes steigt in unserem Jahrhundert der  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Atmosphäre pro Jahrzehnt um ca. 2 - 3% seiner Konzentration von derzeit 0,033% (330 ppm (V)) an, wobei etwa 30 - 60% des freigesetzten  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre verbleiben, der Rest in den gut durchmischten oberflächennahen Ozeanschichten akkumuliert wird, deren Austausch mit dem Tiefenwasser sich in wesentlich längeren Zeiträumen (Größenordnung  $10^3$  Jahre) vollzieht, so daß die Ozeane insgesamt trotz der großen Aufnahmefähigkeit für  $\text{CO}_2$  gegenüber der in geologischen Maßstäben äußerst kurzzeitigen anthropogenen  $\text{CO}_2$ -Produktion ihre Pufferwirkung nur mit zeitlicher Verzögerung entfalten können. An anderer Stelle /9,10/ haben wir Ergebnisse sehr verschiedenartiger Modellrechnungen über den mit zunehmenden  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Atmosphäre zu erwartenden Anstieg der Mitteltemperaturen an der Erdoberfläche zusammengestellt. Nach allen Berechnungen bzw. Abschätzungen muß dieser Anstieg auf der Nordhalbkugel in den polaren Breiten am stärksten ausgeprägt sein, womit sich eine Verminderung des meridionalen Temperaturgefälles mit tiefgreifenden Veränderungen der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre ergäbe; u. a. wird im Zusammenhang damit eine Verminderung des Niederschlages in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten mittlerer Breiten bzw. eine polwärtige Verlagerung der subtropischen Hochdruckgürtel samt der sie begleitenden Wüsten- bzw. Trockengebiete befürchtet. Diese und andere nachteilige Folgen einer möglichen anthropogenen Klimaerwärmung im 21. Jahrhundert - ob dieser Prozeß evtl. Ende der sechziger Jahre unseres Jahrhunderts bereits begonnen hat, wozu z. B. eine künstliche Aerosolanreicherung in der Stratosphäre zur Verminderung der Strahlungsflußdichte der Sonnenstrahlung in der Troposphäre und am Erdboden gehören könnten.

Der Effekt der gegenwärtigen anthropogenen Aerosolproduktion in der Troposphäre ist zwar im lokalklimatischen Bereich (Industriegebiete, Städte usw.) nachweisbar, im globalen Rahmen aber hinsichtlich Bedeutung und sogar Vorzeichen (Abkühlung oder Erwärmung) noch Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion. Auch die Energiestromdichte der anthropogenen Energieerzeugung liegt im globalen Maßstab zur Zeit noch um 4 Größenordnungen unter dem natürlichen Strahlungs- bzw. Wärmeumsatz zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre, erreicht aber dessen Größenordnung in Stadt- und Industriezentren, um ihn kleinräumig (Kühltürme) oder kurzzeitig (Brandkatastrophen) weit zu übertreffen. Wegen dieser und weiterer Einzelheiten einer möglichen anthropogenen Beeinflussung wetter- und klimabildender globaler Prozesse sei auf unsere Arbeiten /9-11/ verwiesen.

Das Problem der Klimaentwicklung auf unserem Planeten, das wir hier unter Ausklammerung der Fragestellung nach längerperiodischen Veränderungen (wie z. B. der Perspektive des gegenwärtigen Interglazials) vor allem unter dem Gesichtspunkt der volkswirtschaftlich relevanten Schwankungen im Zeitbereich bis zu etwa  $10^2$  Jahren skizziert haben, steht in enger Beziehung zu solchen "durchaus realen und sehr ernstesten Problemen", die dem Nahrungsmittel-, dem Rohstoff-, dem Energie- und dem Umweltproblem, zu deren kollektiver Lösung durch planmäßige internationale Zusammenarbeit Genosse Breschnew auf der Festsitzung zum 60. Jahrestag der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution nachdrücklich aufgerufen hat /12/. Wenn auch eine dauerhafte Bewältigung dieser Problematik erst auf der Grundlage der Herrschaft des Menschen über die Natur und seine eigene Vergesellschaftung in einer weltumspannenden kommunistischen Gesellschaft möglich sein wird und insofern der weltweite Übergang vom Kapitalismus zum Sozialismus auch aus ökologischen Gründen auf der Tagesordnung steht ("nur er der Sozialismus ist in der Lage, die Menschheit ein für allemal vor der Gefahr eines allgemeinen Vernichtungskrieges ... zu bewahren und die Umwelt zu erhalten und zu verbessern /13/), sind partielle Lösungen schon unter den Bedingungen der friedlichen Koexistenz möglich und notwendig.

Dies wiederum unterstreicht, daß die friedliche Koexistenz auch zur Erhaltung und Verbesserung der planetaren Umwelt zu einer objektiven Notwendigkeit wird - zunächst natürlich, um die Menschheit vor einer thermonuklearen Auseinandersetzung mit ihren unübersehbaren ökologischen Konsequenzen zu bewahren. Erhaltung und Verbesserung der planetaren Umwelt als natürliche Voraussetzung für bessere Arbeits- und Lebensbedingungen in Gegenwart und Zukunft sowie als Grundlage für eine optimale Gestaltung der Wechselbeziehungen zwischen menschlicher Gesellschaft und natürlicher Umwelt entsprechen zutiefst den Klasseninteressen der Arbeiterklasse und begründen ein neues Element des proletarischen Internationalismus.

#### Literatur:

- /1/ Vernadskij, V.I.: Biologie in der Schule, 21, 222 (1972)
- /2/ Marx, K., Engels, F.: Werke, 20, 323 (1968)
- /3/ Ebenda, 327
- /4/ Fjodorow, E.K.: Die Wechselwirkung zwischen Natur und Gesellschaft, Berlin 1974
- /5/ Marx, K., Engels, F.: Werke, 23, 192 (1962)
- /6/ Programm der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands, Berlin 1976
- /7/ Marx, K., Engels, F.: Werke, 3, 21 (1969)
- /8/ Izrael, Ju.A.: Meteorol. i Gidrol. 7, 3 - 15 (1976)
- /9/ Bernhardt, K., Kortüm, F.: Geod.Geoph.Veröff.R.II 21 (1976)
- /10/ Bernhardt, K.: Globale physikalische Prozesse und Gesellschaft, Humboldt-Vorlesung 1978, Wiss.Z. der HUB, im Druck
- /11/ Bernhardt, K., Lauter, E.A.: Z.f.Meteor. 27 1 (1977)
- /12/ Breshnew, L.I.: Neues Deutschland, 3. Nov. 1977
- /13/ Beschluß des ZK der KPdSU vom 31. 1. 1977, Neues Deutschland, 4. Febr. 1977

#### Verfasser:

Prof. Dr. K. Bernhardt  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Sektion Physik, Bereich Meteorologie und Geophysik  
DDR - 1162 Berlin-Friedrichshagen, Müggelseedamm 256





Ulrich Röseberg

Bemerkungen zum gegenwärtigen Stand und zu einigen Problemen  
bei der Erforschung philosophischer Fragen der Physik

In unserer Republik haben sich aus dem Bündnis marxistisch-leninistischer Philosophen und Physiker vielfältige Formen der Zusammenarbeit entwickelt. In einem teilweise kompliziert verlaufenden Erkenntnisprozeß wurden auf dialektisch-materialistischer Grundlage Positionen erarbeitet, von denen aus die Erforschung der in der Physikentwicklung immer wieder neu entstehenden philosophisch-weltanschaulichen Fragestellungen zum Nutzen der Philosophie und der Physik vorangetrieben werden kann.

Die sich erfolgreich gestaltenden Beziehungen von Physik und Philosophie können in bestimmten Grenzen als Modellfall für die weiterzuentwickelnden Beziehungen der Physik zu den anderen Gesellschaftswissenschaften angesehen werden. Zumindest kann man aus den Erfahrungen lernen, die Physiker und Philosophen machen mußten und immer wieder machen. Danach kommt es in der Zusammenarbeit unterschiedlicher Wissenschaften vor allem auf eine theoretische Konzeption des gemeinsamen Vorgehens an, die in genügendem Maße die Spezifik beider Wissenschaften erfaßt und zugleich die Möglichkeiten ihres Zusammenwirkens begründet. In der Zusammenarbeit von Physikern und Philosophen geht man bei uns heute implizit oder explizit in der Regel von einer Konzeption aus, die versucht, die Vielfalt der wechselseitigen Beziehungen der marxistisch-leninistischen Philosophie zu allen anderen Wissenschaften einheitlich zu erfassen /1/. Diese Konzeption hat sich bei der Bearbeitung philosophischer Fragen der Naturwissenschaften bewährt. Sie scheint zugleich auch für die Erforschung philosophischer Fragen der Gesellschaftswissenschaften eine geeignete Basis zu sein.

Insbesondere bei der weltanschaulichen Verallgemeinerung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und in der Auseinandersetzung mit weltanschaulichen Fehldeutungen dieser Erkenntnisse konnten von Philosophen und Naturwissenschaftlern unserer Repu-

blik anerkannte Resultate vorgelegt werden. Für die Physik bestehen sie u. a. in dem Nachweis, daß die klassische Physik philosophisch nicht an den mechanischen Materialismus gebunden ist, daß die Entwicklung der Statistischen Physik, der Relativitätstheorie und der Quantenmechanik weder den philosophischen Materialismus noch die materialistische Dialektik in Frage stellen. Es wurden, ausgehend von den neuen Erkenntnissen der Physik, Präzisierungen der Gesetzeskonzeption, der Kausalitäts- und Determinismusauffassung, der Raum-Zeit-Konzeption, der Auffassungen zur Materiestruktur und damit im Zusammenhang stehender Kategorien der marxistisch-leninistischen Philosophie vorgenommen. Zugleich wurden mechanistische, metaphysische und idealistische Fehldeutungen der neuen physikalischen Erkenntnisse begründet zurückgewiesen. Für den philosophischen Erkenntnisgewinn hat bei uns die Analyse der weltanschaulichen Positionen führender Physiker eine bedeutende Rolle gespielt. Während man sich heute auch international weitestgehend über die Art und Weise der philosophischen Verallgemeinerung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse innerhalb des dialektischen und historischen Materialismus einig ist, werden in zahlreichen Details konkreter Verallgemeinerungen naturgemäß noch unterschiedliche Auffassungen vertreten.

In den Diskussionen im Kollektiv des Bereichs philosophische Fragen der Wissenschaftsentwicklung schien es uns an der Zeit zu sein, die bisherigen Untersuchungen genauer zu analysieren, gesicherte Erkenntnisse dabei noch deutlicher als bisher zu fixieren und die legitimen Diskussionsstandpunkte innerhalb des wissenschaftlichen Meinungsstreites klar voneinander abzugrenzen /2/. Wir mußten aber bald feststellen, daß eine Aufgabenstellung, die auf die Zusammenfassung marxistisch-leninistischer Arbeiten zu philosophischen Fragen der Naturwissenschaften hinausläuft, bei weitem unsere Kräfte übersteigt. Selbst eine ausgewogene Gesamtdarstellung der philosophischen Fragen der Physik auf marxistisch-leninistischer Grundlage wäre beim vergleichsweise relativ günstigen Stand der Vorarbeiten auf diesem Gebiet wohl kaum in einem für unsere gegenwärtige Forschungsplanung vertretbaren Zeitaufwand zu erstellen. Ohne diese Zielstellung völlig aus dem Auge zu verlieren, haben wir uns bescheidenere Ziele für den

laufenden Zentralen Forschungsplan der Gesellschaftswissenschaften gesteckt.

Es geht uns neben unserer Mitwirkung an den ersten Hochschullehrbüchern zu philosophischen Problemen der einzelnen Naturwissenschaften schwerpunktmäßig vor allem um "Die materialistische Dialektik in der physikalischen und biologischen Erkenntnis" und die im Zyklus "Experiment - Modell - Theorie" zum Ausdruck kommende Dialektik des Erkenntnisprozesses. Bei beiden Projekten nehmen die philosophischen Fragen der Physik einen großen Raum ein. Mit dem zweiten Projekt, das in enger Zusammenarbeit mit der Abteilung Philosophische Probleme der Naturwissenschaften des Instituts für Philosophie der AdW der UdSSR in Moskau entsteht, haben wir einen neuen Schritt in der internationalen Forschungskooperation der sozialistischen Länder auf diesem Gebiet getan /3/.

Anhand von Fragestellungen, die uns im Zusammenhang mit diesen Projekten gegenwärtig besonders interessieren, sei hier nun auf einige generelle Probleme bei der Erforschung philosophischer Fragen der Physik verwiesen, die zum Teil auch für die Erforschung philosophischer Fragen anderer Wissenschaften von Bedeutung sind. Das erste Problem ist die Bedeutung der materialistischen Naturdialektik innerhalb der wissenschaftlichen Weltanschauung der Arbeiterklasse und die Konzeption zur Weiterentwicklung der Gedanken von Engels. Diese Frage steht im engen Zusammenhang mit dem generellen Verständnis der Beziehungen der marxistisch-leninistischen Philosophie zu den anderen Wissenschaften.

In unserer philosophischen Literatur gibt es keine gravierenden Meinungsverschiedenheiten hinsichtlich des Stellenwertes der Naturdialektik für die Entwicklung einer Theorie der materialistischen Dialektik. Einhellig werden alle Versuche abgelehnt, Dialektik ausschließlich auf die Gesellschaft zu beschränken. Es ist wiederholt überzeugend nachgewiesen worden, daß ein Angriff auf die Engelssche Naturdialektik letztendlich dem historischen Materialismus gilt.

Die oben skizzierten Resultate bei der Erforschung philosophischer Fragen der Physik sind zugleich Beiträge zur weiteren Präzisierung unserer Konzeption von der objektiven Dialektik der Natur. Da wir wissenschaftliche Gesetze als Widerspiegelung objektiver Gesetze verstehen, wird also beispielsweise mit jeder am naturwissenschaftlichen Material erfolgenden Präzisierung der philosophischen Gesetzeskonzeption zugleich ein Beitrag zum tieferen Verständnis der Naturdialektik geleistet. Auch darüber ist man sich in unserer Literatur weitestgehend einig. Meinungsverschiedenheiten treten erst auf, wenn man den Stellenwert der Konzeption der Naturdialektik, also einer philosophischen Konzeption, in der naturwissenschaftlichen Forschung selbst diskutiert. Am kompliziertesten ist das für mathematisierte Naturwissenschaften, wie beispielsweise die Physik; hier stößt man immer auf die Beziehungen von dialektisch widersprüchlich formulierten philosophischen Aussagen der Formalismen physikalischer Theorien. Dieses Problem ist man sich in den Diskussionen marxistisch-leninistischer Philosophen seit langem bewußt. Dazu werden nach wie vor verschiedene Standpunkte vertreten. Ich möchte hier meine Position verdeutlichen.

Wenn im dialektischen Materialismus von Naturdialektik gesprochen wird, so wird damit niemals die Vorstellung verbunden, die Philosophie wisse schon irgendwie, zu welchen fundamentalen Erkenntnissen die Physik oder eine andere Naturwissenschaft führen müsse. Der Hinweis auf objektive Dialektik der Natur konstituiert vielmehr einen aus der bisherigen Wissenschaftsgeschichte abgehobenen und in der Vergangenheit immer wieder bestätigten Orientierungsrahmen, der in der entsprechenden naturwissenschaftlichen Forschung heuristisch wirksam wird. Das philosophische Weltbild der sich im Kampf der Gegensätze ständig verändernden Materie; eines von Stagnation, Regression und Progression charakterisierten durchgängigen Entwicklungsprozesses, in dem quantitative und qualitative Veränderungen einander abwechseln und die Höherentwicklung über die Negation der Negation bestimmt wird, steht nicht für oder gegen eine spezielle Theorie oder einen Theoriestandpunkt im Rahmen einer konkreten einzelwissenschaft-



lichen Forschungsrichtung. Dieses philosophische Weltbild hat vor allem die Funktion, die Einseitigkeiten metaphysischer Weltbilder, also solcher philosophischer Weltbilder aufzuzeigen, die weder objektive Widersprüche noch den Umschlag quantitativer und qualitativer Veränderungen, noch die Negation der Negation kennen. Zu solchen metaphysischen Weltbildvorstellungen kann man leicht kommen, wenn man die Ergebnisse einer wissenschaftlichen Theorie unzulässig über deren Gültigkeitsbereich hinaus ausdehnt. Sicher bildet jede sinnvolle naturwissenschaftliche Theorie bestimmte Aspekte objektiver Dialektik ab. Untersucht man aber nur eine einzelne naturwissenschaftliche Theorie und hat noch keine genauen Vorstellungen von den Grenzen des Gültigkeitsbereiches dieser Theorie, sind metaphysische Verallgemeinerungen um so leichter möglich, je exakter die entsprechenden naturwissenschaftlichen Erkenntnisse gefaßt sind. In diesem Sinne kann also die Konzeption der Naturdialektik, die selbst philosophische Verallgemeinerung der bisherigen Wissenschaftsentwicklung ist, vor Verabsolutierungen bestimmter naturwissenschaftlicher Modelle, Theorien und Theorienansätze bewahren.

Für die Physik und die anderen mathematisierten Naturwissenschaften erhebt sich nun die Frage, ob sich eine solche Auffassung von der Funktion der Naturdialektik in der naturwissenschaftlichen Forschung noch präziser fassen läßt. Ich habe das in einer Hypothese über die Beziehungen objektiver, von der Physik widergespiegelter Zusammenhänge zu deren Widerspiegelungen in den mathematischen Strukturen physikalischer Theorien versucht /4/. Danach können die Zusammenhänge materieller Objekte und Prozesse prinzipiell nicht mit mathematischen Strukturen identifiziert werden, lassen sich aber mittels mathematischer Strukturen im Verlaufe des menschlichen Erkenntnisprozesses immer adäquater widerspiegeln.

Wenn diese Hypothese zutrifft, dann sind die Abbildungen objektiver dialektischer Widersprüche nicht so sehr innerhalb eines mathematischen Formalismus einer physikalischen Theorie zu suchen als vielmehr in den einander widersprechenden Annahmen unterschiedlicher mathematischer Formalismen einer physikalischen

Theorie. Jeder mathematische Formalismus selbst aber enthält noch Hinweise auf die objektive Dialektik, die es in einem philosophischen Forschungsprozeß aufzuklären gilt. Nachdem sich diese Position bei meinen Untersuchungen der Determinismusproblematik in der klassischen Mechanik, der Quantenmechanik und der statistischen Mechanik bewährt hat, zeichnet sich nun in den Untersuchungen zur Hochenergiephysik, zu den kosmologischen Weltmodellen und bei der Diskussion von Möglichkeiten einer einheitlichen physikalischen Theorie als Basis der Einheit der Physik ebenfalls ab, daß ein solches Herangehen sinnvoll ist.

Während der geschilderte Versuch, die Rolle der Naturdialektik für mathematisierte Naturwissenschaften zu präzisieren, für unser Bereichsprojekt noch weiter diskutiert werden muß, ist aber jetzt bereits klar, daß uns heute Auffassungen nicht weiterhelfen, nach denen dialektisches Denken nur innerhalb der Philosophie entstehen kann und deshalb immer erst in die Naturwissenschaft hineingetragen werden muß. So kann man die Dialektik in der physikalischen und biologischen Erkenntnis sicher nicht erfassen. Wir gehen vom Zwang zum dialektischen Denken in den Naturwissenschaften selbst aus und stellen uns die Aufgabe, Elemente spontaner Dialektik auch bei Naturwissenschaftlern der Vergangenheit und Gegenwart zu analysieren, die unsere philosophischen Voraussetzungen nicht akzeptieren. - Den Zwang zur Dialektik bewußt zu machen und eine Theorie der materialistischen Dialektik zu entwickeln, das ist eine philosophische Aufgabenstellung. Nach unseren bisherigen Erfahrungen ist diese Aufgabe aber nicht zu bewältigen, wenn man sie als eine philosophieinterne versteht.

Die Untersuchungen philosophischer Fragen der Physik durch entsprechend ausgebildete Spezialisten unterliegen daher auch der Kritik durch die Physiker. Dabei stießen wir am Beispiel der Hochenergiephysik u. a. auf folgendes Problem. In der philosophischen Literatur werden sowohl in unserer Republik als auch in der Sowjetunion immer wieder die komplizierten erkenntnistheoretischen und methodologischen Fragen des Einsteinschen Ansatzes einer einheitlichen Feldtheorie auf allgemeinrelativisti-

scher Grundlage, des Heisenbergschen quantentheoretischen Ansatzes einer einheitlichen Feldtheorie als einheitlicher "Elementarteilchen"theorie u. a. Versuche diskutiert, die Komplexität des physikalischen Geschehens in der Mikrowelt adäquat über entsprechend komplexe Ansätze zu einheitlichen Theorien zu erfassen (z. B. Chews Bootstrap-Hypothese). Sieht man sich dagegen die einschlägige physikalische Literatur an, so wird man bald feststellen, daß gerade diese Ansätze keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielen. Heißt das, daß für den Philosophen gerade jene Ansätze interessant sind, mit denen die Fachleute - zum Teil wegen der Dominanz philosophischer Problemstellungen - nichts anzufangen wissen? Das aber würde die positivistische Forderung nach Elimination philosophisch-weltanschaulicher Fragestellungen im physikalischen Forschungsprozeß unterstützen. Darum kann es also nicht gehen.

Sicher wäre es falsch, wenn die gegenwärtig erfolgreicherer Ansätze der Hochenergiephysik der Aufmerksamkeit der Philosophen entgingen. Dort, wo das der Fall zu sein scheint, muß das korrigiert werden. Die nicht ganz einfach zu realisierende Forderung an die Spezialisten für philosophische Fragen der Physik, ständig den neuesten Stand der physikalischen Grundlagenforschung zu reflektieren, besteht zu Recht. Diese Forderung schließt aber weder das Interesse an der Geschichte des Verhältnisses von Philosophie und Physik aus, noch verhindert sie die Analyse physikalisch nicht widerlegter, aber aus unterschiedlichen Gründen wenig perspektivreich erscheinender Alternativentwürfe zu den gegenwärtig am intensivsten verfolgten Theorieansätzen. Erst aus einem ausgewogenen Verhältnis der Analyse historisch relativ abgeschlossener Erkenntnisprozesse und gegenwärtiger Erkenntnisprozesse lassen sich philosophisch Einseitigkeiten überwinden, wie sie sich mehr oder minder zwangsläufig aus dem Engagement für einen konkreten, zur Zeit besonders intensiv erfolgten Theorieansatz ergeben müssen.

Selbstverständlich kann die philosophische Analyse der gegenwärtigen Probleme in der Hochenergiephysik nicht an dem Quark- und Partonenmodell und den erfolgversprechenden Versuchen zur Ver-



einheitlichung der Theorie der starken, elektromagnetischen und schwachen Wechselwirkung vorbeigehen. Die philosophisch-weltanschauliche Argumentation kann aber auch nicht dazu mißbraucht werden, die gegenwärtig physikalisch wahrscheinlichsten Hypothesen eines laufenden Forschungsprozesses in den Rang der einzig möglichen zu erheben. Dies widerspräche in eklatanter Weise unserem konsequent materialistischen Herangehen. Dort, wo das in der Vergangenheit von marxistisch-leninistischen Philosophen trotzdem versucht wurde, blieben auch die Rückschläge nicht aus. Mit philosophisch-weltanschaulichen Argumenten allein lassen sich naturwissenschaftliche Entscheidungen nicht herbeiführen. Solche Argumente orientieren die naturwissenschaftliche Forschung und können helfen, unwissenschaftliche Ansätze frühzeitig auszu-sondern.

Sicher war an Heisenbergs Polemik gegen den Demokritischen Atomismus ein rationaler Kern. Es ist aber physikalisch heute sehr zweifelhaft, das Quarkmodell als die Konsequenz einer falschen Philosophie zu verwerfen, Experimente in bislang energetisch un-zulänglichen Bereichen als überflüssig anzusehen und daher den Bau einer neuen Beschleunigergeneration mit philosophischen Begründungen stoppen zu wollen /5/. Aus der Tatsache, daß es wünschenswert wäre, die experimentellen Möglichkeiten in weitere, bislang noch nicht erschlossene Energiebereiche auszudehnen, folgt andererseits aber noch nicht die Notwendigkeit zum Bau einer neuen Beschleunigergeneration. Derartige Entscheidungen können nicht allein philosophisch begründet werden, obgleich es immer wieder solche Versuche bzw. solche Forderungen gegeben hat. Es kommt vielmehr für uns darauf an, alle ernst zu nehmen-den Hypothesen auf ihren philosophischen Gehalt zu untersuchen und mit den Mitteln der Philosophie über präzisierte philosophische Erkenntnisse und philosophische Hypothesen den physikalischen Erkenntnisfortschritt selbst nach Kräften zu fördern.

Nach wie vor ist es für uns wichtig, die neuen naturwissenschaftlichen Erkenntnisse philosophisch-weltanschaulich zu verallgemeinern und weltanschauliche Kurzschlüsse in diesem Verallgemeinerungsprozeß zurückzuweisen. Beim gegenwärtigen Stand der Er-

forschung philosophischer Fragen der Physik zeichnet sich ab, daß wir uns jetzt auch zunehmend der heuristischen Funktion der Philosophie im Prozeß physikalischer Erkenntnisfindung zuwenden können. Dabei gilt es verstärkt, komplizierte Vermittlungsmechanismen in konkreten Fallstudien aufzuklären und so zu verallgemeinern, daß keine Illusionen über die Möglichkeiten der Philosophie entstehen, die früher oder später in Enttäuschungen umschlagen müßten. Auf der Grundlage der bisher vorliegenden Konzeption und ihrer weiteren Präzisierung dringen wir auf diesem Wege zugleich immer tiefer in die gesellschaftlichen Determinanten des naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses ein.

#### Literatur:

- /1/ H. Hörz: Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften, Berlin 1974
- /2/ Philosophische Fragen der Wissenschaftsentwicklung. Probleme und Problemstudien, Berlin 1977
- /3/ Experiment - Modell - Theorie, Berlin 1977
- /4/ Röseberg, U.: Determinismus und Physik, Berlin 1975, S.36 ff
- /5/ Heisenberg, W.: Tradition in der Wissenschaft, München 1977, S. 93 ff

#### Verfasser:

Dr. Ulrich Röseberg  
Zentralinstitut für Philosophie der AdW  
Bereich Philosophische Fragen der Wissenschaftsentwicklung  
DDR - 108 Berlin  
Otto-Muschke-Straße 10/11



Die "Einheit der Physik" als Einheit der Theorien und Methoden

Die Frage nach der Einheit der Physik ist keine Frage, die sich der Philosoph zum Zwecke der reinen Selbstverständigung stellt, sondern sie ergab und ergibt sich ständig aus Problemen der Physikentwicklung selbst /1-8/. Dabei sei nur an die viel diskutierte Frage nach physikalischen Einheitstheorien /9-12/ erinnert, an die Diskussionen, die um den Meßprozeß in der Quantenmechanik geführt werden, an die allgemeinere Frage nach Beziehungen zwischen Makro- und Mikroniveau und ihrer Widerspiegelung in der physikalischen Erkenntnis (einschließlich der Beziehungen zwischen Physik und Chemie bzw. Physik-Chemie-Biologie). Damit sei aber angedeutet, "daß offensichtlich auch die Frage nach der Einheit der Physik im Zusammenhang mit dem Problem der Einheit der Wissenschaften /13/ weiter analysiert werden müßte. Nachdem ich zunächst den Versuch unternommen hatte, auf der Grundlage der von uns vertretenen Konzeption /14/ die Einheit der Physik in Thesen zu fassen und den Rahmen der Untersuchung abgesteckt habe /15/, soll hier näher auf Aspekte dieser Einheit eingegangen werden.

Unter Physikern gibt es eine größere Zahl von Auffassungen über das Weltbild der Physik. Wir haben in unserem Artikel "Philosophisch-weltanschauliche Aspekte des Weltbildes der klassischen Physik" /16/ (DZfPh 5/1977) eine Definition des Weltbildes der Physik vorgeschlagen: "Ein physikalisches Weltbild ist also nicht einfach eine Metatheorie über bereits existierende Theorien, sondern stellt vielmehr ein außerordentlich kompliziert strukturiertes und nur selten voll expliziertes Gebilde mehr oder minder gesicherter physikalischer Erkenntnisse (abgeschlossener Theorien, Theorienansätze, physikalischer Hypothesen, experimenteller Fakten) und physikalischer Methoden dar. Es ist gleichzeitig Verallgemeinerung des bisherigen und Leitbild des weiteren physikalischen Forschungsprozesses." /17/

Das Weltbild der Physik ist stets historisch konkret und damit auch begrenzt. Es weist den jeweiligen Rahmen, in den physikalische Erkenntnisse - theoretische wie experimentelle - eingeordnet werden. Verfolgt man die Geschichte der Physik, so kann man feststellen, daß seit Entwicklung der Newtonschen Mechanik, in der zuerst Newton die Mechanik des Himmels und der Erde auf eine einheitliche Grundlage stellte, das Weltbild der Physik eine gewisse Grundlage stellte, das Weltbild der Physik eine gewisse Einheit bildete. Diese Einheit nahm und nimmt jedoch verschiedene Formen an und gerade in sogenannten Krisen der Grundlagen der Physik wird diese Einheit in Frage gestellt. Wenn man heute davon sprechen könnte, daß die Physik gegenwärtig eine Einheit in der Vielfalt darstellt, so ist sie das m. E. in qualitativ höherer Form, als die Einheit der Physik in der Vielfalt, die mit dem Übergang zum klassischen Weltbild der Physik entstand.

