

# EINIGE WELTANSCHAULICHE PROBLEME DES HOCHSCHULUNTERRICHTS IN PHYSIK

Von

T. ELEK

Lehrstuhl für Marxismus-Leninismus, Technische Universität, Budapest

(Eingegangen am 7. Dezember, 1962)

## I.

Seitdem sich in der Physik zu Ende des vorigen Jahrhunderts die bekannten revolutionären Umwälzungen abzuzeichnen begannen, sind die Beziehungen zwischen ihr und der Philosophie weit enger geworden als je zuvor, ein Vorgang, der um so verständlicher ist, als die eindrucksvollen Ergebnisse, die diese Wissenschaft zu erzielen vermochte, das frühere mechanische, metaphysisch-materialistische Weltbild von Grund auf verändert hat, und Physiker wie Philosophen aus den neuen Erkenntnissen nolens volens auch weltanschauliche Folgerungen ziehen mußten.

Diese Schlußfolgerungen aber waren und sind auch heute keineswegs eindeutig. Jener Prozeß, den Lenin vor einem halben Jahrhundert erkannte, daß nämlich die Entwicklung der Physik auf dem Gebiet der Philosophie den dialektischen Materialismus gebirt, die als Nebenprodukte des Kreißens auftauchenden idealistischen Ansichten hingegen ausstoßen wird, ist auch heute in vollem Gang. Die Physik hat dermaßen verwickelte Erscheinungen und Zusammenhänge aufgedeckt, daß ihre materialistisch philosophische Interpretation auf dem Boden der früheren mechanischen Betrachtungsweise nicht mehr möglich ist. Ihre Entwicklung mußte also mit objektiver Notwendigkeit zur Verbreitung und Weiterentwicklung der dialektischen Betrachtungsweise führen.

Auf der anderen Seite aber bietet die moderne Physik — eben wegen der Kompliziertheit der neu aufgedeckten Erscheinungen und wegen ihres völligen Mangels an Anschaulichkeit — auch reiche Möglichkeiten für die Entfaltung idealistischer Anschauungen, und die Ideologen der Bourgeoisie zögerten denn auch nicht, sich diese Möglichkeit zunutze zu machen. Lenin hat der Niederkämpfung des »physikalischen« Idealismus große Bedeutung beigemessen, da diese Tendenz auch unter die der Arbeiterbewegung angeschlossene Intelligenz eingedrungen war und die ideologischen Grundlagen der Partei zu gefährden drohte. In seinem Werk »*Materialismus und Empirio-kritizismus*« entledigte er sich dann auch eines großen Teiles dieser Aufgabe und legte für die marxistischen Philosophen die Richtlinien für die Fortsetzung des Kampfes fest. In seinem Artikel »*Die Bedeutung des kämpferischen Materia-*

lismus« kehrte Lenin 1922 auf die Frage mit dem Hinweis zurück, es handle sich nicht nur um die Wahrung der theoretischen Grundlagen der Partei, sondern auch um die elementarsten Interessen der Naturwissenschaft, wenn man die auf ihrem Gebiet auftauchenden idealistischen Anschauungen bekämpft. Seine Ausführungen gipfeln in der Aufforderung, das kämpferische Bündnis zwischen den Vertretern der Naturwissenschaft und der dialektisch-materialistischen Philosophie herzustellen und zu festigen. Ohne feste Untermauerung durch die dialektisch materialistische Philosophie, so betont Lenin, vermag die Naturwissenschaft ihre Position im Kampf gegen die Angriffe der bürgerlichen Ideen keineswegs zu behaupten (LENIN: Marx, Engels, Marxismus, Verlag Szikra, Budapest, 1949 — ungarisch — p. 457). Jene gewaltigen Erfolge, die die Naturwissenschaft und die Philosophie in der Sowjetunion erzielten, sind zweifellos mit dem unzertrennlichen und zunehmend schlagkräftigen Bündnis zwischen den Gelehrten der beiden Gebiete verknüpft.

In Ungarn vermochte sich dieser Vorgang erst nach der Befreiung zu entfalten, und erst in den letzten Jahren konnte er mit größerem Elan gefördert werden. Vor der Befreiung versuchten die Ideologen der herrschenden Klasse, zwischen Naturwissenschaft, idealistischer Philosophie und Religion eine Art »Bündnis« zusammenzuschweißen. Zur Zeit des Horthy-Faschismus war es die offen verkündete Forderung der amtlichen Kulturpolitik, auch den Physikunterricht in den Dienst der Erziehung zur religiösen Weltanschauung zu stellen. Die 1941 vom Ministerium für Kultus und Unterricht herausgegebenen »Allgemeinen und detaillierten Anweisungen« zum Unterrichtsplan für Gymnasien enthielten folgende Bestimmungen:

»Auch in die Erläuterung der physikalischen Erscheinungen ist der Begriff Gottes und der Beweis seiner Existenz hineinzutragen . . . Die Naturwissenschaftslehre mit ihrer strengen Gesetzmäßigkeit und mit der erhebenden Folgerichtigkeit ihrer Objekte stellt einen mächtigen Vermittler zur religiösen Erziehung dar.« (p. 104.)