Somit läßt sich auf dieser Grundlage die "Einheit der Physik" in einer Arbeitsdefinition fassen: Die "Einheit der Physik" besteht in der historischen und logischen Einheit der Theorien, Theorienansätze, Hypothesen, experimentellen Fakten und Methoden, die in der Geschichte der Physik ständig neu und in qualitativ und quantitativ entwickelteren Formen geschaffen wird. Dabei steht die Physik in zunehmendem Maße in Wechselwirkung mit anderen Wissenschaften, insbesondere der Mathematik. Die Frage nach dem einheitlichen Weltbild der Physik erscheint als ein wichtiger Aspekt der Einheit der Physik. Philosophische Methoden der Begriffs- und Methodenkritik sowie die materialistische Begründung der Einheit der Physik können von großer weltanschaulicher und heuristischer Bedeutung für die Physik sein.

Keinesfalls läßt sich die Einheit der Physik allein aus Zusammenhängen zwischen den Theorien materialistisch erklären, obgleich in theoretischen Vorstellungen, Theorienansätzen und Theorien als gewisse Resultate eines Erkenntnisprozesses sich in bestimmter Art und Weise die Einheit der Welt in ihrer Materialität ebenso widerspiegelt, wie der durchlaufene Erkenntnisprozeß. Andererseits treten zwischen ihnen Beziehungen auf, die keine direkte Entsprechung in der objektiven Realität besitzen und uns darauf



verweisen, daß diese Resultate des Erkenntnisprozesses in mehrfacher Weise eine Einheit von Abbild und Entwurf (Konstruktion) darstellen.

Ausgangspunkt dialektisch-materialistischer Überlegungen ist die materielle Einheit der Welt, dabei die "Bedingtheit und Bestimmtheit der Objekte und Prozesse im und durch den objektiven Zusammenhang mit anderen Objekten und Prozessen" /18/, wobei sich die Objekte und Prozesse verändern oder entwickeln, unerschöpflich viele qualitativ verschiedene Zusammenhänge, sowie unerschöpflich viele potentielle Raum-Zeit-Strukturen existieren.

Der Mensch hat die Möglichkeit der immer tieferen und umfassenderen Erkenntnis dieser materiellen Zusammenhänge. Die Physik untersucht nun keinesfalls alle möglichen Zusammenhänge, sondern nur bestimmte einzelne oder kollektive Eigenschaften und Relationen mittels spezieller Methoden und faßt die relativen Endergebnisse der Untersuchung in Theorienansätze bzw. Theorien, die in der Entwicklung der Wissenschaft verändert, aufgegeben und durch Theorienansätze bzw. Theorien ersetzt werden können, die die physikalischen Erscheinungen und deren Beziehungen adäquater widerspiegeln. Wenn man die Rolle philosophischer und physikalischer Prinzipien bzw. Postulate für die Theorienbildung betont, dann muß m. E. darauf verwiesen werden, daß die philosophische These von der materiellen Einheit der Welt und der Unerschöpflichkeit der materiellen Beziehungen, ob für den Naturwissenschaftler bewußt oder unbewußt, Ausgangspunkt wissenschaftlicher Forschungen, einschließlich der Theorienbildung ist. Sicherlich - und das müßte noch weiter untersucht werden - spiegeln auch physikalische Prinzipien oder Postulate, die unmittelbar in die Modell- oder Theorienbildung mit eingehen, bestimmte Aspekte der Einheit der Welt wider. Dabei sei hier nur auf die Rolle solcher allgemeiner physikalischer Prinzipien wie das Hamiltonprinzip verwiesen /19/.

Wenn man die Methoden betrachtet, mittels derer in der physikalischen Forschung gearbeitet wird, so läßt sich feststellen, daß nicht eine bestimmte Methode überall vorrangig angewendet wird. Jedoch ist insbesondere die experimentelle Methode (im weitesten



Sinne einschließlich der Beobachtung) ebenso wie die mathematische Methode schon lange wichtiger Bestandteil der Methoden. Gerade der Forschungsgegenstand, experimentelle oder theoretische Forschung einschließlich ihres Entwicklungsstandes, aber auch der Denkstil des entsprechenden Wissenschaftlers oder -kollektivs bestimmen in starkem Maße, welche konkreten Methoden im Vordergrund stehen und vorrangig angewendet werden. Das System der Methoden der Wissenschaften kann allgemein durch die experimentelle, die mathematische und die historische Methode als Grenzpunkte bestimmt werden. Alle anderen wissenschaftlichen Methoden können zugeordnet, oder als Wechselbeziehung dieser Grenzpunkte gefaßt werden. Eine solche "verbindende" Methode ist beispielsweise die Modellmethode, die gewissermaßen experimentelle und mathematische (und in bestimmten Bereichen auch die historische) Methode verbindet. So kann die Modellmethode in der Physik eng - wenn man die Stufen der Modellbildung betrachtet - mit der (theoretischen) dynamischen Methode der Aufstellung und Lösung von Bewegungsgleichungen in der Stufe der Arbeit mit dem Modell verknüpft sein. Das ist u. a. in der Massenpunktmechanik der Fall. Auch das Gedankenexperiment stellt eine solche "verbindende" Methode dar. Die in der Physik angewendeten Methoden ergeben sich als spezifische Erscheinungsformen allgemeiner wissenschaftlicher Methoden. Der Zusammenhang zwischen bestimmten Methoden (bspw. auch Hypothesenbildung - Modellbildung, Modellbildung - Gedankenexperiment u. v. a.), der aber nicht in der Physik allein ausgeprägt ist, liefert einen noch genauer zu analysierenden Beitrag zur Einheit der Physik.

Ogleich in der heutigen Physik durch die Unterteilung in experimentelle und theoretische Physik eine gewisse Arbeitsteilung in der Forschung besteht, bedeutet dies keine metaphysische, absolute Trennung von Experiment und Theorie und damit auch der Methodenbestandteile im Erkenntnisprozeß der Physik. Darin sehe ich einen Aspekt der Einheit der Physik. Für die Untersuchung der Theorienbildungsprozesse gewinnt gerade die Fragestellung nach den Bindegliedern von Experiment und Theorie sowie deren Zusammenhänge auch hinsichtlich erkenntnistheoretisch-methodolo-

gischer Probleme an Bedeutung. Man kann diese Bindeglieder - Modell, Gedankenexperiment, Hypothese - als Hauptbestandteile der in der entsprechenden Wissenschaft angewendeten Methoden auffassen. Die Untersuchung dieser Bindeglieder gibt Auskunft über die dialektische Wechselbeziehung zwischen erkennendem Subjekt und erkennendem Objekt. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die schöpferische Tätigkeit des erkennenden Subjektes von großer Bedeutung. Die betrachteten Bindeglieder stellen ebenso wie vollständige und abgeschlossene Theorien stets in gewisser Hinsicht eine Einheit von Abbild und Entwurf (Konstruktion) dar, sie können ineinander übergehen. Beispielsweise können Modelle hypothetisch formuliert oder es können Hypothesen über Modelle aufgestellt werden. Bestätigt sich die Hypothese, so bleibt das Modell Vorstufe zur Theorie, veranschaulicht eine Theorie oder ist idealisiertes Objekt der Theorie.

Weiterhin muß in Betracht gezogen werden, daß immer wieder Methoden oder Bestandteile dieser Methoden, die zunächst nur in einem Zweig der Physik angewendet bzw. entwickelt wurden, später auf anderen Gebieten fruchtbar wurden (Meßmethoden, mathematische Methoden usw.). So nutzte beispielsweise Maxwell bei der Aufstellung der Elektrodynamik noch mechanische Modelle, wobei er sich offensichtlich der Grenzen ihrer Anwendung bewußt geworden ist, betonte er doch die Rolle der Analogien. Auch in anderen Fällen kann sich zeigen, daß Modelle oder bestimmte Seiten von Modellvorstellungen, Begriffe usw. aus anderen Zweigen der Physik herangezogen werden müssen, um bestimmte Erscheinungen besser zu erklären. So blieb die Anwendung von Modellen aus der Festkörperphysik nicht auf dieses Gebiet der Physik begrenzt. Aber auch Vorstellungen und Methoden aus anderen Zweigen der Physik wie der Plasmaphysik und der Kernphysik wurden umgekehrt in die Festkörperphysik übernommen. A. Einstein und L. Infeld schrieben: "Ein Gedankengang, der in einem bestimmten Wissenschaftszweig entwickelt wurde, läßt sich oft auch auf die Beschreibung von Vorgängen anwenden, die scheinbar einen ganz anderen Charakter haben. Will man das tun, so modifiziert man häufig die ursprünglichen Begriffe, um das Verständnis für die Phänomene, auf die sie zurückgehen, als auch für jene, auf die sie

neuerdings angewandt werden sollen, zu erleichtern." /20/ Sie weisen auf das Modell des Newtonschen Gravitationsfeldes hin und vergleichen es mit dem Modell der Anziehung und Abstoßung in der Elektrostatik (Coulomb).

Die Wechselbeziehung zwischen den einzelnen Zweigen der Physik (aber auch mit anderen Wissenschaften), die Übernahme von modifizierten theoretischen Vorstellungen und Methoden der Physik ist also ein weiterer Aspekt der Einheit der Physik, wobei die vorgenommene Trennung der verschiedenen Aspekte nur relativer Art ist. Die Übernahme von theoretischen Vorstellungen oder Methoden in einen Zweig der Physik aus anderen Gebieten der Physik kann unmittelbar in die experimentelle und theoretische Tätigkeit eingehen. Wie die Geschichte der Physik zeigt, besteht aber mit der Übernahme theoretischer Vorstellungen und Methoden der Physik in andere Zweige der Physik auch die Gefahr der Verabsolutierung wissenschaftlich berechtigter Reduktionen. Insbesondere an solchen Stellen kann philosophische Begriffs- und Methodenkritik ansetzen und die Philosophie ihre heuristische Funktion gegenüber der Physik, die ich nicht auf solche Situationen beschränken möchte, erfüllen.

Letzten Endes steht aber auch die Frage nach den Zusammenhängen zwischen den als vorläufiges Endresultat des Erkenntnisprozesses entstandenen Theorien bzw. Theorienansätzen. Gerade dieser Aspekt der Einheit der Physik steht gewöhnlich im Vordergrund der Betrachtung. Es geht dabei um das historische Nacheinander von physikalischen Theorien oder Theorienansätzen, d. h. sich ablösenden Theorien bzw. -ansätzen. Es geht aber auch um das historische Nebeneinander miteinander konkurrierender Theorien oder Theorienansätze, wobei sich unter Umständen eine Theorie durchsetzen kann (z. B. Maxwell'sche Elektrodynamik) oder sie gleichberechtigt nebeneinander bestehen bleiben usw. Andererseits tritt eine sogenannte Korrespondenz von Theorien (klassische Mechanik-Relativitätsmechanik, klassische Mechanik-Quantenmechanik) auf. In Fällen, in denen Theorien, die sich nicht aufeinander reduzieren lassen, unterschiedliche physikalische Eigenschaften einer objektiv-realen Erscheinung untersuchen, könnte man von einer



komplementären Zusammenhängen oder "Komplementarität" zwischen den Theorien sprechen. Das betrifft m. E. in erster Linie ganze Gebiete der Physik wie die Festkörperphysik im weitesten Sinne, in der von klassischer Mechanik bis zur Quantenfeldtheorie eine Vielzahl physikalischer Theorien zur Untersuchung unterschiedlichster Festkörpereigenschaften angewendet werden. Solche "Komplementarität" von Theorien widerspricht jedoch keinesfalls Bemühungen zur Bildung physikalischer Einheitstheorien, sondern kann sie gegebenenfalls anregen. Das Verhältnis von physikalischen Einheitstheorien /21/ und Spezialtheorien der Physik wurde in der marxistisch-leninistischen Literatur bereits näher untersucht. Es wurde festgestellt, daß es nicht nur um die Verallgemeinerung und Zusammenfassung theoretischer Erkenntnisse in immer allgemeineren Theorien geht, sondern auch um die Erkenntnis neuer physikalischer Eigenschaften, Gesetze und Bindungen. Die angedeuteten Zusammenhänge zwischen den Theorien, einschließlich ihrer Beziehungen über die entsprechenden Methoden der Physik zeigen aber gleichzeitig, daß im Zusammenhang mit der Analyse der Struktur physikalischer Theorien eine Auffassung von der Theorie als allgemeines Aussagensystem eine andere Ebene der Untersuchung darstellt.

Wir müssen weiter in Betracht ziehen, daß wir es in der Physik auch mit Geräte- und Meßtheorien zu tun haben, d. h. mit Theorien über bestimmte Methoden. Aber auch die Grenze zwischen den Bindegliedern von Experiment und Theorie und der Theorie selbst kann sehr unscharf sein, beispielsweise dann, wenn Modelle bereits als als-ob-Theorie benutzt werden. Zieht man in Betracht, daß diese Bindeglieder, was ich besonders unterstreichen möchte, nicht nur Mittel der Erkenntnis, sondern auch Form der Erkenntnis, d. h. selbst Resultat einer bestimmten Etappe des Erkenntnisprozesses darstellen, so sollte der Unterschied zwischen ihnen und den Theorien vor allem in ihrer Funktion im Erkenntnisprozeß gesehen werden.

Das Problem der "Einheit der Physik" weist demnach verschiedene Aspekte auf. Obgleich sie durchaus getrennt untersucht werden, scheint eine Reduktion der "Einheit der Physik" auf einen einzigen Aspekt

nicht möglich.

#### Literatur:

- /1/ Eine Reihe von Fragen zur "Einheit der Physik" und zur Weltbildproblematik werden in Arbeiten von marxistisch-leninistischen Philosophen der UdSSR und auch der DDR diskutiert: Akcurin, I.A.: Die Einheit des naturwissenschaftlichen Wissens, (Russ.), Moskau 1977
- /2/ Cechmistro, U.Z.: Zur Frage über die Einheit des Wissens, in: Materialistische Dialektik und Einzelwissenschaften, (Russ.), Leningrad 1976
- /3/ Simanov, A.L.: Das physikalische Weltbild und der Begriff "Zustand" als sein Element, in: Logisch-methodologische Probleme der Natur- und Gesellschaftswissenschaften, (Russ.), Novosibirsk 1977
- /4/ Ivanenko, D.O.: Über das einheitliche physikalische Weltbild, die Unerschöpflichkeit der Materie und einige Probleme der Elementarteilchentheorie, (Russ.), Vopr.fil. (Moskau) (1959) 6
- /5/ Synthese des modernen wissenschaftlichen Wissens, (Russ.), Moskau 1973
- /6/ Ivanov, V.G.: Physik und Weltanschauung, (Russ.), Leningrad 1975
- /7/ Mostepanenko, A.M.: Methodologische und philosophische Probleme der modernen Physik, (Russ.), Leningrad 1977
- /8/ Horstmann, H.: Studien zur metaphysischen und dialektisch-materialistischen Denkweise, Berlin 1977
- /9/ Heisenberg, W.: Der Teil und das Ganze, München 1976
- /10/ Heisenberg, W.: Schritte über Grenzen, München 1973
- /11/ Philosophische Probleme der Elementarteilchenphysik, Berlin 1965
- /12/ Hörz, H.: Werner Heisenberg und die Philosophie, Berlin 1966
- /13/ Vergleiche bspw.: Synthese des modernen wissenschaftlichen Wissens, (Russ.), Moskau 1973
- /14/ Hörz, H.: Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften, Berlin 1974, S. 92 ff



- /15/ Hager, N.: Einige Anmerkungen zur "Einheit der Physik" im Zusammenhang mit der Physikgeschichte, Manuskript, Vortrag auf der Konferenz "Philosophie und Naturwissenschaften in der Geschichte", Humboldt-Universität zu Berlin, 14. - 16. Dezember 1977
- /16/ Hager, N., Röseberg, U.: Philosophisch-weltanschauliche Aspekte des Weltbildes der klassischen Physik: DZfPh 25 (1977) 5
- /17/ Ebenda, S. 578
- /18/ Hörz, H.: Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft, Berlin 1971
- /19/ Vgl. Radzumovskij, O.S.: Der moderne Determinismus und die Extremalprinzipien in der Physik, (Russ.), Moskau 1975
- /20/ Einstein, A., Infeld, L.: Die Evolution der Physik, Hamburg 1966
- /21/ Vgl. beispielsweise Hörz, H.: Der Beitrag der Physik zur Entwicklung des Weltbildes, Phys. Gesellschaft der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1977

#### Verfasser:

Dr. Nina Hager  
 Zentralinstitut für Philosophie  
 Akademie der Wissenschaften der DDR  
 DDR - 108 Berlin  
 Otto-Nuschke-Straße 10/11



Hans-Georg Schöpf

### Zur Naturdialektik der klassischen deutschen Philosophie

Im Jahre 1755 verfaßte Immanuel Kant seine "Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels". Es war die erste moderne materialistische, d. h. selbstkonsistente Kosmogonie. Friedrich Engels bezeichnete sie in seiner "Dialektik der Natur" als "Springpunkt alles ferneren Fortschritts. War die Erde etwas Gewordenes, so mußte ihr gegenwärtiger geologischer, geographischer, klimatischer Zustand, mußten ihre Pflanzen und Tiere ebenfalls etwas Gewordenes sein"./1/

Um diese in Kants Kosmogonie angesetzte, selbstkonsistente Evolution der Natur im Detail zu erfassen, mußten die Unzulänglichkeiten des mechanischen Weltverständnisses aufgedeckt und überwunden werden. Hierüber war sich schon Kant im klaren. Er, der die Entwicklung "des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Gesichtspunkten abhandelt" /2/ hatte, unterstreicht in der "Kritik der Urteilkraft" die Unmöglichkeit, "auch nur die Erzeugung eines Grashalms" nach "bloß mechanischen Prinzipien der Natur" /3/ zu begreifen.

Das allerdings liege an "den Bedingungen und Schranken unserer Vernunft"/4/, und nicht etwa daran, daß die organische Natur an sich eben nicht bloß mechanisch verfährt. Die theoretische Vernunft zielt überhaupt nicht auf die Dinge, wie sie an sich, d.h. unabhängig vom Bewußtsein existieren, sondern wie sie uns erscheinen, und sie erscheinen nun einmal nicht so, wie sie sind, sondern so, wie es ihnen der Verstand vorschreibt.

Schwerlich von der so in sich gefesselten theoretischen Vernunft, als vielmehr von der Vernunft, um deretwillen Kant die theoretische in die Fesseln des subjektiven Idealismus geschlagen hatte, von der praktischen Vernunft also, sollte die Überwindung des mechanistischen Naturverständnisses ausgehen. Sie erfolgt auf dem Umweg, den in merkwürdiger Verstiegtheit die Philosophie des humanen Bereiches einschlägt.

Deren Thema war im bürgerlichen Zeitalter natürlich die Freiheit. Kant sieht sie im Widerspruch zur Naturgesetzlichkeit. Diese aber hatte die "Kritik der reinen Vernunft" in den Bereich der Erscheinungen verwiesen. Unfrei wäre der Mensch somit nur in diesem Bereich, als empirisches Wesen; hingegen als intelligibles Wesen, als Persönlichkeit, sei er frei, dem Naturgesetz nicht unterworfen, sondern nur seiner praktischen Vernunft, die dann verständlicherweise nicht den Inhalt, sondern nur die Motivation des Handelns betreffen kann. Die unterentwickelten sozialökonomischen Zustände Deutschlands, unter denen es aussichtslos erscheinen mußte, die bürgerlichen Freiheiten objektiv zu verwirklichen, bildeten den gesellschaftlichen Hintergrund der Philosophie der praktischen Vernunft.

Indessen war sie von Kant ja nicht ohne Verve vorgetragen; keineswegs quietistisch deklamiert sie den kategorischen Imperativ der Pflicht mit echtem Pathos. So ist es möglich, daß Fichte, als in Frankreich die bürgerlichen Freiheiten erkämpft waren, das Kantische Imperativ nun als Aufforderung versteht, die Welt zu verändern, ja revolutionär umzugestalten. Und dementsprechend gelangt er von Kant ausgehend zu einer Philosophie, deren alleiniger Gegenstand die Aktivität, die Tat als das Ursprüngliche ist, aus dem alles andere folgt.

Macht der Dichter einen solchen Gedanken durch die schlichten Worte "Im Anfang war die Tat" unsterblich, so bringt ihn aber Fichte in ein höchst seltsam anmutendes System. Da nach Kant die praktische Vernunft die Person, nicht die Natur betrifft, diese der Freiheit vielmehr entgegenstehe, sieht Fichte die Anfangstat darin, daß sich die Person, "das Ich", selbst "setzt". Weil es jedoch so ganz allein auch nicht schön ist, setzt es zugleich seinen Gegensatz, und in der weiteren "Auseinandersetzung" wird die ganze Welt produziert.

Hiermit ist fraglos die Höhe des subjektiven Idealismus erreicht. Trotzdem kann man ein progressives Element erblicken. Gegen alles Starre, Unveränderliche, ein für alle Mal Gegebene, Fertige, stellt die Philosophie der Tat die Produktivität, die Veränderlichkeit, dauernde Umgestaltung und Entwicklung, die

Dialektik gegen die Metaphysik.

Der junge Schelling begründet nun 1797 und in den folgenden Jahren die Naturdialektik der deutschen klassischen Philosophie, indem er von der Tathandlung des subjektiven Ichs zur Produktivität der Natur übergeht, damit die progressiven Gedanken der Philosophie des humanen Bereichs adaptiert und sie von ihrem wunderlichen Gewand befreit - allerdings nur in gewissem Maß, wie man einschränkend hinzufügen muß. Denn den progressiven Elementen stehen durchaus retrograde gegenüber, entsprechend der Ambivalenz der ganzen Romantik. Einerseits Protest gegen den gesellschaftlichen Status quo, den es unbedingt zu verlassen galt, ist die Romantik andererseits durchaus bereit, sich zu diesem Zweck gegebenenfalls nach rückwärts zu wenden, was etwa in der romantischen Verklärung des Mittelalters zum Ausdruck kommt, wie denn überhaupt der gesellschaftliche Status quo in den ersten Dezennien des 19. Jahrhunderts auf dem schmalen Grat zwischen Revolution und Restauration lokalisiert war.

Was Schelling angeht, so sprechen wir hier gar nicht von seinem späteren Abgleiten in Mystizismus und Irrationalismus. Bereits sein Jugendwerk ist nicht unzweideutig. Dessen aus Anlaß von Schellings 200. Geburtstag jüngst erfolgte Würdigung hebt natürlich die positiven Aussagen hervor /5/. Vergißt man darüber, daß diese in mühseliger Weise aus hunderten schwer lesbaren Seiten herausdestilliert worden sind, so kann leicht ein überhelter Gesamteindruck entstehen. Nehmen wir beispielsweise ein die Objektivität der Natur betonendes Schelling-Zitat: "Im Begriff der Natur liegt es nicht, daß auch ein Intelligentes sei, was sie vorstellt. Die Natur, so scheint es, würde sein, wenn auch nichts wäre, was sie vorstellt." /6/ Indessen, dieses mehrfach angeführte Zitat stammt aus Schellings "System des transzendentalen Idealismus", welcher - wie es auf der übernächsten Seite heißt - "vom Subjektiven, als von Ersten und Absoluten, auszugehen, und das Objektive aus ihm entstehen zu lassen" /7/ hat. Solchen Transzendentalismus stellt Schelling hier der in entgegengesetzter Richtung operierenden Naturphilosophie gleichberechtigt zur Seite. Eine gewisse Konsolidierung erfolgt in die-



ser Frage, als schließlich Hegel unter Schellings unmittelbarem Einfluß zum objektiven Idealismus übergeht. Freilich, dauernde Stabilität konnte diese hybride Konstruktion nicht erlangen, nach welcher die Natur objektiv, d. h. vom menschlichen Bewußtsein unabhängig, und dennoch geistartig (als "Idee in ihrem Anderssein") sein sollte. Je nach Betonung des einen oder des anderen Moments kommen progressive oder antiquierte Töne zum Erklingen.

So hört es sich gut an, wenn wir bei Schelling lesen: "Die 'ganze' Theorie setzt überall den Grundsatz voraus, daß wir in der organischen Natur, so wunderbar, d. h. unerklärt ihre Erscheinungen auch sein mögen, nichts anderes als das Spiel eines höheren zwar, deswegen aber doch immer noch aus Naturursachen und Naturkräften erklärbaren Mechanismus erblicken." /8/ Wir stoßen jedoch auf kein konkretes Bemühen, den inneren materiellen Mechanismus aufzudecken. Vielmehr führt die Annahme einer irgendwie geisterartigen Natur zu teleologischen Konstruktionen, zur Übertragung der Kategorien ihrer höheren Bewegungsformen auf die Natur als Ganzes, welche als ein großer Organismus angesehen wird.

Jedoch ist eine hylozoistische Interpretation nicht unabdingbare Konsequenz des Schellingschen dynamischen Naturverständnisses. Ihm zufolge ist die Natur schaffend, natura naturans, Produktivität. Der überall und immer identische Produktionsprozeß konstituiert die Einheit der Natur. Die vielfältigen Naturgegenstände sind seine Produkte. Nun werden solche gewöhnlich nach Vollendung des entsprechenden Produktionsvorganges verfügbar. Aber die für Schelling als Romantiker selbstverständlich unendliche Produktion kann nicht beendet, sondern nur gehemmt werden.

Dazu wiederum ist gegenläufige Aktivität erforderlich. So kommt es zur Urdialektik, zur "Duplizität in der Identität und Identität in der Duplizität". Diese Formel wird, nachdem sie von Hegel aufgenommen war, schließlich in der materialistischen Dialektik zum Gesetz von der Einheit der Gegensätze weiterentwickelt werden. Bei Schelling sind freilich "die einzelnen Gegensätze, die wir im Universum erblicken" - man weiß nicht recht wie -

"nur Sprößlinge jenes einen Urgegensatzes". /9/ Der eine Produktionsprozeß spaltet in sich auf, verläuft in verschiedenen Richtungen, bringt auf diese Weise die Mannigfaltigkeit der Gegensätze, der "Polaritäten", und als deren dynamische Gleichgewichtszustände die Naturprodukte hervor. Wegen der unendlichen Produktivität ist den Produkten ein Moment der Unerschöpflichkeit zu eigen, denn sie können "bloß Scheinprodukte" sein, d.h. in jeden muß wieder die Tendenz zur unendlichen Entwicklung liegen, jedes Produkt wieder in Produkte zerfallen können". /10/ Beginnend mit "ursprünglichen Produktionen" der anorganischen Materie, über erste primitive Organismen bis hin zum Menschen finden jene Produkte in einer geordneten Reihe ihren Platz, je nachdem der Produktionsprozeß früher oder später gehemmt wurde. Sie gehen für Schelling nicht auseinander hervor, erwecken aber den Anschein dessen. Wie sich versteht, drängt diese Konstruktion dazu, sich selbst aufzuheben und die tatsächliche Deszendenz anzunehmen sowie dann nach deren materiellen Mechanismus zu suchen.

In ähnlich indirekter Weise anregend wirkten auch Spekulationen der Romantik über die anorganische Natur, auf die wir uns nun in diesen vornehmlich für Physiker bestimmten Darlegungen beschränken. Spekulationen über Probleme der Mechanik, z. B. die Schwere, konnten bereits im letzten Lustrum des 18. Jahrhunderts gegen die glanzvolle mathematische Mechanik eigentlich nicht konkurrieren. Anders stand es mit den übrigen naturwissenschaftlichen Disziplinen. Die Wärmelehre hatte gerade verstanden, zwischen Wärmemenge und Temperatur zu unterscheiden und laborierte ohne seriöse Theorie mit den kalorischen Eigenschaften der Materie. Schelling hatte Begriffe wie "spezifische Wärme" eifrig aufgegriffen, sie aber eher konfundiert als erhellt. In der Elektrizitätslehre standen die aufsehererregenden Entdeckungen Galvanis und Voltas im Mittelpunkt des Interesses, wobei aber die Konstruktion der "Säule" noch nicht erfolgt war. Die Chemie, deren atomistische Interpretation durch Dalton noch ausstand, hatte den Sauerstoff entdeckt und seine Rolle beim Verbrennungsprozeß geklärt. Dieser Prozeß und jenes Element sind Lieblingsgegenstände des jungen Schelling.

Als relativ am folgenreichsten sollte sich sein Postulat der Einheit von Magnetismus, Elektrizität und Chemismus erweisen. Freilich, seine Begründung dieser Behauptung konnte bei dem damaligen unterentwickelten Stand der physikalischen Theorie zwar vortragen werden, wirkt jedoch wenig überzeugend. Es soll sich hier nämlich auf unterer Stufe der Urgegensatz manifestieren, den wir oben erwähnt haben. Und zwar trete die Polarität beim Magnetismus in einem Körper auf, bei der Elektrizität verteile sich ebendieselbe auf zwei verschiedene Körper, während sich im chemischen Prozeß genau dieser Gegensatz ausgleiche, indem sich die differenten Körper durchdringen und eins werden. Noch phantastischer ist die "Theorie", daß Magnetismus, Elektrizität und Chemismus die erste bzw. zweite und dritte Dimension des Raumes konstituieren.

Entgegen einer verbreiteten Auffassung haben aber die Romantiker über derartige Spekulationen die Empirie durchaus nicht völlig vergessen. So führt Schelling zum Beweis der Verwandelbarkeit von Licht in Wärme an, daß sich Körper bei Bestrahlung umso besser erwärmen, je weniger durchsichtig sie sind. Als Kabinettstück kann bezeichnet werden, daß die in Richtung abnehmender Oxydierbarkeit verlaufende elektrochemische Spannungsreihe offenbar unmittelbar aus dem Laboratorium J.W. Ritters in Jena rezipiert wurde. Unzutreffend ist allerdings der Schluß auf den Sauerstoff als die materielle Basis der negativen Elektrizität.

Wie anfänglich bei Schelling, findet man umfangreiches mehr oder minder sicheres empirisches Material auch in der Naturphilosophie Hegels. Sie ist in ihrem Gehalt Schelling weitgehend verpflichtet, aber ungleich systematischer dargestellt. Kann man die enthusiastisierende Wirkung eines solchen einheitlichen Systems der Naturnachempfinden, so ist die beim Erscheinen der Schellingschen Naturphilosophie noch ohne Skrupel zu bejahende Frage ein viertel Jahrhundert später an Hegel gerichtet schon sehr heikel: Gestattete der Entwicklungsstand der Naturwissenschaft noch, in dieser Weise über die Natur zu philosophieren? Waren solche für uns unerträglichen Formulierungen wie die folgende noch erlaubt?

"Wir aber fassen die elektrische Spannung als die eigene Selbstischkeit des Körpers ... Es ist der eigene Zorn, das eigene Aufbrausen des Körpers ... Sein jugendlicher Mut schlägt aus, er stellt sich auf die Hinterbeine; seine physikalische Natur rafft sich gegen die Beziehung auf anderes zusammen, und zwar als abstrakte Idealität des Lichts." /11/

Dieses Zitat führt Friedrich Engels in seiner Naturdialektik schonend nur in gekürzter Form an, und zwar im Vergleich mit der physikalischen Literatur, die um 1840 "mindestens ebenso tolle Sachen" enthält. In diesem Zusammenhang wird insbesondere auf Faraday hingewiesen, dessen heterodoxe Imaginationen über Polaritäten, Kraftlinien u. ä. in der Tat an die romantische Naturphilosophie erinnert. Wie Engels unterstreicht, hat Faraday denselben Grundgedanken wie die Romantik: Die Elektrizität ist ein Zustand der Materie und keine eigne aparte Materie. Dementsprechend reagiert der alte Schelling auf Faradays Entdeckung der elektromagnetischen Induktion (1831) mit einer Rede, in dem er sich mit dem Anspruch zitiert, den Zusammenhang von Magnetismus, Elektrizität und Chemismus vorausgesagt zu haben. Davon könnte vielleicht folgende, 1799 niedergeschriebene Bemerkung am ehesten überzeugen: "Um jenen Zusammenhang in volle Evidenz zu setzen, fehlt uns das Zentralphänomen oder das Zentralexperiment, ... in welchem alle jene Funktionen der Materie, Magnetismus, Elektrizität usw. in einem Phänomen so zusammenlaufen, daß die einzelne unterscheidbar ist - daß nicht das eine unmittelbar sich in das andere verliert, sondern jede gesondert dargestellt werden kann." /12/

Schon vor Faraday und bestimmter als er hatte sich Ørsted zur systematischen Suche nach einem elektromagnetischen Effekt von solchen Gedankengängen romantischer Naturphilosophie bewegen lassen. Ihr Postulat, nach dem sich hinter der Mannigfaltigkeit der Vorgänge eine einzige Produktivität verberge, hat schließlich J.R. Mayer dahingehend akzentuiert, daß jene Einheit in der Vielfalt als quantitative Unzerstörbarkeit bei qualitativer Wandelbarkeit zu verstehen sei.



Auf solchem von der Romantik zum Energiesatz führenden Wege gerät aber Mayer bekanntlich in Schwierigkeiten, weil inzwischen die Zeit dieser Naturphilosophie schon abgelaufen war. Offenkundig widerspricht ihre ganze Anlage dem für naturwissenschaftliches Arbeiten erforderlichen intellektuellen Habitus in einem solchen Maße, daß ihr Zusammenbruch unausweichlich war, sobald die Entwicklung der Naturwissenschaft eine gewisse kritische Grenze überschritten hatte.

Das gilt trotz gewisser in der Folgezeit auftretender rückläufiger Tendenzen. So wurde der geistige Höhenflug Hegels nicht allertorten durch solide Theorie, sondern mitunter auch durch platten Empirismus ersetzt, und die solide Theorie zog sich von der romantischen Dialektik partiell auf Positionen des mechanischen Materialismus zurück. Die Analyse solcher Erscheinungen ist ein vorrangiges Anliegen der Naturdialektik von Friedrich Engels.

Dieses gedankenreiche Werk kann natürlich auf knapp bemessenem Raum nicht gewürdigt werden. Wir unterstreichen in unserem Zusammenhang nur, daß Engels im Unterschied zu seinen Zeitgenossen der romantischen Naturphilosophie Gerechtigkeit widerfahren läßt, jedoch nicht deren rezipierende Neuauflage ins Auge faßt. Er sieht vielmehr die fragliche Erscheinung an ihrem historischen Ort, und das hat er nicht zuletzt von Hegel gelernt. Dessen große Stärke war ja nicht die Naturphilosophie, sondern die Anwendung der dialektischen Methode bei der Analyse der konkreten historischen gesellschaftlichen Situation. Eben das inspirierte die Klassiker des Marxismus zur Fortsetzung und Weiterführung speziell in der politischen Ökonomie und in der Gesellschaftswissenschaft allgemein. Konzeptionen, die auf diesem Gebiet entwickelt wurden und sich hier bewährt haben, führt dann die Naturdialektik zum Verständnis der Natur ins Feld.

Man kann sich hier an Schellings Rezeption der Philosophie des humanen Bereichs in die Naturphilosophie erinnern, wenn die inzwischen ganz neuen Umstände nicht übersehen werden. Der dialektische Materialismus, dessen Bestandteil die materialistische Naturdialektik ist, war ja von vornherein als Philosophie der Arbeiterklasse konzipiert, die Engels in diesem Zusammenhang



als Erben der klassischen deutschen Philosophie bezeichnet. Die Naturwissenschaftler des 19. Jahrhunderts dagegen stehen weder auf Seiten der Arbeiterklasse, noch verstehen sie sich als Erben der klassischen deutschen Philosophie. Im Gegenteil, für sie begründet der Zusammenbruch der romantischen Naturphilosophie eine betont aphilosophische Haltung. Nun wirken aber derartige ideologisch bedingten Einstellungen weiter fort, wenn die gesellschaftlichen Zustände, unter denen sie entstanden, schon aufgehoben sind. Die fortschrittliche Philosophie und die Fortschritte der Naturwissenschaft ins rechte Verhältnis zu setzen, ist daher auch für uns noch heute aktuelle Aufgabe.

#### Literatur:

- /1/ Marx, K., Engels, F.: Werke, Berlin 1958, Bd. 20, S. 316
- /2/ Kant, I.: Sämtliche Werke, Insel-Verlag Leipzig 1922 ff, Bd. 2, S. 251
- /3/ Ebenda, Bd. 6, S. 294
- /4/ Ebenda, Bd. 6, S. 295
- /5/ Wiss.Z. Friedrich-Schiller-Universität Jena, gesellsch. sprachwiss.R. 25 (1976), 1) Schelling Sonderheft; Lange, E. (Hrsg.): Die Philosophie des jungen Schelling, Weimar 1977; Förster, W.: Die Entwicklungslinie in der deutschen Naturphilosophie. In: Veränderung und Entwicklung, Berlin 1974
- /6/ Schelling, F.W.J.: Werke München 1927 f, Bd. 2, S. 340
- /7/ Ebenda, Bd. 2, S. 342
- /8/ Ebenda, Bd. 2, S. 180
- /9/ Ebenda, Bd. 2, S. 250
- /10/ Ebenda, Bd. 2, S. 5
- /11/ Hegel, G.W.F.: Sämtliche Werke, Jubiläums-Ausgabe Stuttgart 1929, Bd. 9, S. 374
- /12/ Schelling, F.W.J.: Werke, Bd. 2, S. 320

#### Verfasser:

Prof. Dr. H.-G. Schöpf  
Technische Universität Dresden/Sektion Physik  
DDR - 8027 Dresden, Mommsenstraße 13



Dialektische Elemente der Naturphilosophie von L. Boltzmann  
( L. Boltzmann und die Naturphilosophie der modernen Physik).

---

Die Geschichte kennt viele Beispiele bedeutender Männer, die in Entwicklungsphasen zu qualitativ veränderten Stappen des gesellschaftlichen Fortschritts den anstehenden Problemen in klaren Fragestellungen Form geben konnten und einen Beitrag zu ihrer Lösung leisteten. Auf wissenschaftlichem Gebiete kommt dem Werke Boltzmanns ( 1844-1906) in der Phase des Übergangs von der klassischen zur modernen Physik diese Bedeutung zu.

Boltzmann hatte nach dem Studium der Physik an der Wiener Universität an verschiedenen österreichischen und deutschen Universitäten Lehrstühle für experimentelle und theoretische Physik, Mathematik und als Nachfolger von E. Mach den Lehrstuhl für Naturphilosophie an der Wiener Universität inne/1/.

Bogoljubov /14/ vergleicht die Bedeutung , aber auch das tragische Mißverständnis der genialen Ideen Boltzmanns in der Geschichte der Physik mit der Georg Kantors in der Mathematik. Ähnliche Äußerungen finden wir bei weiteren hervorragenden Vertretern der Physik der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts /1/. Jedoch wird man der Bedeutung Boltzmanns in keiner Weise gerecht, wenn er nur als der bedeutende theoretische Physiker gewürdigt wird, ja die Tiefe seiner Physik tritt erst im Lichte seiner philosophischen Anschauungen klar hervor.

Insbesondere bei der Entwicklung seines statistischen Konzeptes der Entropie /5/ setzte sich Boltzmann verstärkt mit naturphilosophischen Problemen auseinander. Über das tiefe Verständnis des Verhältnisses von Kontinuität und Diskontinuität gelangen ihm Einsichten in dialektische Zusammenhänge

der objektiven Realität und der menschlichen Erkenntnis.

Im Gegensatz zu vielen seiner Kollegen, die die Kontinuität nur als logische Negation der Diskontinuität auffassen und sich auf die mathematischen Definitionen beschränken, erfaßte Boltzmann schon frühzeitig die Komplexität der Wirkungsweise dieses Verhältnisses: " Zu den Fragen, die ich oben erwähnt habe, welche so alt sind wie die Naturwissenschaft selbst, ohne bisher eine Lösung gefunden zu haben, gehört die, ob die Materie kontinuierlich oder ob sie aus diskreten Bestandteilen ( aus sehr vielen, aber doch nicht im mathematischen Sinne unendlich viel Individuen ) zusammengesetzt zu denken ist. Es ist dies eine der schwierigsten Fragen, welche das Grenzgebiet der Philosophie und Physik bilden ..... Gerade die vorliegende ist für die Naturwissenschaft zu aktuell, als daß man ihr ganz hätte aus dem Wege gehen können; aber man kann sie nicht diskutieren, ohne zugleich noch tieferliegende zu berühren, wie die nach dem Wesen des Kausalgesetzes, der Materie, der Kraft usw." /2/.

Seine materialistische Erkenntnistheorie und Stellung zur Mathematik führten ihn zu diesem Verständnis. Lenin schätzt ein: " Boltzmann hat natürlich Angst sich Materialist zu nennen ( 1905 wurde Boltzmann deutlicher P.J. )/5/ und erklärt sogar ausdrücklich, daß er durchaus nicht gegen die Existenz Gottes sei. Seine Erkenntnistheorie ist jedoch ihrem Wesen nach materialistisch /6/.

Grundlage des Erkenntnisprozesses ist für Boltzmann die objektive Realität der Naturgesetze. In " Über statistische Mechanik " /2/ äußert er: " So ist die Gesetzmäßigkeit des Naturgeschehens die Grundbedingung aller Erkennbarkeit " und bemerkt weiter: " Wir dürfen nicht die Natur aus unseren Begriffen ableiten wollen, sondern müssen die letzteren der ersteren anpassen. In dem gleichen Vortrag bekräftigt er: " Wir werden vielmehr einestheils nur vom Gegebenen ausgehen, andererseits aber bei der Bildung und Verbindung unserer Begriffe keine andere Rücksicht kennen als das Bestreben, einen möglichst

adäquaten Ausdruck des Gegebenen zu erhalten". Konsequenz tritt er für eine Trennung zwischen Naturwissenschaft und Religion ein /3/. In dem schon öfter zitierten Vortrag "Über statistische Mechanik" nimmt er auch hierzu Stellung, in dem er vertritt: "Meine gegenwärtige Lehre ist total verschieden von der, daß gewisse Fragen außerhalb der Grenzen des menschlichen Erkennens fallen".

Boltzmann ist eine agnostizistische Position fremd. Sein Optimismus erklärt sich aus seiner Position zum Wesen und der Struktur der menschlichen Erkenntnistätigkeit, aus seiner Einsicht in das Verhältnis von relativer und absoluter Wahrheit, die ihn an die Spitze der philosophierenden Physiker seiner Zeit stellt, wie die folgenden Ausführungen belegen werden.

Nachdem geklärt wurde, daß die Objektivität des Naturgeschehens Grundlage der Erkenntnis ist, stellt sich die Frage nach der Struktur des Erkennens. Boltzmanns Antwort in seiner Arbeit "Über die Bedeutung von Theorien" /4/ lautet: "Ich bin der Meinung, daß die Aufgabe der Theorie in der Konstruktion eines rein in uns existierenden Abbildes der Außenwelt besteht. Es ist ein eigentümlicher Trieb des menschlichen Geistes, sich ein solches Abbild zu schaffen und es der Außenwelt immer mehr und mehr anzupassen ... Die stete Vervollkommnung dieses Abbildes ist nun die Hauptaufgabe der Theorie".

Wir finden hier eine weitgehende Übereinstimmung mit materialistisch-dialektischen Positionen, wie sie Engels und Lenin entwickelt haben. "In der Erkenntnistheorie muß man, ebenso wie auf allen anderen Gebieten der Wissenschaft, dialektisch denken, d.h. unsere Erkenntnis nicht für etwas Fertiges und Unveränderliches halten, sondern untersuchen, auf welche Weise das Wissen aus Nicht-Wissen entsteht, wie unvollkommenes, nicht exaktes Wissen zu vollkommenerem und exakterem Wissen wird" /5/, finden wir bei Lenin.

Kritisch sei hier vermerkt, daß Boltzmann, wie die weiteren Ausführungen, insbesondere die Schlußzitate belegen, sich



zwar der gesellschaftlichen Ursachen und Ziele der menschlichen Erkenntnis bewußt war, aber in seiner Analyse der komplizierten Stellung des Subjektes im Erkenntnisprozeß doch dieser Bezug zum Teil nicht immer beachtet wurde.

Gestützt auf seine Einsicht in das Verhältnis von relativer und absoluter Wahrheit, gelang es Boltzmann, die Umwälzung der Physik und ihre Bedeutung richtig in den physikalischen Erkenntnisprozeß einzuordnen.

Ganz im Gegensatz zu den mechanischen Materialisten - denken wir nur an den Laplace'schen Dämon -, welche ihre Gleichungen und Theorien in absoluter Kongruenz mit den Naturgesetzmäßigkeiten sahen, vertritt hier Boltzmann den dialektischen Standpunkt der Annäherung der relativen an die absolute Wahrheit.

Dieser Prozeß der asymptotischen Annäherung der Theorien an die absolute Wahrheit ist kein einfacher.

" Betrachten wir den Entwicklungsgang der Theorie näher, so fällt zunächst auf, daß derselbe keineswegs so stetig erfolgt, als man wohl erwarten würde, daß er vielmehr voll von Diskontinuitäten ist. .... Es ist übrigens ein Prozeß, der keineswegs auf die theoretische Physik beschränkt ist, vielmehr in der Entwicklungsgeschichte aller Zweige menschlicher Geistes-tätigkeit wiederzukehren scheint ..... . Wir werden uns daher nicht mehr wundern, daß die theoretische Physik keine Ausnahme von diesem allgemeinen Entwicklungsgesetz ist ". /1/

Auch für Boltzmann ist die Betonung des Primats der Natur gegenüber dem Denken nur bei der Beantwortung der Grundfrage der Philosophie von absolutem Charakter, relativ erscheint sie ihm im Erkenntnisprozeß. Er ist sich ihrer gegenseitigen Durchdringung im realen Erkenntnisvorgang bewußt. Unser Denken ist historisch entstanden, dringt immer tiefer in die Zusammenhänge von Natur und Gesellschaft ein und erreicht einen höheren Grad relativer Selbständigkeit. Dabei warnt Boltzmann davor, daß es dazu kommen kann, " daß man bei fortdauernder Vertiefung in die Theorie das Bild für das eigentlich Existierende hielte ". /1/

Wir aber wissen, " daß sich die Verknüpfung der inneren Ideen, die wir von den Gegenständen entwerfen immer mehr der Verknüpfung der Gegenstände anpaßte ". /7/

Im Lichte dieser Sätze sind solche Worte aus den angeführten Zitaten einzuschätzen, wie z.B. " Mechanismen " usw.. Wichtig ist, daß Boltzmann den objektiven Gehalt unserer Abbilder betont. Wir dürfen die relative Selbständigkeit der Abbilder nicht als Primat derselben auffassen, warnt Boltzmann in seiner Polemik gegen den Idealismus. Ein tieferes Verständnis gewinnen wir durch die Analyse der Entwicklung unseres Denkens. In dem Artikel " Objektive Existenz der Vorgänge in der belebten Natur " schreibt er dazu: " Vermöge derselben ist es höchstwahrscheinlich, daß jedem psychischen Vorgang ein materieller Vorgang im Gehirn entspricht ". /1/ " Erst wenn man einsieht, daß Geist und Wille nicht ein Etwas außer dem Körper, daß sie vielmehr komplizierte Wirkungen von Teilen der Materie sind, deren Wirkungsfähigkeit durch Entwicklung immer vollkommener wird, erst wenn man einsieht, daß Vorstellung, Wille und Selbstbewußtsein nur die höchsten Entwicklungsstufen derjenigen physikalisch-chemischen Kräfte der Materie sind, ...., wird einem in der Psychologie alles klar ". /1/

Der Mensch ist komplizierter und unerschöpflicher als jede von uns erdachte Apparatur, führt Boltzmann in seiner Leipziger Antrittsrede /3/ im Gegensatz zu den Ansichten anderer Autoren ( z.B. La Mettrie ) aus, obwohl auch deren Position einen Fortschritt gegenüber den vor ihnen vertretenen Ansichten ( metaphysischen ) bedeutete. Es zeugt von der Tiefe und Universalität Boltzmannscher Gedanken, daß er ausgehend von dieser Position - sie fachlich umsetzend - ein Gesamtbild der Entwicklung des menschlichen Denkens auf materieller Grundlage entwarf. Er diskutiert die Möglichkeiten und Bedingungen der Entstehung des Weltalls und unserer Erde /7/, betont die Rolle des Zufalls für die Entstehung des Lebens, das sich aus einfachsten materiellen Formen zu primitivem Leben entwickelt /1/, lenkt die Aufmerksamkeit auf die Darwinsche Lehre, wobei er die Rolle der Instinkte und Reflexe diskutiert /1/ und schreibt

dann weiter zu diesem Problem: " Bei diesen ( den einfachsten Lebewesen P.J.) entstanden sie ( die Denkgesetze - P.J.) auch langsam durch einfache Erfahrung und vererbten sich auf höher organisierte Wesen fort. Dadurch erklärt es sich, daß darin synthetische Urteile vorkommen, /2/ ... ". Bei der weiteren Vervollkommenung des menschlichen Denkens kommt seiner praktischen Tätigkeit und der Sprache große Bedeutung zu. /1/

Das menschliche Denken erreichte eine große Vollkommenheit, denn " nur das, was sicher war, hat sich vererbt. Was unrichtig war, ist abgestoßen worden. So erhielten diese Denkgesetze einen derartigen Anschein von Unfehlbarkeit, daß man sogar die Erfahrung vor ihren Richterstuhl stellen zu dürfen glaubte ". /1/

Hieran schließt sich eine Kritik Kants an.

Man kritisierte sehr oft, zum Teil berechtigt, daß Boltzmann in der oben geschilderten Evolution viele mechanische Vorstellungen hineintrug. Entscheidend jedoch ist, daß sich für ihn mit der mechanischen Erklärung, wobei im folgenden die inhaltliche Erweiterung des Begriffes " mechanisch " zu untersuchen ist, nur ein " mögliches Bild " /3/ der Natur bot, das aber in der Lage war zu demonstrieren, daß sich die Entwicklung in Natur und im menschlichen Leben vollständig auf materieller Grundlage und gesetzmäßig vollzieht.

Im " Wort der Mathematik an die Energetik " lesen wir: " Ich selbst habe einmal eine Lanze für die mechanische Naturanschauung gebrochen, aber in dem Sinne, daß sie ein kolossaler Fortschritt gegenüber der früheren, rein mystischen ist ".  
" Dasselbe ( das mechanische Bild - P.J.) wird nur dort anzuwenden sein, wo es hingehört, aber wir werden seinen Nutzen nicht bestreiten und bedenken, daß auch die erhabenen Ideen und Vorstellungen doch weiter nur Bilder, nur äußere Zeichen für die Art der Verknüpfung der Erscheinungen sind ". /3/

Welche Möglichkeiten gibt es nun, die Richtigkeit unserer Abbilder zu verifizieren? Bei Boltzmann spielt, es wurde in den Ausführungen schon sichtbar, die durch unser Handeln

gewonnene Erfahrung die zentrale Rolle.

Es ist dies nicht die von Lenin im " Materialismus und Empirio-kritizismus " bekämpfte subjektiv-idealistische Auffassung der Machisten oder die eines Berkeley, zu dem sich Boltzmann äußert: " Der Name Berkeley ist der eines hochangesehenen englischen Philosophen, dem man sogar nachrühmt, der Erfinder der größten Narrheit zu sein, die je ein Menschenhirn ausgebrütet hat, des philosophischen Idealismus, der die Existenz der materiellen Welt leugnet "./1/

Boltzmann trifft hier zwar nicht den Unterschied von subjektivem Idealismus, was aber in diesem Zusammenhang von untergeordneter Bedeutung ist. Boltzmann verstand die Erfahrung als unser Wissen von der Außenwelt, das wir durch unsere praktische Tätigkeit erhalten.

Wenn Lenin die marxistisch-dialektische Haltung folgendermaßen charakterisiert " Vom lebendigen Anschauen zum abstrakten Denken und von diesem zur Praxis - das ist der dialektische Weg der Erkenntnis der Wahrheit, der Erkenntnis der objektiven Realität "./8/, so finden wir hier eine Übereinstimmung mit der Boltzmannschen Auffassung, der diese Dinge auch besonders bei der Betrachtung des Verhältnisses von experimenteller und theoretischer Physik entwickelt. Einfache Erfahrung wird zu komplizierter. Unsere Erfahrung unterliegt einer ständigen Veränderung im Kraftfeld von Vorstellung und Kontrolle dieser an der objektiven Realität, wobei unsere Vorstellungen z.T. über die direkte Erfahrung hinausgehen.

" Daß dies notwendig ist, ..., folgt aus der Natur des Denkprozesses selbst, der darin besteht, daß wir zur Erfahrung etwas hinzufügen und ein geistiges Bild schaffen, welches nicht die Erfahrung ist und darum viele Erfahrungen darstellt. Die Erfahrung, sagt Goethe, " ist immer nur zur Hälfte Erfahrung. Je kühner man über die Erfahrung hinausgeht, desto allgemeinere Überblicke kann man gewinnen, desto überraschendere Tatsachen entdecken, aber desto leichter kann man irren. Die Phänomenologie sollte daher nicht prahlen, daß sie die



Erfahrung nicht überschreitet, nur warnen, dies in zu hohem Maße zu tun " /9/.

Fruchtbringend wandte Boltzmann seine Erkenntnisse bei der Durchsetzung der Maxwellschen Thermodynamik auf dem europäischen Kontinent an. Seine Prüfung der Maxwellschen Relation, deren Wert für einige Stoffe noch C. Schaefer in seinem Werk " Einführung in die theoretische Physik " zitiert /16/, verhalf der Maxwellschen Elektrodynamik zu erstem Ansehen und stützte die elektromagnetische Lichttheorie. Boltzmann war auch als Meister des Experiments bekannt (Mach) und untermauerte damit seine erkenntnistheoretische Stellung.

Wie wichtig die Prüfung der Erkenntnisse an der Wirklichkeit ist, wird in der Boltzmannschen Kritik an Ostwald sichtbar; " Warum erscheint mir nun ein scheinbar so harmloser Aufsatz wie der besprochene Ostwaldsche für die Wissenschaft so gefährlich? Weil er einen Rückfall in das Wohlgefallen an rein Formalem bedeutet, in die für den Fortschritt so verderbliche Methode der sogenannten Philosophen, Lehrgebäude aus bloßen Worten und Phrasen zu konstruieren und bloß auf eine hübsche formale Verflechtung derselben Gewicht zu legen, was man rein logische oder sogar aprioristische Begründung nannte, ohne darauf zu achten, ob diese Verflechtung auch genau der Wirklichkeit entspricht und in den Tatsachen genügend begründet ist, ein Rückfall in die Methode, sich von vorgefaßten Meinungen beherrschen zu lassen,....., die wahre Mathematik vor lauter anscheinend schulgerecht gebauten Syllogismen, die wahre Philosophie vor lauter philosophisch sich herausputzenden Krimskrams, ...., nicht sehen zu wollen " /1/.

Wichtig und interessant die Boltzmannschen Gedanken zur Kausalproblematik insbesondere im Hinblick auf die Determinismuskussionen in den modernen physikalischen Theorien. Kritisch bemerkt er: " Die Gewohnheit, überall Kausalverbindungen zu suchen, veranlaßt uns, rein zufällig scheinende Ereignisse mit irgend anderen oft ganz heterogen kausal zu verknüpfen, und das Gesetz von Ursache und Wirkung, welches richtig angewandt die Grundlage aller Erkenntnis ist, wird zum Irrlichte, das uns



auf falsche Pfade führt " /3/.

In der Tat zerbricht man sich den Kopf, " ob Ursache und Wirkung ein notwendiges Band oder bloß eine zufällige Aufeinanderfolge darstellen, während es doch nur einen Sinn hat, zu fragen, ob eine spezielle Erscheinung immer mit einer bestimmten Gruppe anderer verbunden, deren notwendige Folge ist, oder ob sie unter Umständen auch fehlt " /2/.

Erst der Zusammenhang von Ursache und Wirkung gestattet, die Naturgesetzmäßigkeit aufzufinden. Aus bestimmten realen Bedingungen kann nicht Beliebiges zustande kommen. Sind jedoch nicht alle Wirkungsbedingungen bekannt, ist die Rolle des Zufalls eminent; jedoch bedeutet dies noch lange nicht Akausalität. Eine Folge von Ereignissen ist nicht ihren kausalen Bedingtheiten gleichzusetzen. Wie fruchtbar wären diese Gedanken im Streit um die Quantenmechanik gewesen.

Interessant sind in diesem Zusammenhang seine Äußerungen zur klassischen mechanischen Bewegungsauffassung und ihre Abbildung auf stetig differenzierbare Funktionen, mit welchem Problem sich auch Röseberg /10/ in seiner Schrift auseinandersetzt.

" Für mein Gefühl liegt in dem Differentialquotienten nach der Zeit noch eine gewisse Unklarheit. Abgesehen von den wenigen Fällen ... wird man behufs Herstellung eines Zahlenbildes die Zeit immer in eine endliche Zahl von Zeiteinheiten geteilt denken müssen, bevor man zur Limite übergeht. Vielleicht sind unsere Formeln nur der sehr angenäherte Ausdruck für Durchschnittswerte, die sich aus viel feineren Elementen konstruieren lassen und nicht im strengen Sinne differenzierbar sind " /1/.

Diese Gedanken erfuhren durch die Quantenmechanik ihre Bestätigung und Weiterentwicklung, insbesondere durch die Heisenbergsche Unschärferelation. Warum gelang es Boltzmann nicht, seine Überlegungen in einer physikalischen Theorie darzulegen? Eine Ursache kann aus seinen Worten gefolgert werden,

mit denen er sagt " Doch fehlt hierfür bisher noch jeder Anhaltspunkt in der Erfahrung " /11/. Die experimentelle Technik war noch nicht so weit. Das gleiche Argument führt er an, als er die Einführung von diskreten Energien bei der Ableitung des Stefan-Boltzmannschen-Strahlungsgesetzes nur als einen mathematischen Schritt ansieht. Die Kausalität ist ein Erkenntnistheoretisches Prinzip und unabhängig von der Darstellung der Naturgesetze, z.B. durch stetig differenzierbare Funktionen. Sie kann aber durch das Verhalten dieser für einen bestimmten Gültigkeitsbereich zum Ausdruck gebracht werden.