Diese Betrachtungsweise bemühte man sich auch im Physikunterricht auf den Universitäten und Hochschulen zur Geltung zu bringen. Als einen der extremen Vertreter dieser Auffassung erwähne ich G. BOLEMAN, den Autor des Lehrbuches »Elektrotechnik« für die Hörer der Montanistischen und Forstwirtschaftlichen Hochschule, der der 1. und 2. Auflage seines Buches die Mottos: »Meine Hilfe kommt von dem Herrn, der da geschaffen hat Himmel und Erde« (Psalm 121, 2) und »Der Weisheit Anfang ist des Herrn Furcht« (Psalm 111.10) voransetzte.

Ähnlich zielte auch die Verlagspolitik des Horthy-Faschismus auf die Stützung und Kräftigung der religiösen und idealistischen naturphilosophischen Anschauungen ab. Die Herausgabe etwa von BERGSONS »Dauer und Gleichzeitigkeit« (1923), EDDINGTONS »Neue Wege der Naturwissenschaften«

(1934) oder JEANS' »Das neue Weltbild« (1942) bilden je einen entsprechenden Beweis hierfür.

Die Vertreter der Naturwissenschaften in Ungarn hatten erst nach der Befreiung die Möglichkeit, so grundlegend wichtige marxistische Klassiker kennenzulernen, wie Engels' »Anti-Dühring« und »Die Dialektik der Natur« oder Lenins »Materialismus und Empirio-kritizismus«. Unter den ungarischen marxistischen Philosophen waren es die Professoren L. RUDAS und B. FOGARASI, deren Werke auf die philosophische Verallgemeinerung der neuen Erkenntnisse abzielten und im Zeichen des Kampfes gegen den in die Naturwissenschaften eingedrungenen Idealismus eine bedeutende Wirkung ausübten. Unter ihrer Leitung und unter Teilnahme namhafter Gelehrter war vier Jahre hindurch auch die philosophisch-naturwissenschaftliche Arbeitsgemeinschaft der Partei tätig.

Jene Philosophen und sonstigen Gelehrten, die sich philosophisch den klarsten Blick bewahren konnten, kamen und kommen in zunehmendem Maße zur Erkenntnis der Notwendigkeit einer richtigen weltanschaulichen Stellungnahme, die sie in die Lage versetzt, nicht nur ihre dozierende und erzieherische Arbeit in einer die Bedürfnisse der kommunistischen Spezialistenausbildung befriedigenden Art und Weise fortzuentwickeln, sondern auch die naturwissenschaftliche Forschung in die richtigen Bahnen zu lenken.

Nach 1956 ergaben sich — als Folge der schweren Niederlage, die die Gegenrevolution und der mit ihr eng zusammenhängende philosophische Revisionismus erlitten hatten, und als Ergebnis des glänzenden Sieges der ihrer dogmatischen Fehler befreiten marxistisch-leninistischen Philosophie — neue günstige Bedingungen für eine enge Zusammenarbeit zwischen Naturwissenschaftlern und marxistischen Philosophen. Während vor der Gegenrevolution nur ein Bruchteil der Hörer unserer naturwissenschaftlichen Universitäten und Hochschulen Unterricht in marxistischer Philosophie erhalten hatte, wurde im Herbst 1957 der philosophische Unterricht an sämtlichen Technischen Universitäten und Hochschulen des Landes eingeführt. Auf diese Weise kamen auch an den Technischen Universitäten die philosophischen Fachgruppen der Lehrstühle für Marxismus—Leninismus zustande, unter deren Leitung mehrere tausend Hörer dieser Hochschulen sowie viele hundert Hochschullehrer, Dozenten, Aspiranten und wissenschaftliche Mitarbeiter eine philosophische Grundausbildung erhalten. Seither veranstalten die Naturwissenschaftliche Fakultät der Loránd-Eötvös-Universität, die Budapester Technische Universität, der Kossuth-Klub und andere Institutionen fachlich-ideologische Diskussionen, die unter anderen Themen auch den Determinismus in der modernen Physik, Raum und Zeit, Probleme der Änderung und Erhaltung zum Gegenstand haben. Ebenso wurde im Zentralforschungsinstitut für Physik eine philosophische Arbeitsgemeinschaft und ein philosophischer Lehrgang eingerichtet. Die Hörer der Philosophie

nehmen an Kollegien über die philosophischen Fragen der modernen Physik teil, und auch die Publikationstätigkeit über diese Themen ist in kräftiger Belebung begriffen. Der perspektivische Landes-Forschungsplan schließlich sieht auch die Untersuchung der philosophischen Belange sämtlicher prinzipiell bedeutsamer physikalischer Grundlagenforschungen vor.