In diesem Sinne trifft Boltzmann die folgende Aussage: " Die analytischen Funktionen haben wir ja gerade zur Darstellung der Erfahrungstatsachen gemacht. Ihre Differenzierbarkeit kann nicht als Beweis für die Differenzierbarkeit empirisch gegebener Funktionen gelten, da ja die Zahl der denkbaren undifferenzierbaren Funktionen geradeso unendlich groß ist wie die der differenzierbaren. Ebenso ist die Tatsache, daß jeder mit der Hand oder einer Maschine gezogene Strich einer differenzierbaren Funktion entspricht, nur ein Beweis, daß soweit heute unsere Beobachtungsmittel gehen, die Differenzierbarkeit der in der Mechanik empirisch gegebenen Funktionen eben etwas erfahrungsgemäß Gegebenes ist. Deshalb haben wir ohne jede Beschönigung die Differenzierbarkeit einfach als Annahme hingestellt, welche mit den bisherigen Erfahrungstatsachen übereinstimmen " ./11/

Des weiteren werden dialektische Elemente seiner Erkenntnistheorie in seiner philosophischen Auseinandersetzung mit der Beschreibung der Eigenschaften eines Systems durch Betrachtungen auf unterschiedlichem Strukturniveau (z.B. phänomenologische Thermodynamik - statistische Thermodynamik) sichtbar. Dies spiegelt sich in seiner diskussionwürdigen Definition des Kontinuums wider, die ein Verständnis für das Verhältnis von Quantität und Qualität zeigt. " Wollen wir uns daher vom Kontinuum ein Bild in Worten machen, so müssen wir uns notwendig zuerst eine große endliche Zahl von Teilchen denken, die mit gewissen Eigenschaften begabt sind und das

Verhalten des Inbegriffs solcher Teilchen untersuchen. Gewisse Eigenschaften des Inbegriffs können sich nun einem bestimmten Grenzwert nähern, wenn man die Anzahl der Teilchen immer mehr zu ihrer Größe immer mehr abnehmen läßt. Von diesen Eigenschaften kann man dann behaupten, daß sie dem Kontinuum zukommen, und dies ist meiner Ansicht nach die einzige widerspruchsfreie Definition eines mit gewissen Eigenschaften begabten Kontinuums " /2/.

Dem physikalischen Wissen ist die Historizität immanent. Für Boltzmann war die Weiterentwicklung und schließliche Überwindung der klassischen Mechanik nicht nur eine physikalische Frage. Diese Aufgabe verlangte eine Klärung, das Finden und die Anwendung der richtigen erkenntnistheoretischen Position, die in einigen Zügen in diesem Abschnitt dargelegt wurde.

Dieser kurze Einblick in die Erkenntnistheorie Boltzmanns führt zu folgender Einschätzung:

1. Sie ist eine materialistische Erkenntnistheorie und bleibt nicht nur auf die Naturkenntnis beschränkt.
2. In vielen Zügen ( z.B. relative-absolute Wahrheit, Kausalität ) ist sie, obwohl das Wort nie verwendet wird, dialektischer Natur.
3. Es wird die Rolle und Bedeutung einer materialistisch verstandenen Erfahrung und Praxis beim Erkenntnisprozeß dargelegt.
4. Es wird ein strenger materialistischer Monismus vertreten, der jedoch nicht die Gefahren eines vulgär-materialistischen Standpunktes beinhaltet.
5. Sie wird im wesentlichen produktiv auf die Naturerkenntnisse angewandt.
6. Ihre schöpferische Anwendung auf gesellschaftliche Prozesse scheitert an der Unkenntnis des historischen Materialismus, obwohl die Dialektik und der materielle Charakter dieser Vorgänge in Teilbereichen diskutiert wird.
7. Es liegt eine humanistische Grundhaltung vor.

Worin liegt der Sinn menschlicher Erkenntnis? Es ist " nützlich, wertvoll, wenn es die Lebensbedingungen des Einzelnen und der Menschheit fördert, ..." /1/.

" Mag sich die Wissenschaft auch noch so sehr der Idealität ihrer Ziele rühmen und auf die Technik und Praxis mit einer gewissen Geringschätzung herabschauen, es läßt sich doch nicht leugnen, daß sie ihren Ursprung in dem Streben nach der Befriedigung rein praktischer Bedürfnisse nahm " ./12/

Zu denen Boltzmann auch die geistigen rechnet.

" So ermöglicht sie ( die Wissenschaft - P.J.) der Menschheit eine immer weitergehende Entfaltung ihrer Körper- und Geisteskräfte, eine immer wachsende Herrschaft über die gesamte übrige Natur " ./12/

Für Boltzmann impliziert die richtige philosophische Einstellung auch die verstärkte Möglichkeit richtiger Tätigkeit:

" So ist es ein bekannter verlockender Sophismus, die Ansicht, daß die Welt nicht real, sondern ein Traumgebilde sei. Auch ich hing dieser Schrulle nach, versäumte infolgedessen praktisch richtig zu handeln und kam dadurch zu Schaden; zu meiner größten Freude, denn ich erkannte darin den gesuchten Beweis der Existenz der Außenwelt, welcher allein darin bestehen kann, daß man minder zu richtigen Handlungen befähigt ist, wenn man diese Existenz in Zweifel zieht " ./22/

#### Literatur

- /1/ Broda, E., Ludwig Boltzmann, Berlin 1959
- /2/ Boltzmann, L., Über statistische Physik, in Meister der Physik von M. Reger, Stuttgart 1944
- /3/ Boltzmann, L., Phys. Zeitschrift 4, 247 (1902/03)
- /4/ Boltzmann, L., Populäre Schriften, Leipzig 1905
- /5/ Lenin, W. I., Bücherei des Marxismus-Leninismus, Bd. 6, 592, Berlin 1971

- /6/ Lenin, W.I., Materialismus und Empiriekritizismus,  
Berlin 1970
- /7/ Boltzmann, L., Vorlesungen über Gastheorie, Teil II,  
Leipzig 1898
- /8/ Lenin, W.I., Aus dem philosophischen Nachlaß,  
Bücherei des Marxismus-Leninismus, Bd. 9, Berlin 1961
- /9/ Boltzmann, L., Phys. Zeitschrift 1, 64 (1899/1900)
- /10/ Rüsseberg, U., Determinismus und Physik, Berlin 1975
- /11/ Boltzmann, L., Vorlesungen über Prinzipie der  
Mechanik, Leipzig 1894
- /12/ Boltzmann, L., Antrittsvorlesung Wien 1902, Phys.  
Zeitschrift 4 (1902) 1903) 274
- /13/ Hasenöhr, F., Wissenschaftliche Abhandlungen von  
L. Boltzmann, Leipzig 1909, Bd. I-III
- /14/ Ludwig Boltzmann, Artikel und Reden, Moskau 1970  
(russ).
- /15/ Kelbg, G., Jakubowski, P., 100 Jahre statistische  
Entropie in: Rostocker Physikalische Manuskripte,  
Heft 2, Rostock 1977.
- /16/ Schaefer, C., Einführung in die Theoretische Physik,  
Berlin 1950.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Phys. P. Jakubowski  
 Wilhelm-Pieck-Universität Rostock  
 Sektion Physik  
 DDR - 25 Rostock  
 Universitätsplatz 1





Zufall und Notwendigkeit in der Geschichte der Quantenmechanik

Mit den siebziger Jahren ist in der philosophischen Literatur unserer Republik eine Verlagerung des Schwerpunktes der Diskussion zu philosophischen Problemen der Wissenschaften unbestritten. Waren es bis etwa 1968 vorwiegend Probleme des Determinismus, welche im Zentrum des schöpferischen Meinungsstreites standen, so wird man für die Zeit danach mit der Auseinandersetzung um Fragen der dialektisch-materialistischen Entwicklungstheorie den Kern der auch heute noch intensiv geführten Diskussion richtig erfassen /11, S. 12/3, S. 325 ff/. Dabei dürfte klar sein, daß es nicht darauf ankommt, innerhalb der materialistischen Dialektik eine aparte "Entwicklungstheorie" zu statuieren, sondern Entwicklung und Verständnis des Zusammenhangs zwei Momente eines einheitlichen Ganzen der von Engels als Gesamtzusammenhang gefaßten objektiven Realität abbilden. Man muß allerdings berücksichtigen und darf in dieser Beziehung A. Ley zitieren, daß in der Entwicklung von Natur, Gesellschaft und Denken relativ beharrende "Ordnungsmuster" oder Kategorien existieren. "Haben sie sich objektiv in der Entwicklung ausgebildet und entwickeln sich selbstverständlich weiter, dann gilt das gleiche für die sich mit ihnen befassende philosophische Tätigkeit. Werden sie dargestellt, wie etwa auch das Verhältnis von Gesetz und Regel, dann läßt sich nicht in jedem Fall gleichzeitig die gesamte Geschichte des Begriffs und sämtliche Möglichkeiten ihrer künftigen Entwicklung aufzeichnen." /10, S. 1373/ Diese Situation auf die oben erwähnte Diskussion zu philosophischen Problemen der Wissenschaften bezogen, provoziert die Frage, wie die in der philosophischen Diskussion der Determinismusproblematik in der Physik gewonnenen Ergebnisse für die Ausarbeitung einer dialektisch-materialistischen Entwicklungskonzeption nutzbar werden. Zur Erörterung dieser Frage halte ich es für zweckmäßig, da im Sinne Lenins die Dialektik "Fazit, Summe, Schlußfolgerung aus der Geschichte der Erkenntnis der Welt" ist /9, S. 85/, den Sachverhalt an der Entwicklung einzelwissen-

schaftlicher Theorien im Detail zu untersuchen.

Es bieten sich dafür einige neuere Arbeiten an /5,6,7/, in denen der bekannte Physiker F. Hund das Problem von Zufall und Notwendigkeit in der Quantenmechanik aufwirft, um, wie er sagt, "den wirklichen Ablauf besser zu verstehen" und die "begriffliche Struktur der Theorie deutlicher zu machen." /7, S. 29/ Prof. Dr. Friedrich Hund ist emeritierter Ordinarius für theoretische Physik an der Universität Göttingen und hat neben seinen bedeutenden Arbeiten zur Atom- und Molekülstruktur auch ausgezeichnete Lehrbücher der theoretischen Physik verfaßt. Mit der oben formulierten Fragestellung weist er sich als theoretischer Physiker und Physikhistoriker aus, der sich der Bedeutung der Philosophie für seine Fachwissenschaft durchaus bewußt ist, denn "die Geschichte der Physik ist wesentlich Abkehr vom Augenschein und damit auch Wandel der Metaphysik, die ja hinter den Vorstellungen und Begriffen der Physiker steht (auch wenn sie meinen von Metaphysik frei zu sein)." /5, S. 10/ Diese Überzeugung, welche von vornherein als Grundlage seiner physikhistorischen Untersuchungen fungiert, ermöglicht ihm bemerkenswerte Einsichten in die Entwicklung der Quantentheorie. Bei der Realisierung der erwähnten Aufgabenstellung werden zunächst einige Randbedingungen als gegeben vorausgesetzt, wobrunter er die gesellschaftlichen Verhältnisse, die damalige Struktur der Universitäten und wesentlich auch den Stand der experimentellen Technik zählt. Unter diesen objektiven Bedingungen vollzog sich die wirkliche Entwicklung der Physik zur Quantentheorie, beginnend mit jener denkwürdigen Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft am 14. 12. 1900, auf der M. Planck das berühmte Strahlungsgesetz, mit dem eine neue Naturkonstante, das Wirkungsquantum  $h$  in die Physik eingeführt wurde, begründete. Er führte diese Konstante in die Physik ein, als er versuchte die Hohlraumstrahlung zu verstehen. Insbesondere bemühte er sich, den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik mit elektromagnetischen Begriffen zu beweisen, wobei er die bereits genannte Strahlungsformel errechnete:

$$\omega = \frac{8\pi}{c^3} \cdot \frac{h\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad (1)$$

In dieser Formel bezeichnen  $w$  die Energiedichte,  $c$  die Lichtgeschwindigkeit,  $h$  die Plancksche Konstante,  $\nu$  die Frequenz der Strahlung,  $k$  die Boltzmannkonstante und  $T$  steht für die absolute Temperatur. Der weitere Ausbau der Theorie führte dann zur Entwicklung der Quantenstatistik (1900 - 1913), "in der  $h$  eine Art naturgegebener Einheit für die Abzählung von Fällen war." /7, S. 30/ und zur Lichtquantenhypothese (1905 - 1923). Daran schloß sich eine mit dem Namen Niels Bohr eng verknüpfte Periode an, welche über die Deutung der Spektren zu einer vorläufigen (halbklassischen) Atomdynamik führte.

Die Verschärfung des von N. Bohr formulierten Korrespondenzprinzips gestattete dann die Ausarbeitung der Matrixmechanik. (1925) /8/ Schließlich führte die Übertragung des beim Licht erkannten Dualismus auf die Materie zur Formulierung der Wellenmechanik, womit nach erwiesener Äquivalenz von Wellen- und Matrixmechanik ein gewisser Abschluß der Theorie als Quantenmechanik angezeigt war.

Hier nun ist der entscheidende Denkansatz Hunds festzuhalten, er fragt, ob die skizzierte Entwicklung der Quantenmechanik hat notwendig so verlaufen müssen. Diesbezüglich ist zu berücksichtigen, daß neben dem Gesetz der Hohlraumstrahlung auch die Seriengesetze der Spektren, die chemischen Eigenschaften der Atome (Periodensystem der Elemente), die quantenhafte Struktur des kurzwelligen Lichtes oder das Verhalten fester Körper bei tiefen Temperaturen Ausgangspunkte für die Schaffung der Quantentheorie hätten sein können, weil es sich um physikalisch gesicherte Erkenntnisse handelte, die ebenfalls empirische Hinweise auf das Plancksche Wirkungsquantum enthielten /5, S. 67/. Diese einzelnen Möglichkeiten wurden nun von F. Hund im Rahmen der eingangs formulierten Bedingungen diskutiert. Seine Vorgehensweise soll an zwei ausgewählten Beispielen diskutiert werden.

Hätte die Quantentheorie mit dem Lichtquant beginnen können? Um die Jahrhundertwende war bekannt, daß bei gleicher Intensität Licht hoher Frequenz in mancher Hinsicht besonders wirksam ist. Wenig später kam die Erkenntnis hinzu, daß die Energie der Photoelektronen beim Photoeffekt allein von der Frequenz des eingestrahlten Lichtes abhängt. Auch die Experimente mit Röntgenstrahlen wiesen auf einen Zusammenhang von Energie und Frequenz hin. "Eine Beziehung  $E = h\nu$  und die Vorstellung eines Lichtquants wären um 1905 besonders unter dem Eindruck der Röntgenstrahlen auch ohne Bezug auf die Hohlraumstrahlung möglich gewesen." /6, S. 18/ Jedoch konnte man Wellenlängen von Röntgenstrahlen erst nach 1912 hinreichend genau messen, so daß ein Beginn der Quantentheorie auf der Basis der Lichtquantenhypothese unter Berücksichtigung objektiver Bedingungen - hier insbesondere des quantitativen Nachweises der Gültigkeit der Energiebeziehung  $E = h\nu$  ( $E$  bezeichnet die Energie) - nicht möglich war.

Man sieht, wie die Geschichte bestimmte Möglichkeiten ausschließt, wenn die materiellen Voraussetzungen ihrer Realisierung, wie z. B. der Stand der experimentellen Technik, nicht adäquat entwickelt sind.

Anders verhält es sich mit den Hinweisen aus den Seriengesetzen der Spektren. Hier war zu etwa der gleichen Zeit das Kombinationsprinzip der Spektren den Spektroskopikern im einfachsten Fall bekannt und wurde praktisch angewandt. Dieses Kombinationsprinzip entsprach aber nicht der periodischen Bewegung von Elektronen im Atom, so daß ein Vergleich zu den klassischen Frequenzen bei der periodischen Bewegung von Elektronen einerseits und den Termdifferenzen andererseits hätte ausgeführt werden müssen, welcher die folgenden Schritte einschließt:

Die Frequenzen der periodischen Bewegung von Elektronen lassen sich klassisch darstellen als ganzzahlige Vielfache einer von der Energie  $E$  abhängigen Grundfrequenz  $\nu_1(E)$ , so daß gilt, wenn  $\tau$  für ganze Zahlen steht:  $\nu = \tau \nu_1(E)$ . Die klassische Mechanik liefert für eine solche eindimensionale Bewegung die Beziehung



$$\nu = \tau \frac{dE}{d\phi} \quad (2)$$

Mit E als Energie, dem Phasenvolumen  $\phi = \oint p dx$ , in dem p für den Impuls und x für den Ort stehen.

Desweiteren folgt aus den Termdifferenzen und ihrem asymptotischen Verlauf für große  $n$

$$\nu = F(n+\tau) - F(n) \sim \tau \frac{dF}{dn} \quad (3)$$

Die Gegenüberstellung von (2) und (3) hätte wohl auf den großen Unterschied von klassischer Frequenz und spektroskopischer Wirklichkeit verwiesen. Wenn man aber über die Verschiedenheit die Einheit nicht vergißt, im Unterschied also das gemeinsame festzuhalten sucht, ist die folgende Proportionalität nicht ausgeschlossen:

$$\phi \sim n \quad \text{und} \quad E \sim F$$

Mit h als Proportionalitätsfaktor ergibt sich daraus

$$\phi = hn \quad \text{und} \quad E = hF \quad (4)$$

Es ist an dieser Stelle fast überflüssig, darauf hinzuweisen, daß wir hier einen Fall vorliegen haben, der eine spezifische Form des Erscheinens von Dialektik in den Naturwissenschaften demonstriert. Die konkrete Identität schließt eben von vornherein den Unterschied, die Veränderung mit ein.

Wir finden auch hier Engels bestätigt, der im "Anti-Dühring" darauf aufmerksam macht, daß die Naturwissenschaft ein äußerst reichhaltiges und sich täglich häufendes Material geliefert hat, welches beweist, "daß es in der Natur in letzter Instanz dialektisch und nicht metaphysisch hergeht." /1, S. 22/

Die Setzung (4) hätte so einer Quantentheorie des Korrespondenzprinzips (ähnlich dem Bohrschen) führen können, da sich für große  $n$  klassische und wirkliche Frequenzen asymptotisch nähern. Sie wäre ohne Planck und Einstein möglich gewesen, da sich

aus dem Korrespondenzprinzip die strenge Quantenmechanik entwickeln läßt (Heisenberg), für die dann Hohlraumstrahlung, Theorie der spezifischen Wärme und Photoeffekt nicht Voraussetzung, sondern Stütze gewesen wären.

F. Hund faßt seine Untersuchungen zusammen, indem er darauf hinweist, daß von den empirischen Anknüpfungspunkten her sich zwei quantitativ ergiebige Möglichkeiten als Ausgangspunkt für die Entwicklung der Quantentheorie aufzeigen lassen. Das sind die Hohlraumstrahlung und die Spektralgesetze. "'Notwendig' erscheint uns der Beginn mit Hohlraumstrahlung oder mit Spektren." /6, S. 23/

Die relativ späte Beachtung der Spektralgesetze hält er für zufällig, ebenso die Tatsache, daß Planck den Entropiebegriff für Gleichgewichte gründlich verstanden hatte und in Charlottenburg, in der PTR arbeitete, wo genaue Messungen der Hohlraumstrahlung ausgeführt wurden, was letztendlich den Ausschlag für die tatsächliche Entwicklung gegeben haben mag, zusammen mit der Möglichkeit, die Hohlraumstrahlung mit dem recht einfachen Mechanismus des harmonischen Oszillators mathematisch zu behandeln.

Wir sehen, daß unter den gegebenen objektiven Bedingungen, welche F. Hund als wesentlich für seine Untersuchungen in Betracht zieht, um die Jahrhundertwende mit Notwendigkeit eine Differenzierung der experimentellen Hinweise auf die Größe  $h$  erfolgte, welche den Beginn der Quantentheorie mit Hohlraumstrahlung oder Analyse der Spektren de facto auf die Tagesordnung setzte. Die Entscheidung für die Hohlraumstrahlung, d. h. die historische realisierte Möglichkeit ist unter den gegebenen Bedingungen zufällig. Zufällig deshalb, weil sie nicht mit fatalistischer Notwendigkeit aus dem erreichten Zustand der physikalischen Entwicklung sich ergab. Man wird hier an Hegel erinnert, der in der Geschichte der Philosophie als erster das Kategorienpaar Zufall und Notwendigkeit in umfassender Weise analysierte. Hegel diskutiert es in Zusammenhang mit den Kategorien Möglichkeit und Wirklichkeit. Sind bei ihm Zufall und Notwendigkeit auch Entwicklungsmomente der absoluten Idee, so anerkennt er doch deren

objektiven Charakter. In diesem Sinne liest man bei ihm: "In der Tat ist somit die reale Notwendigkeit an sich auch Zufälligkeit." /2, S. 180/ Es sind damit Notwendigkeit und Zufall als dialektisch sich aufeinander beziehende Kategorien ausgewiesen. Beachtet man nun, daß die Notwendigkeit als reale Möglichkeit von Hegel bestimmt wird - "Das Zufällige ist also notwendig, darum weil das Wirkliche als Mögliches bestimmt ..." /2, S. 175/ und die reale Möglichkeit einer Sache die daseiende Mannigfaltigkeit von realen Bedingungen und Umständen meint, so ist die Beziehung auf unsere Problemstellung offenbar. Die von F. Hund formulierten Randbedingungen, welche die reale Möglichkeit für die Weiterentwicklung der Physik um die Jahrhundertwende abstecken, verweisen auf einen Prozeß, der notwendig zur Entdeckung der Größe  $h$  und damit zur Ausarbeitung der Quantentheorie führten mußte. "Diese Notwendigkeit aber ist zugleich relativ." /2, S. 179/ Die reale Möglichkeit ist nämlich nur an sich das Notwendige, welches sich erst verwirklichen muß und in diesem Ansichsein enthält sie die Möglichkeit eines Andern, d. h. die Notwendigkeit ist selbst zufällig oder wie Hegel sagt: "Sie ... hat an dem Zufälligen ihren Ausgangspunkt." /2, S. 179/

Dies im Hinblick auf unsere Problematik betrachtet, macht die Ergebnisse der Hundschen Untersuchung sofort philosophisch verständlich! Indem wohldefinierte Randbedingungen als Voraussetzungen der Untersuchungen formuliert werden, ist die reale Wirklichkeit eine bestimmte. "Das real Notwendige ist deshalb irgendeine beschränkte Wirklichkeit, die um dieser Beschränktheit willen in anderer Rücksicht auch nur 'ein Zufälliges ist.'" /2, S. 179 f/

Dies zeigt sich nun so, daß nicht nur eine Möglichkeit notwendig verwirklicht wird, sondern ein Möglichkeitsfeld existiert, wobei es zufällig bleibt, welche der Möglichkeiten zuerst verwirklicht werden. Ich würde deshalb nicht sagen, daß der Beginn der Quantentheorie notwendig mit der Hohlraumstrahlung oder den Spektren anzusehen ist, wobei die späte Beachtung der Spektralgeseetze und die spezifischen Arbeitsbedingungen Plancks zufällig sein können, denn diese Auffassung trennt schon wieder Zu-

fall- und Notwendigkeit in disjunkte Begriffe. Allein die Tatsache, daß mehrere Möglichkeiten der Entdeckung des Planckschen Wirkungsquantums bestanden, schließt doch in der realen Entwicklung das zufällige Moment mit ein, so daß nicht allein die späte Beachtung der Spektralgesetze zufällig ist, sondern selbst der Beginn der Quantenmechanik mit der Hohlraumstrahlung das zufällige Moment an ihm hat.

Berücksichtigt man nun noch, daß die mit der Hohlraumstrahlung beginnende Ausarbeitung der Quantenmechanik, welche einen relativen Abschluß durch Schrödingers Arbeiten aus dem Jahre 1926 erhielt, auch die anderen, eingangs angeführten physikalischen Effekte, welche sämtlich Hinweise auf die Größe  $h$  enthielten, erklärte, mithin auch diesen Möglichkeiten des Beginns der Quantenmechanik verwirklicht waren, so kann leicht wieder die Beziehung zu der anfänglichen Fragestellung hergestellt werden. Es war dort der Versuch angekündigt, für die Entwicklung einzelwissenschaftlicher Theorien Ergebnisse der Determinismus-Diskussion in der Physik fruchtbar zu machen. Mir scheint hier im Detail die von Hörz gegebene allgemeine Orientierung bestätigt, daß die der Wissenschaftsentwicklung adäquate Gesetzesstruktur die des statistischen Gesetzes sein /3, S. 374 ff, 4, S. 167/. Dies ist anhand der von Hörz gegebenen Definition des statistischen Gesetzes als ein es allgemein-notwendigen und wesentlichen Zusammenhangs, der für das Verhalten des Systems eine Systemmöglichkeit angibt, die notwendig verwirklicht wird, wobei für das Verhalten der Elemente eine Reihe von Möglichkeiten mit einer Wahrscheinlichkeitsverteilung existieren und jede zufällige Verwirklichung einer Möglichkeit durch ein Element mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit geschieht, leicht zu verifizieren.

Es sei abschließend noch vermerkt, daß mit dem Hinweis auf das statistische Gesetz natürlich die Dialektik der Entwicklung einzelwissenschaftlicher Theorien nicht ausgeschöpft ist. Dies gilt nicht einmal für das Kategorienpaar Zufall und Notwendigkeit. Ich denke aber, daß deutlich geworden ist, daß bei der Abbildung von Momenten dieses Prozesses Ergebnisse auch der De-



terminismus-Diskussion in der Physik nutzbar gemacht werden können.

#### Literatur:

- /1/ Engels, F.: Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft (Anti-Dühring), Berlin 1973
- /2/ Hegel, G.W.F.: Wissenschaft der Logik, Zweiter Teil, Berlin 1975
- /3/ Hörz, H.: Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften, Berlin 1976
- /4/ Hörz, H.: Mensch contra Materie? Berlin 1976
- /5/ Hund, F.: Geschichte der Quantentheorie, Mannheim 1967
- /6/ Hund, F.: Hätte die Geschichte der Quantentheorie auch anders ablaufen können? In: Nova Acta Leopoldina, Neue Folge, Nr. 212, Bd. 39
- /7/ Hund, F.: Hätte die Geschichte der Quantentheorie auch anders ablaufen können? In: Physikalische Blätter, 31, 1975, 1
- /8/ Hund, F.: Das Korrespondenzprinzip als Leitfaden zur Quantenmechanik von 1925, in: Physikalische Blätter, 32, 1976 2
- /9/ Lenin, W.I.: Zur Kritik der Hegelschen "Wissenschaft der Logik", in: Werke, Bd. 38, Berlin 1973
- /10/ Ley, H.: Differenz von Gesetz und Regel unter einzelwissenschaftlichem und methodologischem Aspekt, in: DZfPh, Heft 10/11, 1974
- /11/ Wessel, K.-F. (Herausgeber) Struktur und Prozeß, Berlin 1977

#### Verfasser:

Dr. Hartmut Hecht  
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald  
Institut für Philosophie  
DDR - 22 Greifswald  
Domstraße 11





Zur Frage der Reversibilität und Irreversibilität physikalischer Prozesse

1. Einleitung

Die Probleme der Zeit und Entwicklung sind seit langem ein prädestinierter Gegenstand für die interdisziplinäre Diskussion zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern (siehe dazu etwa /1/, /2/). Historisch gesehen hat diese Diskussion ihren Ausgangspunkt in dem grandiosen Siegeszug der Newtonschen Mechanik, der Anlaß zu dem Versuch gab, auch biologische und gesellschaftliche Prozesse mit Hilfe physikalischer Begriffe und Gesetze zu beschreiben. Die Tendenz zu einer einheitlichen Auffassung der Welt fand ihren philosophischen Ausdruck im System Hegels, der allerdings von den Begriffen der Naturwissenschaft meint, daß sie einer naturphilosophischen Betrachtung bedürfen, um in ihrem eigentlichen Wesen erkannt zu werden und nur die Vorstufe und Voraussetzung für eine umfassendere Art des Denkens abgeben. Unter den Nachfolgern entwickelte sich daraus allmählich die Vorstellung eines Gegensatzes der Begriffe und Gegenstände von Natur- und Gesellschaftswissenschaft. Nur Marx und Engels setzten die von den französischen Materialisten und der klassischen deutschen Philosophie vorgezeichnete Entwicklung konsequent fort und betonten die Einheit beider Wissenschaften. S. Marx in den ökonomisch-philosophischen Manuskripten /3/:

"Der Mensch ist unmittelbar Gegenstand der Naturwissenschaft, denn die unmittelbar sinnliche Natur für den Menschen ist unmittelbar die menschliche Sinnlichkeit ... Die Industrie ist das wirkliche geschichtliche Verhältnis der Natur und daher der Naturwissenschaft zum Menschen. ... Die Naturwissenschaft wird später ebensowohl die Wissenschaft vom Menschen wie die Wissenschaft von dem Menschen die Naturwissenschaft unter sich subsumieren; es wird eine Wissenschaft sein."

Die Verfechter eines Gegensatzes zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaft machten sich insbesondere das Argument zunutze, daß die Naturwissenschaft deshalb nicht auf gesellschaftliche Prozesse anwendbar sei, weil die Zeit eine vollkommen unterschiedliche Rolle in beiden Bereichen spiele und die Entwicklung innerhalb der Newtonschen Physik keinen Platz habe. Wenn sich die Argumente seitdem auch gewandelt haben, so stellt doch die Auszeichnung einer bestimmten Zeitrichtung auch heute noch einen Ansatzpunkt dar, von dem her die einheitliche materialistisch-dialektische Auffassung der Welt angegriffen wird. Ein spezieller Aspekt dieser Polemik ist das Verhältnis von Reversibilität und Irreversibilität physikalischer Prozesse. Dieses Problem ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Es sei dabei nicht verhohlen, daß sich die Beschäftigung mit dieser Frage für uns außer aus physikalischem Gesichtspunkt auch noch aus einem ganz anderen, mehr praktischen, Gesichtspunkt, nämlich der Ausbildung von Studenten in theoretischer Physik, ergeben hat. Die Standpunkte, die in den maßgeblichen Lehrbüchern zu solchen Fragen wie dem Übergang von den reversiblen mikroskopischen zu den irreversiblen makroskopischen Gleichungen oder zum vermeintlichen Wärmetod des Universums eingenommen werden, sind - soweit sich die Autoren nicht überhaupt einer Stellungnahme enthalten - extrem unterschiedlich. Geht man davon aus, daß es für die Irreversibilität makroskopischer Vorgänge auf der Grundlage reversibler mikroskopischer Vorgänge genau eine richtige Erklärung geben muß, so zeigt das Studium der Literatur, auch unter Einschluß von speziellen Darstellungen und von Originalarbeiten, daß bisher keine Übereinstimmung hinsichtlich dieser einen richtigen Erklärung besteht. Wenn auch die richtige Antwort, zumindest im Prinzip, nach unserer Meinung bereits gegeben ist, so ist sie als solche doch nicht allgemein anerkannt, und es besteht auch weiterhin die Aufgabe, diese Antwort überzeugend darzustellen.

Wir beginnen unsere Darlegungen mit einer Klarstellung unseres Standpunktes zum Problem der Richtung der Zeit. Bekanntlich werden Raum und Zeit vom dialektischen Materialismus als Existenz-

formen der Materie gefaßt. Damit ist eine sehr weitgehende Aussage getroffen, zu der man in gleicher Allgemeinheit lediglich noch hinzufügen kann, daß die Zeit das Nacheinander in der Existenz der Materie darstellt, wobei die Vorstellung über das "Nacheinander" eng verknüpft ist mit der Abfolge von Ursache und Wirkung, während der Raum das Nebeneinander der Dinge ist. Wenn die Zeit auf diese Weise untrennbar mit der Materie verknüpft ist, wenn die Zeit also mit der Materie gegeben ist, so ist es insbesondere auch die Richtung der Zeit. Es gibt nur eine Zeitrichtung, weil es nur eine Zeit gibt, und nur eine Zeit gibt es, weil es nur eine Materie gibt. Die Zeit in der Geschichte der Gesellschaft oder in der Biologie ist die gleiche wie in der Mechanik. Ein Unterschied besteht nur hinsichtlich der Zustandsänderungen, die in gesellschaftlichen, biologischen oder allgemeiner makroskopischen Systemen einerseits und in mechanischen Systemen andererseits im Verlaufe der (einzig realen) Zeit vor sich gehen. Dieser Unterschied läßt sich bekanntlich grob so charakterisieren, daß Zustandsänderungen in makroskopischen Systemen irreversibel sind, solche in mechanischen Systemen reversibel. Dieser Unterschied erweist sich als Widerspruch, wenn man bedenkt, daß es makroskopische Systeme gibt, die (wie etwa ein in einem Behälter eingeschlossenes Gas) mechanische Systeme darstellen, so daß sich in diesen Fällen makroskopische Zustandsänderungen auf mechanische reduzieren lassen. Dieser hier nur angedeutete Widerspruch zwischen dem vom Standpunkt der Mechanik aus zu erwartenden Verhalten makroskopischer Systeme und ihrem tatsächlichen wird im nächsten Abschnitt genauer formuliert. Die Auflösung des Widerspruchs behandeln wir im Abschnitt 3. Dabei werden die zahlreichen verschiedenen in der Literatur bereits vorgeschlagenen Lösungsversuche, bis auf einen, nur erwähnt. Dieser eine Lösungsversuch, den wir für den einzig zutreffenden halten und den wir ausführlicher darstellen wollen, knüpft an den Standpunkt von Ludwig Boltzmann an /4/. Obwohl der Boltzmannsche Standpunkt auch von anderen Autoren aufgegriffen worden ist (z. B. von Planck /5/, Tolman /6/, Fowler /7/, Münster /8/), ist ihm bisher nicht die gebührende Beachtung zuteil geworden.

## 2. Formulierung des Widerspruchs

Bekanntlich sind die Bewegungsgleichungen für ein abgeschlossenes mechanisches System invariant gegenüber der Umkehr der Zeitrichtung. Diese Invarianzeigenschaft besagt aber unmittelbar zunächst nichts über real ablaufende Bewegungsvorgänge, da die Zeit nicht wirklich in der umgekehrten Richtung abläuft. Man kann sich aber sofort überlegen, daß die formal-mathematische Eigenschaft der mechanischen Bewegungsgleichungen, invariant gegenüber Zeitumkehr zu sein, eine Konsequenz für die reale, d. h. in der einzig wirklichen Zeitrichtung ablaufenden Bewegung, hat. Diese Konsequenz lautet: Wenn der bei  $t = 0$  vorliegende mechanische Anfangszustand  $(q(0), p(0))$  nach Ablauf der Zeit  $t$  in den Endzustand  $(q(t), p(t))$  übergeht, so entwickelt sich aus dem Anfangszustand  $(q(t), p(t))$  nach Ablauf der Zeit  $t$  der Endzustand  $(q(0), -p(0))$ . Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für die zeitliche Entwicklung makroskopischer Zustandsgrößen? Betrachten wir speziell eine Zustandsgröße  $A(t) = A(q(t), p(t))$ , die eine gerade Funktion in den Impulsvariablen ist. Um etwas Konkretes vor Augen zu haben, können wir uns unter  $A$  die orts  $(x)$ -abhängige Teilchendichte

$$\varrho(x, t) = \sum_{i=1}^N \delta(x - q_i(t))$$

unseres abgeschlossenen mechanischen Systems vorstellen.

Ist  $A(0)$  z. B. eine stark inhomogene Dichteverteilung und  $A(t)$  eine weniger stark inhomogene, so ist nicht nur der mit dem Übergang  $A(0)$  in  $A(t)$  verbundene Dichteaussgleich ein real möglicher Vorgang, sondern auch das Anwachsen der Dichteinhomogenitäten beim Übergang  $A(t)$  nach  $A(0)$ . Also steht hier das tatsächliche Verhalten des makroskopischen Systems mit dem auf Grund der Mechanik möglichen in krassem Widerspruch.

Wie läßt sich dieser Widerspruch lösen? Davon handelt der nächste Abschnitt.



### 3. Lösung des Widerspruchs

In der zuletzt angegebenen Formulierung des Widerspruchs ist der Ansatz zu seiner Lösung bereits enthalten: Ein im Sinne der Mechanik mögliches Verhalten makroskopischer Systeme wird niemals realisiert. Wenn nun dieses "niemals realisiert" nicht bedeutet, daß das Verhalten unmöglich ist, sondern daß es in einem bestimmten Sinne außerordentlich unwahrscheinlich, aber dennoch prinzipiell möglich ist, so löst sich der Widerspruch auf. Natürlich bleibt zu erklären, auf welche Weise der Begriff "Wahrscheinlichkeit" für die zeitliche Entwicklung makroskopischer Systeme Bedeutung erlangt. Diese Erklärung ist das Wesentliche, was bei der Auflösung des Widerspruchs zu leisten ist. Geht man bei der Ableitung der Bewegungsgleichungen für makroskopische Zustandsgrößen aus den Gleichungen der Mechanik <sup>exakt</sup> vor, so erhält man, wie wir gesehen haben, für abgeschlossene Systeme zeitumkehrinvariante Gleichungen. Es muß also etwas eigentlich Unerlaubtes, allenfalls näherungsweise Gültiges gemacht worden sein, wenn man dennoch zu nicht zeitumkehrbaren makroskopischen Gleichungen kommt. Dies ist unstrittig. Es besteht im Großen und Ganzen auch Klarheit über die Art der durchzuführenden Näherungen. Eine solche Näherung wurde bekanntlich erstmals von Boltzmann in Gestalt seines Stoßzahlenansatzes angegeben und mit der Annahme einer vollständigen molekularen Unordnung begründet. Eine Verallgemeinerung des Boltzmannschen Stoßzahlenansatzes ist die Bogoljubovsche Annahme, daß die Vielteilchenverteilungsfunktionen Funktionale der Einteilchenverteilungsfunktionen darstellen /9/. Wenn also, was die formal-mathematische Ableitung der makroskopischen irreversiblen Gleichungen betrifft, im Prinzip jedenfalls Klarheit besteht, so bleibt doch die folgende Frage offen: Die Irreversibilität der makroskopischen Vorgänge ist eine experimentell festgestellte Tatsache. Warum liefert eine (vermeintlich) <sup>exakte</sup> Theorie für diese Vorgänge ein falsches Resultat, nämlich reversible Gleichungen, während eine <sup>speziell genäherte</sup> richtige, nämlich irreversible Gleichungen ergibt?

Dies ist in der Tat die nach unserer Meinung entscheidende Frage im Zusammenhang mit der Reversibilität-Irreversibilitätsproblematik, und hier scheiden sich offensichtlich auch die Geister - z. T. bei der Anerkennung dieser Frage als der entscheidenden, vor allem aber bei den Antworten. Wir erwähnen hier nur am Rande Versuche, Anleihen an die Kosmologie (Expansion des Weltalls) oder an andere Gebiete der Physik zu machen, etwa an die allgemeine Relativitätstheorie, die Elementarteilphysik oder an den Meßprozeß in der Quantenmechanik. Im folgenden soll ein Versuch zur Beantwortung dieser Frage dargestellt werden, der eng an die von Boltzmann und Planck entwickelten Gedanken anschließt und insbesondere ganz ohne Zuhilfenahme spezieller Erscheinungen, die eine Zeitrichtung auszeichnen, zu argumentieren gestattet.

Hören wir uns zunächst an, was Boltzmann zu dieser Frage zu sagen hat. Boltzmann diskutiert die unbestreitbar irreversible zeitliche Änderung einer Verteilung von Kugeln in einem Behälter und stellt fest:

"Man kann also nicht beweisen, daß, wie immer die Positionen der Kugeln zu Anfang gewesen sein mögen, nach Verlauf einer sehr langen Zeit die Verteilung immer gleichförmig sein muß, sondern bloß, daß unendlich viel mehr Anfangszustände nach Verlauf einer bestimmten längeren Zeit zu einer gleichförmigen als zu einer ungleichförmigen Zustandsverteilung führen." /3/ (Boltzmann, II, S. 120)

Es erhebt sich allerdings die Frage, auf welche Weise die Menge aller möglichen Anfangszustände für die zeitliche Entwicklung des Systems Bedeutung erlangen. Dazu ebenfalls Boltzmann:

"Die große Unregelmäßigkeit der Wärmebewegung und die Mannigfaltigkeit der Kräfte, welche von außen auf die Körper einwirken, macht es wahrscheinlich, daß die Atome derselben vermöge der Bewegung, die wir Wärme nennen, alle möglichen, mit der Gleichung der lebendigen Kraft (Energiesatz - die Verf.) vereinbaren Positionen und -geschwindigkeiten durchlaufen." /4/ (Boltzmann, I, S. 284)

Im selben Sinne äußert sich Planck, im Zusammenhang mit der Wärmestrahlung, was insofern nicht überrascht, als Planck seine Ansichten in dieser Frage auch wesentlich unter dem Einfluß von Boltzmann entwickelt hat:

"Wenn wir nun ganz beliebige Strahlungsvorgänge ins Auge fassen, die sich in einem vollständig evakuierten, von spiegelnden Wänden umschlossenen Hohlraum abspielen, so ergibt sich, daß dieselben durch die Prinzipien der klassischen Elektrodynamik vollständig geregelt werden, daß bei ihnen von irgendeiner Art von Irreversibilität nicht die Rede sein kann. ... Dementsprechend haben wir auch öfters darauf hingewiesen, daß die einfache Fortpflanzung freier Strahlung einen reversiblen Vorgang darstellt. Erst durch den Hinzutritt emittierender und absorbierender Substanz wird ein irreversibles Element eingeführt." /5/ (Vorlesungen über Theorie der Wärmestrahlung, S. 180 ff.)

Im folgenden knüpfen wir an den hier in Ansätzen formulierten Standpunkt zur Frage der Ursache der Irreversibilität an.

Daß sich Zustandsvariable in makroskopischen Systemen irreversibel ändern, ist eine experimentell festgestellte Tatsache. Es handelt sich bei der Irreversibilität also nicht um ein nur genähert gültiges Verhalten, sondern um ein exakt gültiges, wohl aber um ein solches, das sich auf eine konkrete experimentelle Situation bezieht. Es kann sich bei der Erklärung der Irreversibilität also nicht primär darum handeln, eine Näherung zu finden, die aus den reversiblen Gleichungen irreversible macht, sondern nur darum, die realen Bedingungen der zeitlichen Entwicklung makroskopischer Systeme so genau zu erfassen, daß die richtigen, d. h. irreversiblen, Gleichungen erhalten werden. Wenn reversible makroskopische Gleichungen herauskommen, ist nicht unterlassen worden zu nähern, sondern die Idealisierung der konkreten Bedingungen der makroskopischen Prozesse wurde zu weit getrieben. Worin bestehen diese Idealisierungen? Es werden erstens die aktuellen zeitlichen Werte der Observablen betrachtet statt ihrer zeitlichen Mittelwerte, die in Wirklichkeit im Experiment immer gemessen werden. Zweitens werden ideal abgeschlossene, d. h. konservative, Systeme betrachtet, obwohl

es solche Systeme prinzipiell nicht geben kann. Jedes System ist als Teilsystem des Universums auf mannigfache Weise dem Einfluß seiner Umgebung unterworfen. Gäbe es ein wirklich abgeschlossenes System so könnten wir über dasselbe nichts in Erfahrung bringen. Auch Systeme, die im thermodynamischen Sinne abgeschlossen sind, sind in dem hier maßgeblichen strengen mechanischen Sinne nicht abgeschlossen.

Für das richtige Verständnis der folgenden Darlegungen ist es wichtig im Auge zu behalten, daß alle Überlegungen zum Gesamtsystem zugleich auch auf jedes seiner (genügend großen) Teilsysteme anwendbar sind. Ein Unterschied besteht nur insofern, als sich die Wechselwirkung des Teilsystems mit der Umgebung vom Standpunkt des Gesamtsystems als innere Wechselwirkung des Systems darstellt.

Wir wollen uns klarmachen, welche Konsequenzen sich ergeben, wenn die beiden genannten Idealisierungen in der Beschreibung des makroskopischen Systems fallen gelassen werden, d. h., wenn zeitliche Mittelwerte der Zustandsgrößen statt aktueller Werte betrachtet werden und die Wechselwirkung mit der Umgebung in Rechnung gestellt wird. Die Betrachtung zeitlicher Mittelwerte anstelle aktueller führt allein noch nicht zur Irreversibilität. Erst die Berücksichtigung der Wechselwirkung mit der Umgebung ermöglicht es, die scheinbar unausweichliche Konsequenz, mit der aus reversiblen mikroskopischen Gleichungen wieder reversible makroskopische Gleichungen folgen müssen, zu durchbrechen. Das geschieht folgendermaßen:

Wir legen unserer Betrachtung stellvertretend für eine beliebige andere Zustandsgröße  $A$  wieder die Teilchendichte zugrunde. Mit einer bestimmten räumlich inhomogenen Dichte  $\varrho(x, t = 0)$  sind viele mechanische Anfangszustände  $(q(0), p(0))$  verträglich. Unter diesen sind solche, die im exakt abgeschlossenen System zum Anwachsen der Dichteinhomogenität führen, andere, die zum Ausgleich führen. Die Zahl der mechanischen Anfangszustände, die zum Ausgleich führen, ist wesentlich größer als die Zahl jener, die nicht zum Ausgleich führen. D. h. man erhält für die zeitliche Entwicklung von  $\varrho(x, t)$  eine irreversible Gleichung,



wenn über alle, mit dem Anfangswert  $q(x,0)$  verträglichen mechanischen Anfangsverteilungen gemittelt wird.

Wie läßt sich diese Mittelung physikalisch rechtfertigen? Man wird zunächst geneigt sein, diese Mittelung über die mechanischen Anfangszustände mit der oben genannten zeitlichen Mittelung in Verbindung zu bringen. Dies gelingt aber nicht ohne weiteres. Ein exakt abgeschlossenes System hält sich unendlich lange Zeit auf der durch den Anfangszustand definierten Phasenbahn auf. Die zeitliche Mittelung allein führt damit noch nicht zur Mittelung über die Anfangszustände. Man braucht einen physikalischen Mechanismus, der das System veranlaßt, die einmal angenommene Phasenbahn zu verlassen und auf eine andere überzugehen. Dieser Mechanismus ist die Wechselwirkung mit der Umgebung. Die Wechselwirkung mit der Umgebung stößt das System von einer Phasenbahn auf die andere, sie würfelt die verschiedenen Phasenbahnen aus wie ein Würfelspieler die Zahlen von 1 bis 6. Die Wechselwirkung mit der Umgebung macht die mechanische Bewegung des Systems zu einem zufälligen Prozeß. Für ein Teilsystem übernimmt seine - vom Standpunkt des Gesamtsystems - innere Wechselwirkung mit dem übrigen System die Rolle der Wechselwirkung mit der Umgebung. Auch die Bewegung eines genügend großen Teilsystems eines abgeschlossenen Systems wird damit zum zufälligen Prozeß.

Es ist nicht bekannt, auf welcher Phasenbahn sich das System zu einem bestimmten Zeitpunkt befindet, selbst wenn bekannt war, in welchem mechanischen Zustand das System zum Anfangszeitpunkt war. Da das Vorliegen eines bestimmten mechanischen Zustandes im Falle eines abgeschlossenen Systems einen ganz bestimmten Anfangszustand bei  $t = 0$  zur Voraussetzung hat, die Phasenbahn beim abgeschlossenen System also vom Zeitpunkt  $t$  bis zum Zeitpunkt 0 zurückverfolgt werden kann, so kann man die Unkenntnis des Zustandes zum Zeitpunkt  $t$  auch in den Anfangszeitpunkt  $t = 0$  zurückverlegen. Die Bewegung eines nicht exakt abgeschlossenen mechanischen Systems kann also als zufälliger Prozeß auch in dem Sinne aufgefaßt werden, daß die Anfangsbedingungen zufällig sind.



Über einen zufälligen Prozeß lassen sich nur statistische Aussagen machen. Die Beschreibung der zeitlichen Entwicklung eines makroskopischen Systems ist also ein Problem der Statistik geworden. Es können statistische Mittelwerte ausgerechnet werden, wobei über die zufälligen Variablen, die Anfangszustände, gemittelt wird. Dabei werden die relativen Wahrscheinlichkeiten der verschiedenen Anfangszustände benötigt. Diese sind durch die Art und Weise bestimmt, wie durch die Wechselwirkung mit der Umgebung das System zwischen seinen verschiedenen Phasenbahnen hin- und hergestoßen wird. Sie sind daher im Prinzip berechenbar. Praktisch läßt sich diese Rechnung natürlich nicht durchführen, man ist auf Annahmen angewiesen. Diejenige Annahme, die für die real vorkommenden Wechselwirkungen zwischen System und Umgebung und die von uns ins Auge gefaßten makroskopischen Zustandsänderungen offensichtlich der Wahrheit sehr nahe kommt, ist die der gleichen Wahrscheinlichkeit für alle Anfangszustände (die mit den Bewegungsintegralen verträglich sind). Es sei aber erwähnt, daß auch Formen der Wechselwirkung zwischen System und Umgebung denkbar sind, die nicht auf gleiche a priori Wahrscheinlichkeiten für die Anfangszustände führen, z. B. spiegelnde Wände oder eine monochromatische optische Einstrahlung. Letztere sind aus unseren Überlegungen auszuschließen, sie bedürfen einer gesonderten Betrachtung.

Die beiden Fragen, die noch beantwortet werden müssen, sind erstens, ob die Mittelwerte über die Anfangszustände repräsentativ sind für das, was gemessen wird und zweitens, ob sich die Mittelwerte tatsächlich zeitlich irreversibel ändern. Wie eine Überlegung, die wir hier übergehen wollen, zeigt, ist die erste Frage positiv zu beantworten. Daß bei der zeitlichen Änderung dieses Mittelwertes eine Zeitrichtung ausgezeichnet ist, wurde bereits früher angedeutet: Die überwiegende Mehrzahl der Anfangszustände sind solche, die - um bei unserem Beispiel der Teilchendichte als makroskopischer Observabler zu bleiben - zum Ausgleich von anfangs vorhandenen Dichteinhomogenitäten führen. Die über alle mit den Bewegungsintegralen verträglichen mechanischen Anfangszustände gemittelten makroskopischen Größen

verhalten sich zeitlich irreversibel. Diese Aussage ist so zu verstehen, daß die mechanische Bewegungsgleichung für A zunächst für beliebige Anfangszustände gelöst wird und danach die Lösung aber alle Anfangszustände gemittelt wird. Für den Mittelwert kann man eine Gleichung aufstellen. Diese wird nicht zeitumkehrinvariant sein. Der Schritt von der Reversibilität zur Irreversibilität ist also vollzogen, und zwar auf dem Boden einer statistischen Beschreibung des Systems. Das Wesentliche an unseren Darlegungen sehen wir daher darin, deutlich gemacht zu haben, auf welche Weise bei der zeitlichen Entwicklung eines makroskopischen Systems das Element der Zufälligkeit ins Spiel kommt und somit Begriffe der Wahrscheinlichkeit und Statistik überhaupt. Ist die zeitliche Entwicklung eines realen makroskopischen Systems erst einmal als zufälliger Prozeß erkannt, wird die Gerichtetheit dieser Entwicklung ohne weiteres klar und bietet dem Verständnis ebensowenig (oder ebensoviel) Schwierigkeiten wie die Tatsache, daß beim Mischen von Spielkarten aus einer geordneten Reihenfolge eine ungeordnete entsteht: das System geht im Laufe der Zeit von unwahrscheinlicheren in wahrscheinlichere Zustände über.

Unsere Überlegungen haben deutlich gemacht, daß die Überwindung beider genannter Idealisierungen der Beschreibung eines makroskopischen Systems notwendig ist, um zur Irreversibilität zu gelangen: man muß zur Kenntnis nehmen, daß zeitliche Mittelwerte und nicht aktuelle Werte gemessen werden, und man darf das System nicht als exakt abgeschlossen behandeln. Unsere Darlegungen sind insofern unvollständig, als wir nur die prinzipielle Möglichkeit der Einstellung irreversiblen zeitlichen Verhaltens auf Grund der genannten beiden Bedingungen nachgewiesen haben, aber nicht konkret vorgeführt haben, wie sich die irreversiblen makroskopischen Gleichungen aus den reversiblen mikroskopischen gewinnen lassen. Darin besteht nun auch in der Tat eine wesentliche Schwierigkeit. Die Wechselwirkung mit der Umgebung müßte explizit beschrieben werden. Ansätze dazu finden sich in /10/. Wie bereits erwähnt, existieren aber auch Versuche zur Ableitung der irreversiblen makroskopischen Gleichungen

aus den mechanischen, ohne daß die Wechselwirkung mit der Umgebung in Rechnung gestellt wird (siehe Literaturangaben in /11/). Charakteristisch für diese Ableitungen ist, daß Vernachlässigungen vorgenommen werden, die mit der Annahme weitgehender oder vollständiger Unordnung motiviert werden. Es ist offensichtlich so, daß die erwähnten Vernachlässigungen äquivalent zur Wirkung der Umgebung auf das System sind. Damit ist auch die früher gestellte Frage beantwortet, warum die genäherte Theorie die Wirklichkeit besser beschreibt als die exakte: Die genäherte Theorie nimmt von dem wirklich zu beschreibenden System besser Kenntnis als die exakte.

Wir beschließen diesen Abschnitt mit einer Bemerkung über den "Wärmetod" des Universums. Das Universum ist das einzige System, das keine Umgebung hat. Die Wechselwirkung mit der Umgebung, die allein die Bewegung eines Systems zu einem zufälligen Prozeß macht, findet in seinem Falle nicht statt. Die zeitliche Entwicklung des Universums als Ganzes ist, sofern überhaupt ein Gegenstand für die Physik, auf alle Fälle kein Gegenstand für die statistische Physik und damit auch für den 2. Hauptsatz der Thermodynamik. Dies scheint uns der Haupteinwand gegen die Ausdehnung des 2. Hauptsatzes auf das Universum zu sein. Darüber hinaus müssen aber auch noch andere Einwände erhoben werden.

## 5. Schluß

Am Schluß dieses Beitrags finden wir unseren einleitend geäußerten Standpunkt zur Apriorität der Gerichtetheit der Zeit insofern bestätigt, als klar geworden ist, daß zumindest die irreversiblen Prozesse keine physikalische Erklärung für eine universell gültige Zeitrichtung bieten. Wir haben aber auch gesehen, daß es zur Erklärung der Irreversibilität makroskopischer Prozesse der Heranziehung universeller physikalischer Tatbestände nicht bedarf, die ihrerseits eine physikalische Begründung der Gerichtetheit der Zeit liefern könnten. Inwieweit die Gerichtetheit der Zeit nicht nur keiner thermodynamischen, sondern überhaupt keiner physikalischen Erklärung zugänglich ist, und als eine der wenigen a priori Wahrheiten anerkannt werden

muß, bedarf sicher noch weiterer Erörterungen.

#### Literatur

- /1/ Treder, H.J.: Philosophische Probleme des physikalischen Raumes, Akademie-Verlag, Berlin 1974
- /2/ Griese, A.: Struktur und Prozeß, Berlin 1977
- /3/ Marx, K.: Marx/Engels, Werke, Ergänzungsband, Erster Teil, Berlin 1968, S. 356 ff.
- /4/ Boltzmann, L.: Wissenschaftliche Abhandlungen, Bd. I - III, Leipzig 1909
- /5/ Planck, M.: Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung
- /6/ Tolman, R.: The Principles of Statistical Mechanics, Oxford, Univ. Press, London 1938
- /7/ Fowler, R.H.: Statistical Mechanics, 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge 1936
- /8/ Münster, A.: Statistische Thermodynamik, Springer, Berlin 1956
- /9/ Achieser, A.J., Peletminskii, S.V.: Metodi Statistitscheskoi Fiziki, Isd. Nauka, Moskwa 1977
- /10/ Lebowitz, Bergmann: Annals of Physics 1 (1958)
- /11/ Ebeling, W., et. al: Wiss. Zeitschr. d. Univ. Rostock 19 (1970) 127

#### Verfasser

Prof.Dr. R. Enderlein, Dr. K. Henneberger und Dr. D. Suisky  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Sektion Physik, Bereich Theoretische Halbleiterphysik  
DDR - 108 Berlin  
Unter den Linden 6





Zur Geschichte der statistischen Interpretation des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik

In Anbetracht des noch immer bestehenden Interesses an der Geschichte des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik, z. B. im Zusammenhang mit den Problemen der Irreversibilität in der Physik, mit kosmologischen Fragestellungen (Wärmetod-Hypothese) sowie mit der Geschichte der Thermodynamik /1/ insgesamt, werden in diesem Beitrag noch einmal Aspekte der Interpretation des 2. Hauptsatzes aus historischer Sicht aufgegriffen. Dabei sollen einige weltanschaulich relevante Fragen berührt werden, da die statistische Interpretation des 2. Hauptsatzes in mehrfacher Hinsicht in Beziehung zu philosophischen Problemen der Physik an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert stand.

Rudolf Clausius gebührt bekanntlich das Verdienst, den 2. Hauptsatz der Thermodynamik in der uns heute geläufigen Form  $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$  auf der Grundlage der um 1850 herausgebildeten mechanischen Wärmetheorie als erster ausgesprochen zu haben. Weitere Untersuchungen führten zu präzisierenden Erkenntnissen über die Existenz einer Zustandsgröße Entropie und ihrer Eigenschaft, in abgeschlossenen Systemen nur zunehmen zu können. Damit war die Erscheinung der Nichtumkehrbarkeit im Ablauf von Naturvorgängen mathematisch formuliert. Jedoch brachte die Deutung und Erklärung des Wesens dieser Naturerscheinung erhebliche Schwierigkeiten mit sich, die erst nach umfangreichen und langandauernden Diskussionen, ja scharfen Auseinandersetzungen zwischen einer Vielzahl von Gelehrten verschiedener Länder getilgt werden konnten. Nach Kuznecov /2/ wird dies verständlich, wenn man bedenkt, daß die Nichtumkehrbarkeit des Wärmeüberganges im Gegensatz zu anderen Prinzipien der Physik keine in die Vergangenheit zurückreichende Vorläufer hat, sondern als ein unbekanntes, neuartiges Phänomen erschien.

Der Klärungsprozeß vollzog sich in mehreren Stappen. Zunächst bemühten sich die Physiker durch den Versuch, den 2. Hauptsatz

in die klassische Newtonsche Physik der Massenpunktsysteme einzuordnen, um eine mechanische Interpretation der erkannten Gesetzmäßigkeit. Der dazu beschrittene Weg verzweigte sich sehr bald. Unter Heranziehung von teilweise recht komplizierten Zusatzannahmen (z. B. geschlossene Atombahnen) gelang Clausius und Boltzmann vorerst nur der Nachweis, daß bei quasistatischen Zustandsänderungen die kinetische Energie integrierender Nenner des Differentials der zugeführten Wärmemenge ist, und damit unter bestimmten Voraussetzungen die mechanische Deutung der Existenz einer Zustandsgröße Entropie. Daß die einseitige Entropiezunahme bei irreversiblen Prozessen in abgeschlossenen Systemen ungeklärt blieb, lag aus Gründen der Reversibilität punktmechanischer Abläufe im Wesen des Beweisverfahrens selbst begründet. Die zweite Richtung bestand in der Untersuchung spezieller mechanischer, der sogenannten monozyklischen und verwandten Systeme durch Helmholtz und Boltzmann /3/. Beide Physiker verzichteten bewußt auf eine Ableitung des 2. Hauptsatzes aus bekannten Gesetzen der Mechanik. Vielmehr versuchten sie, Bedingungen abzuleiten, unter denen mechanische Systeme ein Verhalten zeigen, das dem thermodynamischer Systeme bezüglich des 2. Hauptsatzes analog ist. Aber auch diese Methoden führten noch nicht zu Einsichten in jene Gesetzmäßigkeiten, die sich im Verhalten eines aus einer großen Zahl von Einzelteilchen zusammengesetzten Systems zeigen. Dazu bedurfte es völlig neuer Ideen.

Ein erstes entscheidendes Resultat brachte Boltzmanns berühmte Arbeit über das H-Theorem, in der er zeigte, daß eine Größe  $H$ , später  $H$  genannt, durch die Zusammenstöße der Moleküle nicht verändert wird, wenn die Verteilungsfunktion der Bewegungszustände unter den Gasmolekülen zu einem bestimmten Zeitpunkt  $t$  durch das Maxwell'sche Gesetz gegeben ist, während  $H$  für alle anderen Verteilungen nicht zunehmen kann (H-Theorem). Die monotone Änderung der Größe  $H$  veranlaßte Boltzmann zu einem Vergleich mit der Entropie, der ergab, daß für ein Gas im Zustand des Wärmegleichgewichts der Wert  $H$  bis auf einen konstanten Faktor mit dem der Entropie übereinstimmt. Diese Überlegungen erforderten jedoch keine speziellen wahrscheinlichkeitstheoretischen Voraussetzungen, sie enthalten jedoch eine Ergoden-Annahme, die Annah-

me der Gleichwahrscheinlichkeit aller Bewegungsrichtungen und der Ortsunabhängigkeit der Geschwindigkeitsverteilung, führten also zu einem mechanischen Beweis des 2. Hauptsatzes.

Die Kritik an Boltzmanns H-Theorem entsprang in logischer Hinsicht dem Widerspruch, daß aus mikroskopisch reversiblen Vorgängen einseitig verlaufende, makroskopisch irreversible Erscheinungen erklärt werden sollten, und führte zu einer gegenüber der ursprünglichen modifizierten Fassung des H-Theorems.

In der ersten Etappe der Diskussion um die statistische Deutung des 2. Hauptsatzes gruppierten sich die Auseinandersetzungen um den von Josef Loschmidt 1876 erstmals ausgesprochenen und rund 200 Jahre später erneut von englischen Physikern aufgegriffenen Umkehreinwand /4/, der bekanntlich darauf hinausläuft, daß, wenn in einem Gasvolumen, nachdem sich die Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung eingestellt hat, die Geschwindigkeitsrichtungen aller Moleküle umgekehrt würden, dann das Gas alle Zustände rückwärts durchlaufen, "unfehlbar wieder beim Anfangszustand" ankommen und damit die Größe  $H$  ständig zunehmen müßte. Ein wichtiges Ergebnis der Diskussionen um diesen Einwand bestand zunächst in der Erkenntnis, daß die Abnahme der  $H$ -Funktion in den Anfangsbedingungen des Systems begründet liegt. Boltzmann selbst schrieb dazu: "Wir wiesen nach, daß dieselbe infolge der Dureinanderbewegung der Gasmoleküle stets abnimmt. Die Einseitigkeit des Vorganges, welche hierin liegt, ist offenbar nicht in den für die Moleküle geltenden Bewegungsgleichungen begründet. Denn diese ändern sich nicht, wenn die Zeit ihr Vorzeichen wechselt. Diese Einseitigkeit liegt vielmehr einzig und allein in den Anfangsbedingungen", /5/ und räumte gleichzeitig ein, daß es tatsächlich Anfangskonstellationen gibt, von denen aus sich das System entgegen dem H-Theorem in seiner ursprünglichen, deterministischen Fassung so bewegt, daß die Größe  $H$  zunimmt. Später stellte sich heraus, daß als eine notwendige Zusatzbedingung für die Abnahme von  $H$  die Hypothese der molekularen Unordnung eingeführt werden muß, die besonders geordnete Anfangszustände des Systems ausschließt.

Ferner zeigte sich, daß diese Hypothese bereits unbemerkt in der Ableitung der Boltzmannschen Stoßgleichung enthalten war, die ihrerseits auf die ausnahmslose Abnahme der H-Funktion geführt hatte. Nunmehr wurde klar, daß diese Gleichung selbst nur für molekular ungeordnete Anfangsbedingungen gilt. Auf eigentümliche Weise zeigt sich hier die beginnende, wohl zunächst unbewußte Überwindung des mechanischen Determinismus in der Hinzunahme einer nicht aus den Bewegungsgleichungen der klassischen Mechanik allein herleitbaren, zusätzlichen Voraussetzung statistischen Charakters.

Die große heuristische Bedeutung des Umkehrreinwandes bestand so dann darin, daß Boltzmann in diesem Zusammenhang erstmals auf den Begriff der Zustandswahrscheinlichkeit geführt wurde, der die Grundlage für die wahrscheinlichkeitstheoretische Deutung der Entropie bildete. Boltzmann erklärte die in der überwiegenen Zahl der Fälle auftretende Abnahme der H-Funktion mit der größeren Wahrscheinlichkeit (weil größeren Häufigkeit) gleichförmiger Zustände mit kleinem H-Wert im Vergleich zu ungleichförmigen Zuständen mit größerem H, d. h. die Abnahme der H-Funktion erwies sich als gleichbedeutend mit dem Übergang des Systems von unwahrscheinlichen zu wahrscheinlicheren Zuständen. Erst um 1895 konnten die Anfangsbedingungen präzisiert werden, unter denen diese Abnahme der H-Funktion stattfindet, und zwar eben durch die Zusatzannahme der molekularen Unordnung, der zufolge Anfangsbedingungen angegeben werden können, aus denen sich nach einer gewissen Zeit tatsächlich ein ungleichförmiger, weniger wahrscheinlicher Zustand einstellt, während sehr viel mehr Anfangsbedingungen existieren, die zu gleichförmigen und damit wahrscheinlicheren Zuständen führen. Diese Erkenntnisse brachten tiefere Einsichten in das Wesen des physikalischen Prozesses, der durch das H-Theorem wiedergegeben wird.

Die zweite Etappe in der Geschichte der statistischen Interpretation des 2. Hauptsatzes wurde eingeleitet durch den von Ernst Zermelo 1896 erhobenen sogenannten Wiederkehrreinwand /6/ des Inhalts, daß sich ein in ein Volumen eingeschlossenes endlich-zahliges Teilchensystem niemals einem stationären Endzustand nähern



könne, sondern immer wieder qualisperiodisch die gleichen Zustände durchlaufen müsse. Boltzmann, gestützt auf die Wahrscheinlichkeitstheoretische Fassung des H-Theorems, räumte erwidern ein, daß eine Wiederkehr des ursprünglichen Zustands in der Tat mathematisch nicht ausgeschlossen und nach genügend langer Beobachtungszeit sogar zu erwarten sei, da ja die Wahrscheinlichkeit eines dem Anfangszustand sehr nahe liegenden Zustandes zwar sehr, aber nicht unendlich klein ist. Im folgenden sah er sich veranlaßt, diese Wiederkehrzeit abzuschätzen und damit die Schlußfolgerungen aus dem H-Theorem mit denen der phänomenologischen Thermodynamik hinsichtlich des 2. Hauptsatzes in Übereinstimmung zu bringen. Das umgekehrte Ziel, nach Erscheinungen zu suchen, die eine experimentelle Bestätigung für Abweichungen vom 2. Hauptsatz liefern, stellte sich Jahre später M. Smoluchowski /7/. Sein Resultat lautete: wächst die Beobachtungszeit über alle Grenzen, würden sämtliche Vorgänge reversibel erscheinen, normale Zustände häufig, anormale sehr selten auftreten. Bei relativ kurzer Beobachtungszeit wäre für anormale, d. h. unwahrscheinlichere Anfangszustände Entropiezunahme feststellbar, der Vorgang erschiene dem Beobachter als ein irreversibler.

Smoluchowski hob mit seinen Untersuchungen die Einwände von Loschmidt und Zermelo dialektisch in dem Sinne auf, daß er diese Einwände benutzte, um die Richtigkeit der Boltzmannschen Vorstellungen zu untermauern, um den Übergang von der Reversibilität zur Irreversibilität bestimmter Vorgänge klarzustellen. Hatten Loschmidt und Zermelo das H-Theorem mit ihren Einwänden zu negieren versucht, so negierte Smoluchowski seinerseits die beiden Einwände, und dieser Negation der Negation entsprang eine tiefere Einsicht in das Wesen des 2. Hauptsatzes und damit in die Erscheinung der Irreversibilität.

In einer tiefeschürfenden Arbeit /8/, gleichsam als einer dritten Etappe in der Geschichte der statistischen Interpretation des 2. Hauptsatzes, haben Paul und Tatjana Ehrenfest wenige Jahre später die von Natur aus unstetige H-Funktion (die sich sprunghaft ändert, wenn ein Teilchen aus einer Zelle des Phasenraumes in eine andere übertritt) graphisch durch eine Treppenkurve appro-



ximiert, nicht wie Boltzmann, durch einen kontinuierlichen Kurvenverlauf.

Noch deutlicher werden die Verhältnisse, wenn man mit Ehrenfest ein  $t$ - $H$ -Diagramm herstellt, in dem dann von einem Anfangszustand  $H(t_A)$  ein Büschel von  $H(t)$ -Kurven ausgeht, die den verschiedenen Mikrozuständen entsprechen, welche sämtlich den Anfangszustand von  $H(t_A)$  realisieren. In dieses Büschel kann eine mit der Zeit monoton fallende "Verdichtungskurve" gelegt werden, um die sich die überwiegende Mehrzahl der einzelnen  $H$ -Kurven drängt.

Mit der Diskussion um die  $H$ -Kurve als einem frühen Beispiel für die mathematische Darstellung eines unstetigen Vorganges war u. E. ein Punkt erreicht, an dem es notwendig wurde, die seit den Anfängen der klassischen experimentellen und theoretischen Physik ausschließlich geübte Beschreibung von Naturvorgängen durch stetige Funktionen aufzugeben. Zwar hatten die Vertreter der Atomistik begonnen, sich über die diskontinuierliche, atomare Struktur der Materie und die sich daraus ergebenden physikalischen und philosophischen Konsequenzen klar zu werden, doch galt die Darstellung der Gesetze der Physik durch Differentialgleichungen, die nicht nur die Stetigkeit, sondern sogar die Differenzierbarkeit der betreffenden Funktionen voraussetzt, noch immer als die übliche, wenn auch häufig nur angenäherte mathematische Methode zur Erfassung bestimmter Naturvorgänge.

Nun entdeckte man um die Jahrhundertwende weitere diskontinuierliche Vorgänge und Erscheinungen, zu denen die Einsicht in die Diskretheit der Masse, der elektrischen Ladung und insbesondere die Energiequantelung zu zählen sind. Eine Vorstufe der letzteren hatte bereits Boltzmann, wenn auch nur als mathematischen Kunstgriff benutzt, den Planck später zusammen mit der Wahrscheinlichkeitstheoretischen Deutung der Entropie als die von ihm übernommene "Methode Boltzmann" bezeichnete.

Die mit der statistischen Interpretation des 2. Hauptsatzes verbundene Aufdeckung des Zusammenhanges von Wahrscheinlichkeit und Entropie stellte eine wesentliche theoretische Grundlage für die Ableitung des Planckschen Strahlungsgesetzes dar, das bekanntlich den ersten entscheidenden Schritt über die Grenzen

der klassischen Physik hinaus bedeutete. Seine theoretischen Wurzeln und Voraussetzungen liegen in den physikalischen Erkenntnissen des 19. Jahrhunderts und sind eine Synthese wesentlicher wissenschaftlicher Errungenschaften jener Epoche, nämlich der Maxwell'schen elektrodynamischen Feldtheorie, der Thermodynamik, insbesondere in ihrer Anwendung auf das Strahlungsfeld und schließlich atomistisch-statistischer Vorstellungen. Diese Einsichten in universelle Zusammenhänge zählen u. E. zu den wichtigen theoretischen Voraussetzungen für die Revolution in der Physik.

Desweiteren sei auf die Diskussion um die Übertragbarkeit des 2. Hauptsatzes auf das Weltall hingewiesen. Die Hypothese vom Wärmetod des Weltalls geht bekanntlich auch auf den Physiker Rudolf Clausius zurück. Aber schon Boltzmann lehnte, ebenso wie Smoluchowski, diese Hypothese vom Standpunkt des mechanischen Materialismus ab. Im Rahmen ihrer Konzeption befindet sich das Weltall in einem statistisch stationären Gleichgewichtszustand, in dem an verschiedenen Stellen Fluktuationen bzw. Schwankungen auftreten, ohne daß eine Entwicklung im Weltall insgesamt außer eben an den Schwankungstellen vor sich geht. Übrigens scheint die Frage, ob das Weltall als Ganzes einer Entwicklung fähig ist, erörterenswert; daß im Weltall Entwicklungen vor sich gehen, ist natürlich evident.

Auch Friedrich Engels, der mehrere Arbeiten u. a. von Clausius gelesen hatte und vermutlich auch die von Loschmidt über den Umkehrreinwand kannte, äußerte in seiner Dialektik der Natur, daß sich die Materie in einem ewigen Kreislauf bewege, der seine Bahn "erst in Zeiträumen vollende", für die unser Erdenjahr keinen "ausreichenden Maßstab" mehr biete /9/. Vor einiger Zeit hat Treder eine neuere Einschätzung der Auffassungen von Engels zu diesen Fragen gegeben /10/.

Boltzmann stand in der Auseinandersetzung um seine statistische Deutung des 2. Hauptsatzes in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts ziemlich allein der Mehrzahl der Physiker gegenüber. Da Zermelo als Schüler von Planck seine Arbeiten mit dessen Einverständnis veröffentlichte, mußte Boltzmann, zunächst wenig-

stens, auch Planck zu seinen Gegnern zählen. Besonders heftig wurden Boltzmanns Auffassungen von den Vertretern der Energetik bekämpft, gegen die er sich als spontaner Materialist seinerseits wiederholt wandte.

Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts erschien eine Reihe von Arbeiten, die wesentliche Ideen, insbesondere aber die atomistische Grundkonzeption Boltzmanns, zugrunde legten, und die zu einer Wende in der Einstellung der führenden Physiker der Boltzmannschen Theorie gegenüber beitrugen. 1914 charakterisierte rückblickend Smoluchowski die Situation, indem er neben den physikalischen Bedenken teilweise auch die allgemein philosophischen Wurzeln der ablehnenden Haltung gegenüber der Theorie Boltzmanns bloßlegte: "Viel trug übrigens zu jener Stimmung auch die allgemeine, sozusagen agnostisch-skeptische Strömung jener Zeit bei, welche der Atomistik, wie überhaupt jeder kühnen Spekulation mißtrauend, nur die nüchterne, phänomenologische Beschreibung als allein berechnigte Forschungsmethode ansah." /11/ Nachträglich hat diese Entwicklung die zahlreichen Warnungen Engels' vor der einseitigen, auf die bloße Beschreibung der Naturvorgänge gerichteten Forschungsmethode bestätigt, seine Warnung vor jener "Empirie, die sich das Denken möglichst selbst verbietet und die eben deshalb nicht nur falsch denkt, sondern auch nicht imstande ist, den Tatsachen zu folgen ..., die also in das Gegenteil von wirklicher Empirie umschlägt." /12/ Dabei ist allerdings der verbreitete Einbruch subjektiv-idealistischer Vorstellungen in die Physik gegen Ende des vorigen Jahrhunderts im Zusammenhang mit dem Vordringen der ideologischen Reaktion beim Übergang vom Kapitalismus der freien Konkurrenz zum Imperialismus zu verstehen. Wenn sich dennoch selbst vor diesem Hintergrund die Atomistik behaupten und etwa seit 1900 in zunehmendem Maße wieder durchsetzen konnte, so haben hierzu die Untersuchungen Boltzmanns und insbesondere ihre experimentelle Bestätigung an der Brownschen Bewegung einen nicht geringen Beitrag geleistet.

### Literatur:

- /1/ Vgl. z. B. Brush, S.G.: Kinetische Theorie, Bd. 1/2 (Einführung und Originaltexte), Berlin, Oxford, Braunschweig 1970; Brush, S.G.: Journ.Hist.Ideas 37 (1976) 4, 603 - 630; Materialien des XV. Internationalen Kongresses für Geschichte der Wissenschaft, Edinburgh 1977, Symposium 6 zur Geschichte der Thermodynamik in Theorie und Praxis
- /2/ Kuznecov, B.G.: Razvitie fiziceskich idej ot Galileja do Ejnstejna v svete sovremennoj nauki, Moskau 1963, 248
- /3/ Vgl. Bernhardt, H.: Wiss.Zt.HUB, Math.-Nat.R. XXII (1973) 3, 341 - 344
- /4/ Vgl. Bernhardt, H.: NTM-Schriftenr. Gesch.Naturwiss., Techn. Med., 4 (1967) 10, 35 - 44
- /5/ Boltzmann, L.: Vorlesungen über Gastheorie, Leipzig 1895, Bd. 2, 251
- /6/ Vgl. Bernhardt, H.: NTM-Schriftenr. Gesch.Naturwiss., Techn., Med., 6 (1969) 2, 27 - 36
- /7/ Smoluchowski, M.: Sitz.Ber.Akad.Wiss.Wien, Abt. IIa, 124 (1915), 339 - 368
- /8/ Ehrenfest, P. und T.: Enzykl.d.math.Wiss. IV/4, Leipzig 1907 - 1914
- /9/ MEW 20, 1962, 327
- /10/ Vgl. z. B. Treder, H.-J.: Wifo 5 (1971), 201 - 203
- /11/ Smoluchowski, M.: Gültigkeitsgrenzen des 2. Hauptsatzes der Wärmetheorie, Mathm.Vorles.Univ.Göttingen VI; Votr.üb.d. kin.Theorie der Materie u.d. Elektr., Leipzig und Berlin 1914, 89
- /12/ MEW 20, Berlin 1962, 395

### Verfasser:

Dr. Hannelore Bernhardt  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Sektion Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsorganisation  
Bereich Wissenschaftsgeschichte  
DDR - 108 Berlin  
Universitätsstraße 3b





Das Weltganze und die Determinismusproblematik

Von zentraler Bedeutung für die Determinismuskonzeption des dialektischen Materialismus ist der objektive Zufall. Seine Anerkennung bedeutet die Abgrenzung gegenüber der Auffassung, daß das Zufällige stets vollständig auf Notwendiges reduzierbar sei und ihm deshalb keine selbständige Bedeutung zukäme. Diese Abkehr vom mechanischen Materialismus ist in der Physik seit langem vollzogen. Auf der anderen Seite ist zu beachten, daß auch der Zufall kausal bedingt ist. Diese philosophische Aussage im Detail zu belegen, ist eine Aufgabe, die nicht an Bedeutung verloren hat und die in Zusammenarbeit von Philosophen und Naturwissenschaftlern zu lösen sein wird. Es geht hierbei um die Gewinnung präzisierter philosophischer Aussagen auf der Grundlage der Erkenntnis von Mechanismen des Zusammenspiels von Notwendigkeit und Zufall.

Die Auseinandersetzung mit dem mechanischen Materialismus führte in der Vergangenheit zu einer differenzierten Einschätzung seiner Vertreter. Hier ist besonders die Arbeit von Röseberg /1/ zu nennen, in der u. a. auf das Werk von Laplace eingegangen wird, dessen bekannter Satz über den sogenannten "Laplaceschen Dämon" häufig als typisch für den mechanischen Materialismus angesehen wird. Im folgenden soll der Versuch unternommen werden, gerade diesen Satz einer eingehenderen Analyse zu unterziehen, wobei von bestimmten Vorstellungen über den Ursprung des objektiven Zufalls ausgegangen wird. Der Inhalt der in Rede stehenden Aussage besteht im wesentlichen darin, daß der zukünftige Zustand des Weltalls durch seinen gegenwärtigen bzw. vergangenen Zustand vollständig determiniert sei. Der Zustand der Welt als Ganzes wird also nach Laplace durch keinen Zufall beeinflusst; Hier sind Möglichkeit und Wirklichkeit identisch. Gegenstand der vorliegenden Untersuchung soll die Frage sein, ob dieses Ergebnis einer undialektischen Betrachtungsweise des von Laplace ins Auge gefaßten Objektes, nämlich des Weltganzen und seiner Bewegung, widersprochen werden muß. Wenn Laplace außerdem schreibt,

daß die Bewegung der gesamten Welt mit Hilfe von einer und derselben Formel beschrieben werden könne, so ist er damit offensichtlich dem Wissen und den Auffassungen seiner Zeit verhaftet. Eine Formel ist notwendig etwas Endliches und kann nicht der Unendlichkeit der Materie gerecht werden. Es soll also im folgenden allein um den ersten Teil der Aussage gehen, in dem die Überzeugung von der vollständigen Determiniertheit des Weltgeschehens - genauer: der Bewegung der Welt als Ganzem - ausgesprochen wird. Imübrigen ist bemerkenswert, daß Laplace für die Begründung seines Satzes keineswegs auf ein mechanistisches Weltmodell zurückgreift, ihn also nicht aus den Eigenschaften der Bewegungsgleichungen der klassischen Mechanik ableitet. Er zieht das "Prinzip vom zureichenden Grunde" heran, indem er schreibt: "Alle Ereignisse, selbst jene, welche wegen ihrer Geringfügigkeit scheinbar nichts mit den großen Naturgesetzen zu tun haben, folgen aus diesen mit derselben Notwendigkeit wie die Umläufe der Sonne. ... Die gegenwärtigen Ereignisse sind mit den vergangenen durch das evidente Prinzip verknüpft, daß kein Ding ohne erzeugende Ursache entstehen kann. Dieses Axiom, bekannt unter dem Namen des "Prinzips vom zureichenden Grunde", erstreckt sich auch auf die Handlungen, die man für gleichgültig hält. Der freieste Wille kann sie nicht ohne ein bestimmendes Motiv hervorbringen; denn wenn er unter vollkommen ähnlichen Umständen das eine Mal handelte und das andere Mal sich der Handlung enthielte, dann wäre seine Wahl eine Wirkung ohne Ursache: sie wäre dann, wie Leibniz sagt, der blinde Zufall der Epikuräer. Die gegenteilige Meinung ist eine Täuschung des Geistes, der die flüchtigen Gründe, welche die Wahl des Willens bei gleichgültigen Dingen bestimmen, aus dem Auge verliert und sich einredet, daß der Wille sich durch sich selbst und ohne Motive bestimmt hat. Wir müssen also den gegenwärtigen Zustand des Weltalls als die Wirkung seines früheren und als die Ursache des folgenden Zustandes betrachten." /2/ In dieser Auffassung ist scheinbar kein Platz für den menschlichen Willen. Der Mensch und sein Bewußtsein sind Teil des Weltganzen. Menschliches Denken und Handeln sind damit ebenfalls vollständig determiniert. In der Tat wird häufig geschlossen, aus der Unabänderlichkeit und Notwendigkeit des menschlichen

Handelns könne oder müsse eine fatalistische Einstellung abgeleitet werden.

Bei der Diskussion der Laplaceschen Aussage entsteht also das Problem, ob die Konsequenz des Fatalismus zu Recht gezogen werden kann. Fatalismus bedeutet hier die Entscheidung, keine Entscheidungen zu treffen, weil diese aus den genannten Gründen sinnlos oder illusionär seien. Es liegt aber natürlich kein Grund vor anzunehmen, daß die hier zuerst genannte Entscheidung eine Ausnahme bilden und dann nicht ebenfalls sinnlos oder illusionär sein sollte. Auf dieser Grundlage den menschlichen Willen durch einen Willensakt ausschalten zu wollen, ist ein Gedanke, der sich selbst ad absurdum führt. Fatalismus folgt also keineswegs zwangsläufig aus der strengen Determiniertheit des Weltganzen.

Im folgenden soll nun untersucht werden, auf welche Aussage hinsichtlich der Determiniertheit des Weltganzen eine dialektisch materialistische Betrachtung führt. Dafür sei vorausgesetzt, daß der Begriff des Weltganzen ein sinnvoller ist. Wäre dies nicht der Fall, so wäre jede Aussage darüber, und also auch die Laplacesche, irrelevant. Unter dem Weltganzen sei die Materie in allen ihren Erscheinungsformen verstanden. Keinesfalls ist es mit irgendeinem, z. B. allgemein-relativistischen, Weltmodell zu identifizieren. Sicherlich ist es dennoch möglich, das Weltganze als objektiv reales System zu kennzeichnen. Es ist definitionsgemäß das einzige reale System, das keine Umgebung hat und in diesem Sinne abgeschlossen. Der materielle Zusammenhang manifestiert sich hier allein durch innere Beziehungen bzw. die innere Wechselwirkung. Unter einem offenen System sei, wie allgemein üblich, ein solches verstanden, das auch mit seiner Umgebung wechselwirkt. Innere wie äußere Wechselwirkung sind unendlich vielfältig. Für das folgende wird davon ausgegangen, daß gerade in der unendlichen Vielfalt des materiellen Zusammenhanges der Ursprung des objektiven Zufalls zu sehen ist. Man muß nun unterscheiden zwischen der objektiven Realität in Form realer Systeme, die unendlich sind in Leninschen Sinne und objektiven Gesetzen, die sich auf wesentliche Seiten beziehen und die stets un-



endlich viele Kausalzusammenhänge nicht berücksichtigen. Die Bewegung eines Systems kann deshalb niemals durch eine endliche Zahl von Gesetzen vollständig wiedergegeben werden. Hieraus, aus der prinzipiellen Unmöglichkeit der vollständigen Beschreibung realer Systeme, resultiert ein Aspekt des objektiven Zufalls. Davon unabhängig ist es sicher sinnvoll, vom "Zustand" des Systems zu sprechen, auch wenn er nicht vollständig beschrieben werden kann. Im Falle offener Systeme tritt ein zweiter Aspekt des objektiven Zufalls in Erscheinung. Offene Systeme wechselwirken in unendlich vielfältiger Weise mit ihrer Umgebung. Diese Wechselwirkung beeinflusst naturgemäß den Zustand des Systems. Der Einfluß der Umgebung ist ebenfalls nicht vollständig zu erfassen. Damit wird nun auch der Zustand des Systems, der unabhängig von seiner vollständigen Beschreibbarkeit real ist, vom Zufall beeinflusst. Objektiv ist der Zufall in beiden Fällen deshalb, weil er durch immer tiefere Einsicht in den objektiv realen Zusammenhang zwar in seiner konkreten Form, aber nicht grundsätzlich eliminiert werden kann. In Strenge ist das Weltganze das einzige abgeschlossene System, das es gibt. Hier also tritt der objektive Zufall in der an zweiter Stelle genannten Form nicht in Erscheinung. Der zukünftige Zustand des Weltganzen wird damit tatsächlich nur bestimmt durch seinen vergangenen. Es gibt nichts, wodurch er sonst bestimmt sein könnte. Wollte man hier die Möglichkeit des Zufalls einräumen, so wäre dies der absolute Zufall.

Die hier angestellten Überlegungen führen also zu einem Ergebnis, das mit dem Inhalt der Laplaceschen Aussage über die Determiniertheit des Weltganzen übereinstimmt. Das bedeutet nicht, daß Laplace dialektisches Denken vorweggenommen hätte. Die Fruchtbarkeit materialistischer Dialektik erweist sich gerade bei der Untersuchung offener Systeme, also aller jener Systeme, die für den Menschen von Bedeutung sind. Hingegen ist der Laplacesche Satz ohne praktische Relevanz, weder in positivem noch in negativem Sinne. Aus dem Kontext /2/ geht hervor, daß Laplace ihn wohl vor allem als Formulierung des Prinzips von zureichenden Grunde, also des Kausalitätsprinzips, verstanden wis-

sen wollte. Die Anwendung einer derartigen undialektischen Konzeption auf irgendwelche Teilsysteme des Weltganzen ist eindeutig mechanistisch und führt zu falschen Ergebnissen. Das ist seit langem bekannt. Mit den vorangegangenen Ausführungen sollte gezeigt werden, daß die Kennzeichnung des Satzes vom Laplaceschen Dämon als typisches Beispiel einer mechanistischen Aussage zumindest problematisch ist, weil ihm vom dialektisch - materialistischen Standpunkt nicht zwangsläufig widersprochen werden muß.

#### Literatur:

- /1/ Röseberg, U.: Determinismus und Physik, Berlin 1975
- /2/ Laplace, P.S. de, Philosophischer Versuch über die Wahrscheinlichkeit, Leipzig 1932

#### Verfasser:

Dr. Hans-Günter Maschke  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Sektion Physik  
DDR - 402 Halle  
Friedemann-Bach-Platz 6





Zum Prozeß der Herausbildung entwickelter physikalischer Theorien

1. Einleitung

Zum Verständnis sollen thesenhaft einige Betrachtungen bezüglich der Struktur einer entwickelten physikalischen Theorie vorangestellt werden, die in einer früheren Arbeit /1/ ausführlich dargelegt sind.

Danach kann eine entwickelte Theorie für die physikalischen Wechselwirkungen in einem Objektbereich charakterisiert werden als ein System von Grundbegriffen, Gesetzen, spezifischen Bedingungen und Regeln für die Bildung abgeleiteter Begriffe bzw. Beziehungen.

Die Grundbegriffe einer entwickelten Theorie sind: Fundamentale Zustandsgrößen (Beispiel: Feldvektoren der Elektrodynamik), fundamentale Einflußgrößen (Beispiel: Ladungen, Ströme als Quellen elektromagnetischer Felder) und fundamentale Prozeßgrößen (Beispiel: Wärmemenge in der Thermodynamik).

Wenn im folgenden von Gesetzen gesprochen wird, sind solche Gesetze gemeint, die zum expliziten Bestand der entwickelten Theorie gehören (zum Unterschied von Gesetzen, die implizit in der Theorie enthalten sind). Die Gesetze sind gegeben als Grundgesetze (Beispiel: Maxwell'sche Gleichungen) und Strukturgesetze (Beispiel: Materialgleichungen der Elektrodynamik).

Die Grundgesetze als "Kernstück" einer entwickelten physikalischen Theorie erscheinen als formale Beziehungen der symbolisierten Grundbegriffe. Die Strukturgesetze berücksichtigen Besonderheiten, die durch die Merkmale spezieller Wechselwirkungen gegeben sind und kennzeichnen damit "Klassen von Wechselwirkungen" (Beispiel: Elektrodynamik der Vakuumfelder). Gemeinsam mit den Grundgesetzen ergeben sie Gesetze einer präzisierten Theorie für eine Klasse von Wechselwirkungen (oder spezielle Überlagerungen von Prozessen).

Die Grundgesetze sind in einer entwickelten Theorie gegeben. Die Strukturgesetze dagegen sind in unerschöpflicher Weise Gegenstand detaillierter Forschungen und bedingen eine Entwicklung zunehmender Präzisierungen der entwickelten Theorie. Dabei mag der Umstand betont sein, daß eine Theorie über die Strukturgesetze mit der Theorie eines anderen Objektbereiches "kommunizieren" kann (Beispiel: Bestimmung des Vektors der dielektrischen Polarisation auf quantenphysikalischer Grundlage), was zur Unterscheidung zwischen "geschlossenen" und "offenen" präzisierten Theorien führt.

Durch die Beachtung spezifischer Bedingungen (Beispiele: Rand- und Anfangsbedingungen) wird eine präzisierte Theorie auf konkrete Situationen bezogen. In der "Hierarchie" Grundgesetze - Strukturgesetze - spezifische Bedingungen vollzieht sich die Dialektik von Allgemeinem - Besonderem - Einzelem.

Abgeleitete Begriffe (Beispiel: Energetische Größen der Elektrodynamik) und Beziehungen (Beispiel: Poynting'sche Energiebilanzrelation) sind in methodischer Sicht bedeutsam bzw. sie gestatten die explizite Formulierung zu betonender Zusammenhänge.

## 2. Charakteristische Merkmale von Niveaustufen im historischen Prozeß der Herausarbeitung einer Theorie

Im folgenden soll auf charakterisierbare Niveaustufen im historischen Prozeß der Ausarbeitung einer physikalischen Theorie aufmerksam gemacht werden. Diese Stufen lassen sich (ob vielfach erst nachträglich, mag dahingestellt sein) durch einen jeweils erreichten Abstraktionsgrad in der Darstellung der Gesetzmäßigkeiten der Zusammenhänge kennzeichnen. Details der tatsächlichen historischen Entwicklung sind dafür unwesentlich.

Der Ausarbeitungsprozeß setzt mit einer ersten Stufe ein, welche als Erkundungsstufe bezeichnet werden soll.

Eine Theorie für einen neu entdeckten Erscheinungskomplex - von dem anfangs nicht einmal alle grundlegenden Phänomene bekannt sind - fehlt vollständig. Selbst die Experimente haben zunächst vorwiegend "Erkundungscharakter", indem quantitative experimen-

telles Bestimmungen (Messungen) noch nicht ausführbar sind. Später sind Messungen möglich, aber es sind noch keine "eigentlichen" Messungen bezüglich der Zusammenhänge im betreffenden Objektbereich, eben weil die darauf bezogenen fundamentalen Begriffe noch fehlen. Somit werden quantitative Beziehungen mit Hilfe von Begriffen formuliert, die einer anderen Theorie "entlehnt" sind, oder es handelt sich um dargestellte Zusammenhänge geometrischer oder arithmetischer Natur.

So wurde in den Anfängen des heute als Elektrostatik bezeichneten Komplexes aus den Erscheinungen auf eine neue Stoffeigenschaft geschlossen, nämlich daß die Stoffe Träger bzw. Leiter elektrischer Ladungsmengen sein können. Jedoch blieb das Verständnis für das Wesen der Wechselwirkungen noch unerschlossen, indem diese mit Hilfe des der Mechanik entlehnten Kraftbegriffes charakterisiert wurden.

Natürlich ist mit solchen Bestimmungen die Zielstellung verbunden, Hinweise für eine Theoriebildung zu bekommen. Auf der Basis der Erkenntnisse in der Erkundungsstufe entstehen Hypothesen, die bei der weiteren Ausarbeitung der Theorie bestätigt oder verworfen werden.

Im betrachteten Beispiel der Elektrostatik konnte im Bereich der Erkundungsstufe die Hypothese

$$\frac{\vec{F}}{e} = \lim_{e \rightarrow 0} \frac{\vec{F}}{e}$$

(bei Beachtung gewisser Einschränkungen der Versuchsbedingungen) zum Anlaß genommen werden, die Existenz einer Zustandsgröße des statischen elektrischen Feldes zu vermuten. Denn die Größe  $\vec{F}/e$  des durch die Anwesenheit der quaispunktförmigen Probeladung  $e$  "gestörten" Feldes kann (s.d. obige Einschränkung) mit einer Größe des "ungestörten" Feldes identifiziert werden.

Die erste theoretische Stufe soll dadurch charakterisiert werden, daß - gemessen an den Zielstellungen der entwickelten Theorie - für eine spezielle Klasse von Wechselwirkungen oder für mehrere solcher Klassen der Kenntnisgrad einer präzisierten spezialisierten Theorie erreicht ist. Insbesondere ist man noch

nicht in der Lage, zwischen Grundgesetzen und Strukturgesetzen zu unterscheiden.

Bezüglich des betrachteten Beispiels hätte man die "erste theoretische Stufe" etwa durch Beziehungen (in heutiger Schreibweise)

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0; \quad \epsilon \oint \vec{E} \cdot d\vec{F} = 0$$

für Vakuumfelder oder

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0; \quad \epsilon \oint \vec{E} \cdot d\vec{F} = Q$$

für Felder in geeigneten Stoffen

zu charakterisieren. (Und zwar stellt man sich auf den Standpunkt, daß diese Aussagen über  $\vec{E}$  auch dann gelten, wenn die Hypothese  $\vec{E} = \lim_{e \rightarrow 0} \vec{F}/e$  nicht mehr aufrechterhalten werden kann bzw. nicht mehr im Experiment überprüft werden kann.)

Ähnliche Betrachtungen ließen sich für die Magnetostatik oder für andere Teilgebiete einer heutigen Elektrodynamik durchführen.

Die "zweite theoretische Stufe" soll dadurch charakterisiert werden, daß (in der durch die Hierarchie der entwickelten Theorie suggerierten Denkweise) in Teilgebieten des Anwendungsbereiches der späteren entwickelten Theorie eine spezialisierte entwickelte Theorie erarbeitet ist. Insbesondere ist man in der Lage, zwischen Grundgesetzen und Strukturgesetzen zu unterscheiden. Zur Realisierung des dadurch umrissenen Programmes könnte man zur Charakterisierung des elektrostatischen Feldes zwei fundamentale Zustandsgrößen  $\vec{D}$  und  $\vec{E}$  einführen, die den Grundgesetzen

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0; \quad \oint \vec{D} \cdot d\vec{F} = Q$$



genügen, worin überdies in der zweiten Relation die Ladungsmenge als fundamentale Einflußgröße erscheint.

Die Stufe der entwickelten Theorie ist erreicht, wenn man erkennt hat, daß die Grundgesetze der Stufe 2 verschiedenster Anwendungssituationen als Spezialisierungsfälle allgemeinsten Grundgesetze erscheinen und diese allgemeinsten Grundgesetze bekannt sind. Natürlich müssen die auf früheren Ausarbeitungsstufen gefundenen Strukturgesetze kritisch überprüft werden. Selbst wenn die formal auf die durch die entwickelte Theorie gegebenen neuen Anwendungssituationen übertragen werden können, ist doch oft bezüglich der inhaltlichen Aussage eine neue physikalische Interpretation erforderlich.

So besagt die Beziehung  $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$  für die Elektrostatik homogener isotroper Medien, daß  $\epsilon$  eine Stoffeigenschaft charakterisiert. In der Dynamik hochfrequenter Wellenfelder mag vielfach eine Proportionalität zwischen  $\vec{D}$  und  $\vec{E}$  gegeben sein, der Proportionalitätsfaktor ist aber sowohl durch Strukturparameter der Stoffe als auch der Wellenfelder gegeben. (Letztere müssen natürlich im Rahmen einer Kontinuums-theorie des Feldes auf mathematische Strukturen wie Frequenz, Wellenlänge reduziert werden.)

Vor allem in der "klassischen" Physik begegnet man häufig dem Umstand, daß die quantitative Bestimmung fundamentaler Größen im unmittelbaren Meßvorgang möglich ist, solange die zu charakterisierenden Prozesse mittels einer spezialisierten präzisierten Theorie beschreibbar sind. Vielfach entfällt jedoch die praktische Möglichkeit der unmittelbaren Messung, wenn die allgemeine Theorie zur notwendigen Beschreibungsgrundlage wird. In solchen Fällen werden die fundamentalen Größen formalisiert, indem die unmittelbar meßbaren Größen aus ihnen abgeleitet werden müssen.

Als Beispiel mag die elektromagnetische Lichttheorie gelten. Die elektromagnetischen Feldvektoren selbst (als fundamentale Zustandsgrößen) sind praktisch nicht meßbar, wohl aber Strahlungsintensitäten, die als geeignete Mittelwerte energetischer Größen mittels der Feldvektoren berechnet werden können.

### 3. Schlußbemerkungen

Im Rahmen der hier gegebenen Beschränkungen (Vortragsdauer) müssen einige interessante Fragen unangesprochen bleiben. Vor allem erscheint es erforderlich, die vorgetragenen Gedanken am tatsächlichen Gang der Entwicklung physikalischer Erkenntnis zu prüfen und dabei gleichzeitig Belegungsbeispiele aus allen derzeitigen physikalischen Theorien zu liefern. Schließlich erscheint es verlockend, in Anwendung der genannten Kriterien auf moderne Entwicklungsgebiete der Physik jeweils "Standortbestimmungen" bezüglich des erreichten Abstraktionsgrades bei der Ausarbeitung des theoretischen Konzepts durchzuführen.

Zum Schluß sei erwähnt, daß im Rahmen dieser Ausführungen gegenüber einer früheren Darstellung /1/ Veränderungen bezüglich der Terminologie vorgenommen wurde. So wurde die Benennung "hypothetische Stufe" ersetzt durch den passenderen Terminus "1. theoretische Stufe". Notwendigerweise entstand damit eine durch Textvergleich ersichtliche Veränderung.

### Literatur:

/1/ Loges, F.: Wiss.Z.Univ.Halle XXV'76 M, H. 5, S. 21 - 28

### Verfasser:

Prof. Dr. Frido Loges  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Sektion Physik  
DDR - 402 Halle  
Fried.-Bach-Platz 6

Logische Grundlagen der Wahrscheinlichkeit

Die Logik ist die Wissenschaft des Möglichen. Aus diesem Grunde muß zunächst ein nichtleerer Möglichkeitsraum  $M$  konstituiert werden. Hierfür kann jeder Bereich der Wirklichkeit (der Natur, der Gesellschaft und des Denkens) als Ausgangspunkt dienen. Im folgenden werden allerdings nur 4 Fälle in Betracht gezogen.

1.  $M$  ist die Menge aller möglichen, sich paarweise ausschließenden Zustände eines (abgeschlossenen Systems).
2.  $M$  ist die Menge aller möglichen, sich paarweise ausschließenden Resultate eines Experiments (Zufallsexperiments).
3.  $M$  ist die Menge aller möglichen, sich paarweise ausschließenden Handlungszustände eines Handlungsspielraums.
4.  $M$  ist die Menge aller möglichen, sich paarweise ausschließenden Interpretationen einer (formalisierten) Sprache.

Aus Gründen der Einfachheit und der begrifflichen Klarheit wird schließlich vorausgesetzt, daß der Möglichkeitsraum  $M$  endlich ist.

Die Logik basiert auf dem Satz der Zweiwertigkeit. Aus diesem Grunde muß in den betrachteten 4 Fällen folgendes vorausgesetzt werden:

1. Jeder Sachverhalt eines Systems ist bei einem Zustand des Systems entweder existent oder nicht existent.
2. Jedes Ereignis eines Experiments ist bei einem Resultat des Experiments entweder eingetreten oder nicht eingetreten.
3. Jede Handlung eines Handlungsspielraums wird bei einem Handlungszustand des Handlungsspielraums entweder ausgeführt oder nicht ausgeführt.
4. Jede Aussage einer Sprache ist bei einer Interpretation der Sprache entweder wahr oder nicht wahr.

Die Logik untersucht extensionale Beziehungen. Ob eine extensionale Beziehung zwischen Gegebenheiten besteht oder nicht, hängt nur von den Extensionen (vom extensionalen Gehalt) der Gegebenheiten ab. Aus diesem Grunde wird die extensionsalisierende Ab-

straktion vollzogen. Nach Vollzug der extensionalisierenden Abstraktion werden die Gegebenheiten durch die ihnen eindeutig zugeordneten Extensionen (Mengen) repräsentiert. In den betrachteten 4 Fällen geschieht dies auf folgende Weise:

1. Ein Sachverhalt eines Systems wird durch die Menge der Zustände repräsentiert, bei denen er existiert. Eine Bedingung bezüglich eines Systems wird durch die Menge der Zustände repräsentiert, bei denen sie realisiert ist.
2. Ein Ereignis eines Experiments wird durch die Menge der Resultate repräsentiert, bei denen es eintritt. Eine Bedingung bezüglich eines Experiments wird durch die Menge der Resultate repräsentiert, bei denen sie realisiert ist.
3. Eine Handlung eines Handlungsspielraums wird durch die Menge der Handlungszustände repräsentiert, bei denen sie ausgeführt wird. Ein Ziel bezüglich eines Handlungsspielraums wird durch die Menge der Handlungszustände repräsentiert, bei denen es erreicht wird.
4. Eine Aussage einer Sprache wird durch die Menge der Interpretationen repräsentiert, bei denen sie wahr ist. Ein Wissen bezüglich einer Sprache wird durch die Menge der Interpretationen repräsentiert, bei denen es wahr ist.

Da in jedem der 4 Fälle die in Betracht gezogenen Gegebenheiten durch Teilmengen des Möglichkeitsraums  $M$  repräsentiert werden und jede Teilmenge von  $M$  auch tatsächlich wenigstens eine der in Betracht gezogenen Gegebenheiten repräsentiert, kann bei den folgenden Betrachtungen die Potenzmenge  $P(M)$  (die Menge aller Teilmengen von  $M$ ) zugrunde gelegt werden. Unter Verwendung elementarer mengentheoretischer (klassenlogischer) Lehrsätze läßt sich zeigen, daß  $P(M)$  ein Mengenkörper über  $M$  ist.

Die Logik ist die Theorie der Folgebeziehung. Daher ist nach Vollzug der extensionalisierenden Abstraktion zunächst die Folgebeziehung als zweistellige Beziehung zwischen Mengen aus der Potenzmenge  $P(M)$  zu definieren. Als Mengenvariable werden die Buchstaben "X" und "Y" mit Indizes und ohne Indizes verwandt. Der Variabilitätsbereich dieser Mengenvariablen ist die Potenzmenge  $P(M)$ . Der Ausdruck " $X \text{ fl } Y$ " ist als Abkürzung für den Ausdruck " $Y$ " folgt aus " $X$ " anzusehen.



Definition:

$$\forall X \forall Y (X \text{ Fl } Y \leftrightarrow X \subseteq Y) \quad (1)$$

Unter Verwendung elementarer mengentheoretischer Lehrsätze läßt sich zeigen, daß die so definierte Folgebeziehung die aus der Aussagenlogik bekannten strukturellen Merkmale besitzt.

In den betrachteten 4 Fällen ergibt sich folgende Deutung der durch "X Fl Y" zum Ausdruck gebrachten Folgebeziehung:

1. Die Existenz eines durch Y repräsentierten Sachverhalts folgt aus der Realisierung einer durch X repräsentierten Bedingung.
2. Das Eintreten eines durch Y repräsentierten Ereignisses folgt aus der Realisierung einer durch X repräsentierten Bedingung.
3. Die Ausführung einer durch Y repräsentierten Handlung folgt aus der Erreichung eines durch X repräsentierten Ziels.
4. Die Wahrheit einer durch Y repräsentierten Aussage folgt aus der Wahrheit eines durch X repräsentierten Wissens.

Die deterministischen Zusammenhänge werden nach Vollzug der extensionalisierenden Abstraktion als extensionale Beziehungen (Mengenbeziehungen) in der Potenzmenge  $P(M)$  reproduziert. Zu diesem Zweck werden grundlegende Kategorien des Determinismus als zweistellige Beziehungsbegriffe definiert. Zunächst werden verschiedene Arten von Bedingungszusammenhängen in Betracht gezogen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit und der Allgemeingültigkeit der zu formulierenden Theoreme wird hierbei ausnahmsweise der Variabilitätsbereich der bereits eingeführten Mengenvariablen auf die Menge  $P(M) \setminus \{M, \emptyset\}$  eingeschränkt. Dabei ist zu beachten, daß das Zeichen " $\emptyset$ " die leere Menge bezeichnet. Die Ausdrücke "X Bh Y" und "X Bn Y" und "X Bk Y" stehen als Abkürzungen für "X ist eine hinreichende Bedingung für Y" bzw. "X ist eine notwendige Bedingung für Y" bzw. "X ist eine weder notwendige noch hinreichende Bedingung für Y". Die Bedeutung der anderen Abkürzungen ergibt sich aus dem Zusammenhang.

Definitionen:

$$\forall X \forall Y (X \text{ Bh } Y \leftrightarrow X \text{ Fl } Y) \quad (2)$$

$$\forall X \forall Y (X \text{ Bn } Y \leftrightarrow \bar{X} \text{ Bh } \bar{Y}) \quad (3)$$



$$\forall X \forall Y (X B_k Y \leftrightarrow \sim X B_h Y \wedge \sim X B_n Y) \quad (4)$$

$$\forall X \forall Y (X B_1 Y \leftrightarrow X B_h Y \wedge X B_n Y) \quad (5)$$

$$\forall X \forall Y (X B_2 Y \leftrightarrow X B_h Y \wedge \sim X B_n Y) \quad (6)$$

$$\forall X \forall Y (X B_3 Y \leftrightarrow \sim X B_h Y \wedge X B_n Y) \quad (7)$$

$$\forall X \forall Y (X B_4 Y \leftrightarrow X B_1 \bar{Y}) \quad (8)$$

$$\forall X \forall Y (X B_5 Y \leftrightarrow X B_2 \bar{Y}) \quad (9)$$

$$\forall X \forall Y (X B_6 Y \leftrightarrow X B_3 \bar{Y}) \quad (10)$$

$$\forall X \forall Y (X B_7 Y \leftrightarrow X B_k Y \wedge X B_k \bar{Y}) \quad (11)$$

Theoreme:

$$\forall X \forall Y (\bar{X} B_h \bar{Y} \leftrightarrow Y B_h X) \quad (12)$$

$$\forall X \forall Y (X B_7 Y \leftrightarrow X B_7 \bar{Y}) \quad (13)$$

$$\forall X \forall Y \left( \bigvee_{1 \leq i \leq 7} X B_i Y \wedge \bigwedge_{1 \leq i < j \leq 7} \sim (X B_i Y \wedge X B_j Y) \right) \quad (14)$$

$$\forall X_1 \forall X_2 \forall Y (X_1 B_h Y \wedge X_2 B_h Y \leftrightarrow X_1 \cup X_2 B_h Y) \quad (15)$$

$$\forall X_1 \forall X_2 \forall Y (X_1 B_n Y \wedge X_2 B_n Y \leftrightarrow X_1 \cap X_2 B_n Y) \quad (16)$$

$$\forall X_1 \forall X_2 \forall Y (X_1 \cap X_2 B_h Y \leftrightarrow X_1 B_h \bar{X}_2 \cup Y) \quad (17)$$

$$\forall X_1 \forall X_2 \forall Y (X_1 \cup X_2 B_n Y \leftrightarrow X_1 B_n \bar{X}_2 \cap Y) \quad (18)$$

$$\forall Y (\sim \exists m Y = \{m\} \rightarrow \bigcup \{X | X B_2 Y\} B_1 Y) \quad (19)$$

$$\forall Y (\sim \exists m \bar{Y} = \{m\} \rightarrow \bigcap \{X | X B_3 Y\} B_1 Y) \quad (20)$$

$$\forall Y (\sim \exists m (Y = \{m\} \vee \bar{Y} = \{m\}) \rightarrow \exists X_1 \exists X_2 (X_1 B_7 Y \wedge X_2 B_7 Y \wedge X_1 \cap X_2 B_2 Y)) \quad (21)$$

$$\forall Y (\sim \exists m (Y = \{m\} \vee \bar{Y} = \{m\}) \rightarrow \exists X_1 \exists X_2 (X_1 B_7 Y \wedge X_2 B_7 Y \wedge X_1 \cup X_2 B_3 Y)) \quad (22)$$

Bei den letzten Theoremen wird der Buchstabe "m" bereits als Individuenvariable mit der Menge M als Variabilitätsbereich verwandt. Mit den angegebenen Theoremen, die unter Verwendung der angegebenen Definitionen und elementarer mengentheoretischer Lehrsätze bewiesen werden können, sind die Bedingungsbeziehungen erfaßt.

Es geht nun um die Erfassung der Modalzusammenhänge. Als Variablenbereich der bereits eingeführten Mengenvariablen wird wieder die Potenzmenge  $P(M)$  gewählt. Die Ausdrücke " $X \text{ Nw } Y$ " und " $X \text{ Ml } Y$ " und " $X \text{ Um } Y$ " und " $X \text{ Zf } Y$ " und " $X \text{ De } Y$ " und " $X \text{ Dm } Y$ " und " $m \text{ Wl } Y$ " stehen als Abkürzungen für " $Y$  ist notwendig bezüglich  $X$ " bzw. " $Y$  ist möglich bezüglich  $X$ " bzw. " $Y$  ist unmöglich bezüglich  $X$ " bzw. " $Y$  ist zufällig bezüglich  $X$ " bzw. " $Y$  wird durch  $X$  eindeutig determiniert" bzw. " $Y$  wird durch  $X$  mehrdeutig determiniert" bzw. " $Y$  ist wirklich bei  $m$ ".

Definitionen:

$$\forall X \forall Y (\sim X = \emptyset \rightarrow (X \text{ Nw } Y \leftrightarrow X \text{ Fl } Y)) \quad (23)$$

$$\forall X \forall Y (\sim X = \emptyset \rightarrow (X \text{ Ml } Y \leftrightarrow \sim X \text{ Nw } \bar{Y})) \quad (24)$$

$$\forall X \forall Y (\sim X = \emptyset \rightarrow (X \text{ Um } Y \leftrightarrow \sim X \text{ Ml } Y)) \quad (25)$$

$$\forall X \forall Y (\sim X = \emptyset \rightarrow (X \text{ Zf } Y \leftrightarrow \sim X \text{ Nw } Y \wedge X \text{ Ml } Y)) \quad (26)$$

$$\forall X \forall Y (\sim X = \emptyset \rightarrow (X \text{ De } Y \leftrightarrow X \text{ Nw } Y \vee X \text{ Nw } \bar{Y})) \quad (27)$$

$$\forall X \forall Y (\sim X = \emptyset \rightarrow (X \text{ Dm } Y \leftrightarrow X \text{ Ml } Y \wedge X \text{ Ml } \bar{Y})) \quad (28)$$

$$\forall m \forall Y (m \text{ Wl } Y \leftrightarrow \{m\} \text{ Nw } Y) \quad (29)$$

Theoreme:

$$\forall X \forall Y (\sim X = \emptyset \wedge \sim X = M \wedge \sim Y = \emptyset \wedge \sim Y = M \rightarrow (X \text{ Nw } Y \leftrightarrow X \text{ Bh } Y)) \quad (30)$$

$$\forall m \forall X \forall Y (m \in X \rightarrow (X \text{ Nw } Y \rightarrow m \text{ Wl } Y)) \quad (31)$$

$$\forall m \forall X \forall Y (m \in X \rightarrow (m \text{ Wl } Y \rightarrow Y \text{ Ml } Y)) \quad (32)$$

$$\forall X \forall Y (\sim X = \emptyset \rightarrow (X \text{ Nw } Y \rightarrow X \text{ Ml } Y)) \quad (33)$$

$$\forall X \forall Y_1 \forall Y_2 (X = Y_1 \cup Y_2 \wedge Y_1 \cap Y_2 = \emptyset \wedge \sim Y_1 = \emptyset \wedge \sim Y_2 = \emptyset \rightarrow X \text{ Nw } Y_1 \cup Y_2 \wedge X \text{ Zf } Y_1 \wedge X \text{ Zf } Y_2) \quad (34)$$

$$\forall X \forall Y (\sim X = \emptyset \rightarrow (X \text{ Nw } Y \vee X \text{ Um } Y \vee X \text{ Zf } Y) \wedge \sim (X \text{ Nw } Y \wedge X \text{ Um } Y) \wedge \sim (X \text{ Nw } Y \wedge X \text{ Zf } Y) \wedge \sim (X \text{ Um } Y \wedge X \text{ Zf } Y)) \quad (35)$$

$$\forall X \forall Y (\sim X = \emptyset \rightarrow X \text{ De } Y \vee X \text{ Dm } Y) \quad (36)$$

$$\forall X_1 \forall X_2 \forall Y (X_2 \subseteq X_1 \wedge \sim X_2 = \emptyset \rightarrow (X_1 \text{ Nw } Y \rightarrow X_2 \text{ Nw } Y)) \quad (37)$$

$$\forall X \forall Y_1 \forall Y_2 (\sim X = \emptyset \rightarrow (X \text{ Nw } Y_1 \cap Y_2 \leftrightarrow X \text{ Nw } Y_1 \wedge X \text{ Nw } Y_2)) \quad (38)$$

$$\forall X \forall Y_1 \forall Y_2 (\sim X = \emptyset \rightarrow (X \text{ Nw } Y_1 \cup Y_2 \rightarrow (X \text{ Nw } \overline{Y_1} \rightarrow X \text{ Nw } Y_2))) \quad (39)$$

$$\forall X \forall Y_1 \forall Y_2 (\sim X = \emptyset \rightarrow (X \text{ Nw } Y_1 \vee X \text{ Nw } Y_2 \rightarrow X \text{ Nw } Y_1 \cup Y_2)) \quad (40)$$

Die angegebenen Theoreme können wieder unter Verwendung der angegebenen Definitionen und elementarer mengentheoretischer Lehrsätze bewiesen werden. Unter den auf diese Weise beweisbaren Theoremen befinden sich auch Theoreme, die grundlegenden modallogischen Lehrsätzen entsprechen. Unter Bezugnahme auf die eingangs betrachteten 4 Fälle verdeutlichen diese Theoreme, daß für die bedingungsbezogenen Naturnotwendigkeiten, unabhängig davon, ob die Bedingungen sich in einem System selbst realisieren oder bei einem Experiment realisiert werden, die zielbezogenen Handlungsnotwendigkeiten und die wissensbezogenen Denknotwendigkeiten gleiche strukturelle Zusammenhänge bestehen. Da dies auch für die entsprechenden Möglichkeiten behauptet werden kann und die Wahrscheinlichkeit als Grad der Möglichkeit erscheint, ist anzunehmen, daß auch die verschiedenen Arten der Wahrscheinlichkeit gleiche strukturelle Zusammenhänge aufzuweisen haben.

Diese Annahme wird auch durch die Auffassung gestützt, daß für eine beliebige Menge Y und eine beliebige nichtleere Menge X die Wahrscheinlichkeit von Y bezüglich X der Grad ist, in dem Y aus X partiell folgt.

Es wird nun der Zusammenhang der Wahrscheinlichkeit mit dem rationalen Wettverhalten untersucht. Zu diesem Zweck werden zunächst weitere Variable eingeführt. Der Buchstabe "c" ist eine Variable, die die Menge der reellen Funktionen auf  $P(M) \times (P(M) \setminus \{\emptyset\})$  als Variabilitätsbereich hat. Die Buchstaben "r" und "s" sind Variable mit der Menge der reellen Zahlen als Variabilitätsbereich. Schließlich dienen die Buchstaben "d" und "D" als Mengenvariable mit nicht näher bestimmtem Variabilitätsbereich. Die Ausdrücke "Wt(d,Y,X,r,s)" und "Ws(D,c)" und "Vm(D)" und "Gu(D)" stehen als Abkürzungen für "d ist eine Wette auf Y bezüglich X

mit dem Wettquotienten  $r$  und dem Gesamteinsatz  $s$  bzw. "D ist ein mit  $c$  übereinstimmendes endliches Wettssystem" bzw. "D ermöglicht einen Verlust" bzw. "D ermöglicht keinen positiven Gewinn". Die charakteristische Funktion einer Menge wird mit "F" und die Gewinnfunktion (Auszahlungsfunktion) mit "A" bezeichnet.

Definitionen:

$$\forall m \forall X (m \in X \rightarrow F(X, m) = 1) \wedge (\sim m \in X \rightarrow F(X, m) = 0)) \quad (41)$$

$$\forall X \forall Y \forall r \forall s \forall d (\sim X = \emptyset \rightarrow (Wt(d, Y, X, r, s) \leftrightarrow d = [Y, X, r, s])) \quad (42)$$

$$\forall D \forall c (Ws(D, c) \leftrightarrow (D \text{ ist endlich} \wedge \sim D = \emptyset \wedge \forall d (d \in D \rightarrow \exists X \exists Y \exists r \exists s (\sim X = \emptyset \wedge Wt(d, Y, X, r, s) \wedge c(Y, X) = r)))) \quad (43)$$

$$\forall X \forall Y \forall r \forall s \forall d (\sim X = \emptyset \wedge Wt(d, Y, X, r, s) \rightarrow \forall m A(D, m) = -r \cdot s \cdot F(X, m) + s \cdot F(X \cap Y, m)) \quad (44)$$

$$\forall D \forall c (Ws(D, c) \rightarrow \forall m A(D, m) = \sum_{d \in D} A(d, m)) \quad (45)$$

$$\forall D \forall c (Ws(D, c) \rightarrow (\forall m (D) \leftrightarrow \exists m A(D, m) < 0)) \quad (46)$$

$$\forall D \forall c (Ws(D, c) \rightarrow (Gu(D) \leftrightarrow \forall m A(D, m) \leq 0)) \quad (47)$$

$$\forall c (c \text{ ist eine streng kohärente Wettfunktion} \leftrightarrow \sim \exists D (Ws(D, c) \wedge \forall m (D) \wedge Gu(D))) \quad (48)$$

$$\forall c (c \text{ ist eine reguläre Wahrscheinlichkeitsfunktion} \leftrightarrow$$

$$\forall X \forall Y_1 \forall Y_2 (\sim X = \emptyset \rightarrow c(Y_1, X) \geq 0 \wedge c(X, X) = 1 \wedge (X \cap Y_1 \cap Y_2 = \emptyset \rightarrow c(Y_1 \cup Y_2, X) = c(Y_1, X) + c(Y_2, X)) \wedge (\sim X \cap Y_1 = \emptyset \rightarrow c(Y_1 \cap Y_2, X) = c(Y_1, X) \cdot c(Y_2, X \cap Y_1)) \wedge (\sim X \cap \overline{Y_1} = \emptyset \rightarrow \sim c(Y_1, X) = 1))) \quad (49)$$

Theoreme:

$$\forall c (c \text{ ist eine reguläre Wahrscheinlichkeitsfunktion} \rightarrow \forall X \forall Y (\sim X = \emptyset \rightarrow (X \text{ Nw } Y \leftrightarrow c(Y, X) = 1) \wedge (X \text{ Um } Y \leftrightarrow c(Y, X) = 0) \wedge (X \text{ Zf } Y \leftrightarrow 0 < c(Y, X) < 1))) \quad (50)$$

$$\forall c (c \text{ ist eine streng kohärente Wettfunktion} \leftrightarrow c \text{ ist eine reguläre Wahrscheinlichkeitsfunktion}) \quad (51)$$

Das letzte Theorem ist das einzige Theorem, dessen Beweis etwas Aufwand erfordert. Nicht so schwierig ist dabei der Beweis dafür, daß jede streng kohärente Wettfunktion eine reguläre Wahrscheinlichkeitsfunktion ist. Da jede streng kohärente Wettfunktion eine reguläre Wahrscheinlichkeitsfunktion ist, ist eine notwendige Bedingung für ein rationales Wettverhalten, daß die Wettquotienten der abgeschlossenen Wetten durch eine reguläre Wahrscheinlichkeitsfunktion geliefert werden. Durch die Angabe weiterer Rationalitätskriterien für das Wettverhalten kann die Menge der streng kohärenten Wettfunktionen weiter eingeschränkt werden. Auf diese Weise wird schließlich die Aussonderung einer fairen Wettfunktion angestrebt, die der Explikation des Begriffes der logischen Wahrscheinlichkeit dienen soll.

Den Unterschied zwischen der logischen Wahrscheinlichkeit, die mit rationalem Wettverhalten im Zusammenhang steht, und der statistischen Wahrscheinlichkeit, die mit relativen Häufigkeiten auf lange Sicht zusammenhängt, mögen folgende Thesen verdeutlichen:

1. Die logische Wahrscheinlichkeit soll den Grad der Denkmöglichkeit eines durch eine Aussage beschriebenen Sachverhalts (den Grad rationalen Glaubens an die Wahrheit einer Aussage), bezogen auf ein vorhandenes Wissen, zum Ausdruck bringen. Daher bezieht sich die logische Wahrscheinlichkeit auf einen objektiv-ideellen Zusammenhang zwischen einer Aussage und einem vorhandenen Wissen. Die logische Wahrscheinlichkeit einer Aussage kann sich nur dann ändern, wenn sich das vorhandene Wissen verändert. Sie hängt von dem verfügbaren Wissen des erkennenden Subjekts, nicht jedoch von seinen Wunschvorstellungen ab.
2. Die statistische Wahrscheinlichkeit soll den Grad der realen Möglichkeit des Eintretens eines Ereignisses, bezogen auf einen reproduzierbaren Komplex von Bedingungen, zum Ausdruck bringen. Daher bezieht sich die statistische Wahrscheinlichkeit auf einen objektiven, ja sogar materiellen, vom beobachteten Subjekt vollkommen unabhängigen Zusammenhang zwischen einem Ereignis und einem Komplex von Bedingungen. Die statistische Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses kann sich nur



dann ändern, wenn sich der Komplex von Bedingungen verändert.

#### Literatur:

- /1/ Cendov, B.: Bestimmtheit, Unbestimmtheit, Modalitäten, Wahrscheinlichkeit - Kategorien der modernen wissenschaftlichen Erkenntnis, (Russ.), Sofia 1974
- /2/ Essler, W.K.: Induktive Logik, Freiburg/München 1970
- /3/ Heitsch, W.: Induktive Methoden der Hypothesenbestätigung, in: Problem und Methode in der Forschung, hrsg. v. H. Parthey, Berlin 1978
- /4/ Hughes, G.E., Cresswell, M.J.: Eine Einführung in die Modallogik, (Engl.), London 1968
- /5/ Richter, H.: Eine einfache Axiomatik der subjektiven Wahrscheinlichkeit, in: Istituto Nazionale di Alta Matematica, Symposia Mathematica, Volume IX, Bologna 1972

#### Verfasser:

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



Erwin Rosenthal / Gerd Ludwig

Bemerkungen zur Produktivkraftfunktion der Physik

Bei der Beschäftigung mit philosophischen Problemen der Physik - zumal unter dem Gesichtspunkt des Verhältnisses von Physik und Gesellschaft - ist es unerlässlich, in den Zirkel der Betrachtung auch die Beziehung zwischen Physik und materieller Produktion einzubeziehen. Eine Analyse dieser Beziehung zeigt deutlich, daß wir es hier mit einem dialektischen Wechselverhältnis zu tun haben, in welchem die materielle Produktion stärker auf die Physik wirkt als diese ihrerseits auf die Produktion. Der historische Materialismus hat nachgewiesen, daß die Wissenschaft in letzter Konsequenz durch die Bedürfnisse der materiellen Produktion vorangetrieben wird. Mit dieser Feststellung soll aber keineswegs die Tatsache negiert werden, daß eine große Anzahl physikalischer Entdeckungen nicht unmittelbar durch die Anforderungen der Produktion hervorgerufen wurde, sondern das Ergebnis des Überdenkens oder Weiterentwickelns bereits früher gewonnener Erkenntnisse sind. In letzter Instanz freilich bildet die materielle Produktion doch den bestimmenden Faktor für die Entwicklung der Physik. Sie stellt der Physik Aufgaben und fordert deren Lösung, schafft die materiell-technische Basis für die physikalische Forschung, stellt die notwendigen Mittel für die Lösung der vor der Physik stehenden Aufgaben bereit und dient als objektives Kriterium der Wahrheit der gewonnenen Erkenntnisse.

Die Rückwirkung der Physik auf die materielle Produktion, die hier vor allem betrachtet werden soll, besteht darin, daß die von ihr gewonnenen Erkenntnisse seit der Herausbildung der kapitalistischen Produktionsweise einen unerlässlichen Faktor für die Entwicklung der Produktivkräfte bilden.

Marx schreibt im Heft XX seiner "Kritik der Politischen Ökonomie": "Erst die kapitalistische Produktion macht die Naturwissenschaften dem unmittelbaren Produktionsprozeß dienstbar, während umgekehrt die Entwicklung der Produktion das Mittel zur

theoretischen Unterwerfung der Natur liefert. Die Wissenschaft erhält den Beruf Produktionsmittel des Reichtums zu sein, Mittel zur Bereicherung." /1/

Auf der Grundlage dieser, aber auch anderer Marxscher Überlegungen zur Produktivkraftfunktion der Naturwissenschaften, wird unter marxistischen Gesellschaftswissenschaftlern seit längerer Zeit das Problem Produktivkraft Wissenschaft intensiv erörtert. Die Diskussion ist auch heute keineswegs abgeschlossen. Die weitere Untersuchung des Zusammenhangs von naturwissenschaftlicher und technischer Entwicklung untereinander sowie mit der materiellen Produktion in der entwickelten sozialistischen Gesellschaft stellt nach wie vor ein zentrales Thema für die marxistisch-leninistischen Philosophen und Gesellschaftswissenschaftler überhaupt, aber auch für die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Naturwissenschaftlern dar. Zur Klärung der in diesem Zusammenhang umstrittenen Fragen, beispielsweise der Frage nach der Art und Weise der Umwandlung der Wissenschaft in eine unmittelbare Produktivkraft, kann u. E. auch die Untersuchung der Produktivkraftfunktion einer einzelnen Naturwissenschaft - hier also der Physik - beitragen.

Wenn wir ganz allgemein von der Wissenschaft als Produktivkraft sprechen, so hat das seine Gründe, die vor allem in Entwicklungsgang der marxistisch-leninistischen Theorie selbst, aber auch im Entwicklungsprozeß der Beziehungen zwischen Wissenschaft und Produktion liegen. Gegenwärtig haben wir nun einen Punkt erreicht, wo es nicht nur möglich, sondern geradezu notwendig erscheint, die Produktivkraftfunktion der Wissenschaft differenzierter auch im Hinblick auf die einzelnen Disziplinen der Naturwissenschaften zu untersuchen. Da eine solche Untersuchung notwendig den Zusammenhang einzelner Disziplinen untereinander und ihre gegenseitige Beeinflussung, insbesondere aber ihr Zusammenwirken in der Produktion berücksichtigen muß, scheinen uns Bedenken, daß durch eine solche Betrachtungsweise der Gesichtspunkt der Einheit der Wissenschaft gefährdet sei, nicht stichhaltig. Marx selbst bleibt in der Erörterung der Rolle, die die moderne Wissenschaft als Produktivkraft spielt, keines-

wegs bei einer allgemeinen und undifferenzierten Einschätzung stehen. In seiner Untersuchung der Ausnutzung der Naturgesetze in der kapitalistischen Produktion vermittelt der Naturwissenschaft hebt er z. B. ausdrücklich mechanische und chemische Gesetze /2/ hervor, also Gesetze zweier Disziplinen, die in der Industrie der Mitte des 19. Jahrhunderts bereits eine große Rolle spielten.

Bei einer historischen Betrachtung wird deutlich, daß nicht nur einzelne Disziplinen, sondern auch ihre Teilgebiete - hier interessieren die der Physik - zu unterschiedlichen Zeiten und auf unterschiedliche Art produktionswirksam wurden. In der Entwicklung dieses Verhältnisses lassen sich deutlich zwei Stufen herausheben. Wenn wir davon absehen, daß die unbewußte, erfahrungsmäßige Ausnutzung von Naturgesetzen in der Produktion quasi als ein Vorfeld der Nutzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse angesehen werden kann, so könnten wir eine erste Stufe in der nachträglichen wissenschaftlichen Erklärung der in der Produktion ablaufenden bzw. genutzten Naturprozesse sehen. Ein solches wissenschaftliches Erkennen und Erklären war in zunehmendem Maße mit einer weiteren und oft tiefgehenden Entwicklung der bestehenden Produktionszweige verbunden.

Sicher gehörten die Gesetze der klassischen Mechanik zu den ersten Naturgesetzen, die von den Menschen in der materiellen Produktion angewendet werden konnten. Sie wurden sogar schon lange vor ihrer theoretischen Formulierung in einfachen Werkzeugen und Maschinen genutzt. Auch für die klassische Thermodynamik kann zunächst Ähnliches festgestellt werden. Lassen Sie uns daher an diesem Beispiel einige dem Physiker wohlbekannte Dinge ins Gedächtnis rufen, die ein Licht auf die hier skizzierte Beziehung zwischen Physik und Technik werfen, denn die Physik realisiert ihre Funktion als Produktivkraft in erheblichem Maße über die Technik.

Die Erfindung und Vervollkommnung der Dampfmaschine veranschaulicht uns eine Zeit, in der die Physik im großen und ganzen noch hinter der Technik zurückbleibt und vor allem solche Aufgaben löst, die die Technik sehr oft bereits für ihren Bereich prak-



tisch bewältigt hat. Zur Entwicklung der Dampfmaschine führten bekanntlich die Bedürfnisse der materiellen Produktion nach einem Antrieb für Bergwerkspumpen sowie nach einem zuverlässigen und massenhaft anwendbaren Antrieb für die Arbeitsmaschinen in der englischen Textilindustrie. Über die Rolle der Physik bei der Entwicklung der Dampfmaschine gibt es unterschiedliche Auffassungen. Ohne Zweifel konnten bei der Konstruktion der ersten verwendbaren Dampfmaschinen bereits die physikalischen Erkenntnisse von Torricelli, Blaise Pascal, Otto von Guericke, Denise Papin und anderen Physikern verwendet werden, im Prinzip aber wurde die Dampfmaschine wie die Mehrzahl der die industrielle Revolution einleitenden Erfindungen vor allem aus Handwerkergeist und Handwerkergeschick geboren. Auf der Grundlage von Erfahrungen wurde hier ein relativ kompliziertes technisches Mittel geschaffen, zu dessen theoretischem Verständnis man erst kommen konnte, als das erklärende Prinzip, die Thermodynamik, entstanden war.

Die vor allem durch handwerkliches Geschick geborene Dampfmaschine hatte, wie wir wissen, einen großen Nachteil: Ihr Wirkungsgrad war zu gering. Scherzhaft sagte man von ihr, daß zu ihrer Herstellung eine Eisenerzgrube und zu ihrem Betrieb eine Kohlengrube notwendig sei.

Die empirische, technische Entwicklung der Dampfmaschine forderte nun die Wissenschaft heraus. Die Frage, was aus einer Dampfmaschine herausgeholt werden kann, ob die hereingesteckte Energie nicht besser genutzt werden kann, d. h. der Anteil der erzeugten mechanischen Energie nicht erhöht werden kann, war eine Frage, die nicht mehr die Technik, sondern nur die Wissenschaft beantworten konnte. Folgerichtig entwickelte sich die klassische Thermodynamik. Die von dem französischen Ingenieur und Physiker Carnot im Jahre 1824 veröffentlichte grundlegende Arbeit über den theoretisch erreichbaren optimalen Wirkungsgrad der Dampfmaschine schuf die theoretische Grundlage aller periodisch laufenden Wärmekraftmaschinen. In der Folgezeit erlangten auch die 1824 bzw. 1850 aufgestellten Hauptsätze der Thermodynamik für die Weiterentwicklung der Wärmekraftmaschinen eine

elementare Bedeutung. Mit voller Berechtigung kann gesagt werden, daß die Geschichte der klassischen Wärmetechnik die Geschichte der folgerichtigen Annäherung der Wärmekraftmaschinen an den idealen Wirkungsgrad des Carnotschen Kreisprozesses, an das ideale Schema des Wärmeüberganges von einem wärmeren zu einem kälteren darstellt. Der Erfolg dieser Arbeit wurde letzten Endes in der Erhöhung des Wirkungsgrades der Wärmekraftmaschinen sichtbar.

Erwähnt werden muß in diesem Zusammenhang auch die Tatsache, daß die Arbeit von Carnot zunächst weitgehend unbekannt gewesen war und u. a. durch Gustav Anton Zeuner, den Schöpfer der technischen Thermodynamik, ausgewertet wurde, wodurch das Interesse der Fachwelt auf diese Arbeit gerichtet wurde. Zeuner war der Lehrer von Linde und Linde wiederum der Lehrer von Rudolf Diesel. Auf diese Weise schließt sich der Kreis von der vor allem auf empirischer Grundlage entwickelten Dampfmaschine bis zum Dieselmotor, der bereits eine bewußte Verwirklichung des Carnotschen Kreisprozesses darstellte, also letztlich als Resultat der Thermodynamik anzusehen ist. Die Physik war hier zur Produktivkraft geworden, wobei sie auch als solche eine Entwicklung durchgemacht hat. Während sie zunächst darauf orientiert war, die Theorie bereits existierender technischer Mittel zu erarbeiten, stieß sie, indem sie eine solche Theorie aufstellte, über das ursprüngliche Anliegen der Erkenntnis des schon Vorhandenen hinaus und lieferte die theoretische Grundlage nicht nur für eine weitere Vervollkommnung der bestehenden, sondern auch zur Schaffung einer neuen Technik.

Eine weitere Etappe in der Entwicklung der Physik als Produktivkraft läßt sich beispielhaft an der Beziehung zwischen Elektrodynamik und Produktion demonstrieren. Die Elektrodynamik begann bekanntlich in den dreißiger Jahren des 19. Jahrhunderts praxiswirksam zu werden, als es Weber und Gauß gelang, den elektrischen Telegraphen zu konstruieren. Produktionswirksam im größeren Umfang begann die Elektrodynamik allerdings erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts zu werden, nachdem Siemens das elektrodynamische Prinzip gefunden hatte. Das Verhältnis von

Physik und Technik hatte sich in dieser Zeit endgültig umgekehrt. Die Physik gab nun der Technik mehr, als sie von dieser lernen konnte. Die Wissenschaft hatte in diesem Bereich die Leaderrolle vor der Technik übernommen. Wenngleich zunächst auch noch nicht sämtliche technischen Möglichkeiten zur Verfügung standen, um alle Errungenschaften der Elektrizitätslehre in die Praxis umzusetzen, so war nach wenigen Jahren dieses Problem jedoch gelöst. Nach der Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips begann ein neuer Industriezweig zu entstehen. Auf diese Weise war die Elektrizitätslehre der erste Zweig der Physik und u. E. der Naturwissenschaften überhaupt, der eine eigene Industrie hervorgebracht hatte. Die Elektrodynamik beeinflusste in der Folgezeit jeden Bereich der materiellen Produktion entscheidend. Sie lieferte die wesentlichen theoretischen Grundlagen für die "Erzeugung", Übertragung und Umwandlung der in der materiellen Produktion benötigten Energie, ebenso wie für die zur Steuerung und Regelung der Maschinen benötigten elektrischen Anlagen und die optischen Geräte, welche ja auch wichtige Funktionen des produktiv tätigen Menschen übernehmen.

Die hier kurz umrissene zweite Etappe im Verhältnis von Physik und materieller Produktion stellt den Rahmen dar, in welchem sich die Beziehungen der modernen Physik zur Produktion entwickeln. Die moderne Physik, die auf den ersten Blick unabhängig vor der materiellen Produktion entstand, dringt etwa seit Mitte des 20. Jahrhunderts zunehmend in diese Sphäre der menschlichen Tätigkeit ein.

Die Resultate der Kernphysik gehören zweifellos zu jenen Entdeckungen, die in diesem Zusammenhang zuerst genannt werden müssen, haben sie doch dazu beigetragen, die Naturwissenschaften zu revolutionieren und der Technik bedeutende Impulse zu geben. Weiterhin seien die Festkörperphysik, die einen Beitrag zur Schaffung von Werkstoffen mit vorgegebenen Eigenschaften leistet, die Nutzung der Kernenergie, die Verbesserung der Generatoren und der Systeme zur Energieübertragung, die Beiträge der Physik zur Erforschung des Kosmos, die Verbesserung der Elektronik, die Schaffung moderner Rechner, die Anwendung der Laser-

strahlen und die Verbesserung der Halbleitertechnik genannt.

Mit dem hier erwähnten Eindringen der modernen Physik in die materielle Produktion hängt eine weitere Besonderheit des Wirk-samwerdens der Wissenschaft in der Produktion zusammen: die Wissenschaft verwandelt sich in eine u n m i t t e l b a r e Produktivkraft.

Wir unterscheiden die Umwandlung der Wissenschaft in eine Pro-duktivkraft von ihrer Verwandlung in eine u n m i t t e l - b a r e Produktivkraft. Im folgenden sollen in der hier ge-botenen Kürze die u. E. wesentlichen Merkmale dieser Prozesse angedeutet werden. Zur Produktivkraft wurde die Wissenschaft be-reits in der industriellen Revolution. In dieser Zeit wurde das dreigliedrige Maschinensystem geschaffen, welches den ausführen-den Mechanismus, den Übertragungsmechanismus und den Motor um-faßte. Beginnend mit der industriellen Revolution durchdrang die Wissenschaft die drei Elemente des Maschinensystems in wachsendem Maße. Die Wissenschaft schuf entscheidende theoretische Voraussetzungen für die Vervollkommnung bzw. Neuentwick-lung sowohl für den ausführenden Mechanismus als auch für den Motor und den Übertragungsmechanismus. Die Steuerung der Maschi-ne mußte aber noch von dem in der Produktion tätigen Menschen vorgenommen werden, die Wissenschaft hatte sich noch nicht von der unmittelbaren Arbeit des Produzenten getrennt, weshalb sie noch keine unmittelbare Produktivkraft war.

In der gegenwärtigen wissenschaftlich-technischen Revolution, die im Kommunismus ihren Abschluß finden wird, wird dem Maschi-nensystem ein viertes Glied, die Steuerungsanlagen, hinzuge-fügt. Diese Steuerungsanlagen sind ein Resultat der modernen Wissenschaft, insbesondere der Elektronik und der Kybernetik. Über die technische Kybernetik, die sich mit der Theorie der Regelung technischer Systeme befaßt, werden die Kybernetik und die Elektronik produktionswirksam.

Schließlich wird auf diese Weise die komplexautomatisierte Pro-duktion verwirklicht. Der Mensch tritt neben den unmittelbaren Fertigungsprozeß. Er hat keinen unmittelbaren Kontakt mehr mit dem Arbeitsgegenstand, sondern nur noch Kontroll- und Überwa-



chungsfunktionen. Und eben das verstehen wir unter der Umwandlung der Wissenschaft in eine unmittelbare Produktivkraft.

Abschließend sei hervorgehoben, daß die Physik keineswegs autonom zu einer unmittelbaren Produktivkraft werden kann. In der modernen Produktion werden die Resultate der Physik im Komplex mit den Resultaten der anderen Naturwissenschaften, der Mathematik, der Kybernetik und sogar einzelner Gesellschaftswissenschaften zur unmittelbaren Produktivkraft.

#### Literatur:

- /1/ Karl Marx: Zur Kritik der Politischen Ökonomie, Heft XX  
Materialy instituta marksizma-leninizma pri ZK KPSS. Is  
rukopisnowo nasledstwa K. Marksa. In: Kommunist 7/1958
- /2/ Karl Marx: Grundrisse der Kritik der Politischen Ökonomie,  
Berlin 1974, S. 591
- /3/ J.D. Bernal: Die Wissenschaft in der Geschichte, Berlin  
1967

#### Verfasser:

Dr. phil. Erwin Rosenthal  
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald  
Sektion Marxismus-Leninismus  
DDR - 22 Greifswald  
Domstraße 11

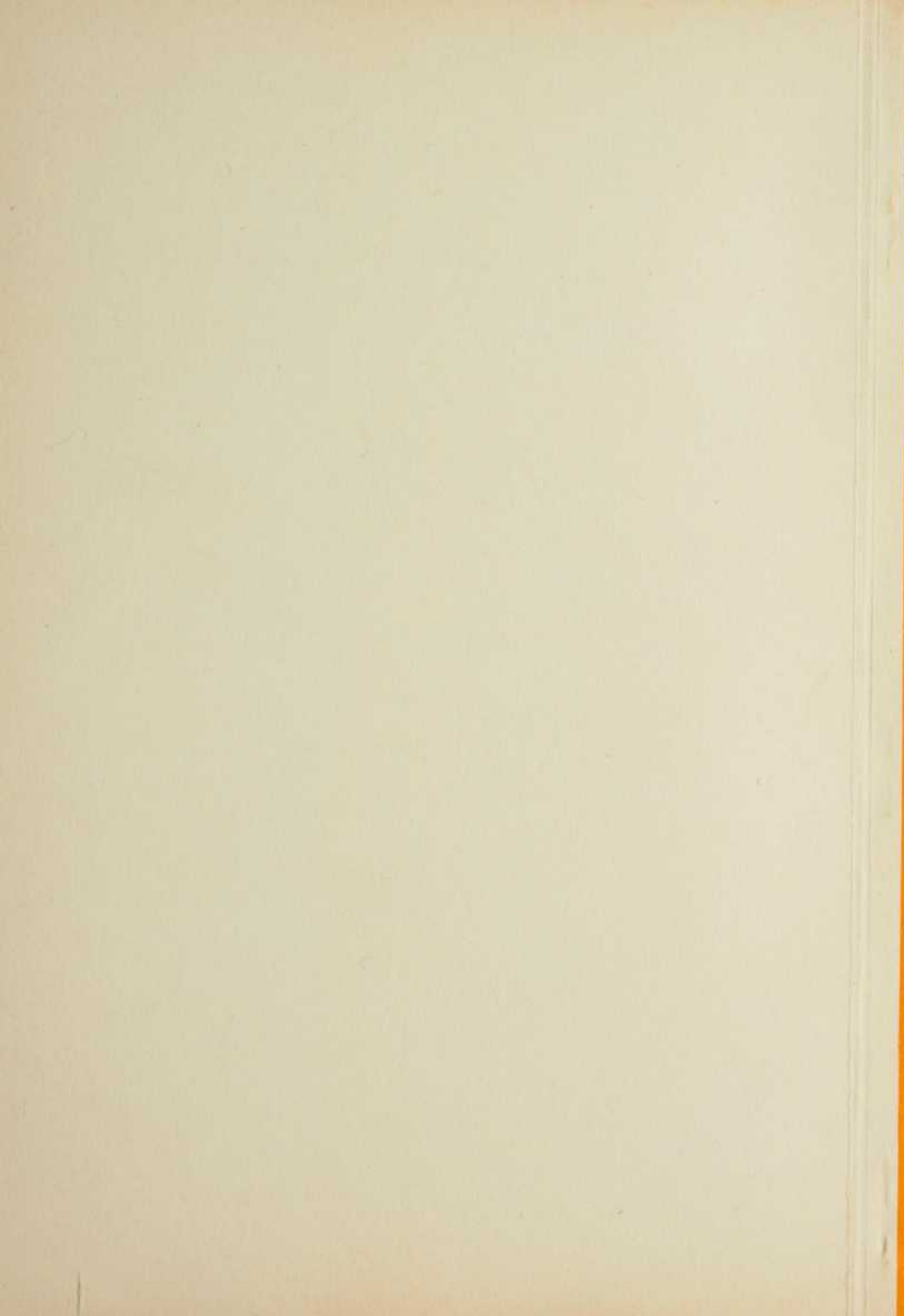
Doz. Dr. Gerd Ludwig  
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald  
Institut für marxistisch-leninistische Philosophie  
DDR - 22 Greifswald  
Domstraße 11



# Anmerkungen

## Anmerkungen







## Zeit in der Geschichte der Quantenmechanik

ren ist in der philosophischen Literatur  
Verlagerung des Schwerpunktes der Diskus-  
sion Problemen der Wissenschaften unbestrit-  
a 1968 vorwiegend Probleme des Determinis-  
mus des schöpferischen Meinungsstreites stan-  
die Zeit danach mit der Auseinandersetzung  
isch-materialistischen Entwicklungstheorie  
te noch intensiv geführten Diskussion rich-  
12/3, S. 325 ff/. Dabei dürfte klar sein,  
kommt, innerhalb der materialistischen  
"Entwicklungstheorie" zu statuieren, son-  
Verständnis des Zusammenhangs zwei Momente  
enzen der von Engels als Gesamtzusammen-  
ren Realität abbilden. Man muß allerdings  
auf in dieser Beziehung A. Ley zitieren,  
von Natur, Gesellschaft und Denken rela-  
tivismusmuster" oder Kategorien existieren.  
tiv in der Entwicklung ausgebildet und ent-  
stehendlich weiter, dann gilt das gleiche  
befassende philosophische Tätigkeit.  
wie etwa auch das Verhältnis von Gesetz  
ich nicht in jedem Fall gleichzeitig die  
Begriffs und sämtliche Möglichkeiten ih-  
nung aufzeichnen." /10, S. 1373/ Diese Si-  
rühnte Diskussion zu philosophischen  
haften bezogen, provoziert die Frage, wie  
chen Diskussion der Determinismusproble-  
wonnenen Ergebnisse für die Ausarbeitung  
rialistischen Entwicklungskonzeption  
örterung dieser Frage halte ich es für  
e Lenins die Dialektik "Pazit, Summe,  
r Geschichte der Erkenntnis der Welt" ist  
halt an der Entwicklung einzelwissen-