Die Festigung und der Ausbau des Bündnisses zwischen Naturwissenschaften und marxistischer Philosophie ermöglicht es auch, an den naturwissenschaftlichen Hochschulunterricht höhere weltanschauliche Anforderungen zu stellen, und beispielsweise zu überprüfen, wie der die Weltanschauung formende Einfluß des Physikunterrichts an den Universitäten intensiviert werden könnte. Dies stellt übrigens eine der zentralen Aufgaben der Unterrichtsreform sowie der fachlichen und ideologischen Modernisierung der kommunistischen Spezialistenausbildung dar. Es ist also an der Zeit zu überprüfen, welche weltanschaulichen Einflüsse auf unsere Universitätshörer im Physikunterricht einwirken, welche Förderung ihre Entwicklung zu kommunistischen Fachleuten auf diesem Weg erfährt, und wenn ja, inwieweit diese Arbeit als zielbewußt anzusehen ist.

## II.

In richtiger Erkenntnis der Wichtigkeit dieser Frage faßte die Kommission für Weltanschauliche Erziehung an der Budapester Technischen Universität den Beschluß, die vom Lehrstuhl für Physik herausgegebenen Kolleghefte auf ihren weltanschaulichen Inhalt zu überprüfen. Keineswegs lagen hierbei, wie ausdrücklich betont werden muß, besondere Gründe vor, gerade an diesem Lehrstuhl, und nicht auch an anderen Universitäten an die Überprüfung des physikalischen Lehrstoffes heranzugehen. An der Budapester Technischen Hochschule hat vielmehr lediglich eine Arbeit *begonnen*, die im Sinne der Richtlinien für die Reform des Hochschulunterrichts auch an anderen Universitäten und Hochschulen durchzuführen sein wird.

Die Philosophische Arbeitsgemeinschaft beim Zentralkomitee unserer Partei hat die Bewertung des physikalischen Lehrstoffes der Budapester Technischen Universität auf seinen weltanschaulichen Inhalt auf die Tagesordnung gesetzt. An der eingehenden Diskussion, die sich entspann, nahmen auch zahlreiche geladene Vertreter der technischen und der Naturwissenschaften, unter ihnen auch mehrere namhafte Physiker teil. Die Konsultationen waren Beratungen zwischen *Verbündeten* und standen keineswegs im Zeichen einer Fehde »Philosophie contra Physik«. Es war ein Streit der Meinungen zwischen Physikern und Philosophen, nicht selten aber stand auch der Physiker dem Physiker, der Philosoph dem Philosophen gegenüber. Auch hierin äußerte sich die Kompliziertheit des Problems, wirft doch die stürmische Entwicklung

der Naturwissenschaften auch zahlreiche neue philosophische Probleme auf, die noch der Lösung harren. Die Diskussion hatte das mit Recht erwartete Ergebnis, einen weiteren Schritt in Richtung einer Festigung des Bündnisses zwischen materialistischen Physikern und Philosophen getan zu haben. Vor allem aber wurde geklärt, welche Fragen es sind, zu deren Beantwortung wir bereits eine gemeinsame Sprache sprechen, und welche Fragen wir unter uns noch gründlicher zu diskutieren haben werden.

Die Diskussion innerhalb der Arbeitsgemeinschaft hat noch mehr als bisher deutlich gemacht, daß es sowohl für die Physiker als auch für die Philosophen noch viel zu tun geben wird, bis sie ihre Arbeitsgebiete gegenseitig kennenlernen und anzuwenden verstehen werden, wozu es natürlich auch der gegenseitigen Unterstützung bedürfen wird. Selbstverständlich waren die Philosophen weit davon entfernt, die Diskussion aus der falschen Position der »Wissenschaft der Wissenschaften« führen oder den Anschein erwecken zu wollen, als pflichteten sie jener übertriebenen maximalistischen Forderung bei, die Physiker hätten möglichst jeden Abschnitt ihres eigenen Unterrichtsstoffes mit ausführlichen philosophischen Kommentaren zu versehen. In der Diskussion wurden zahlreiche Beispiele dafür angeführt, welche dialektisch-materialistisch philosophischen Folgerungen im Physikunterricht gezogen werden können. Die Arbeitsgemeinschaft akzeptierte indessen diese nur als *Möglichkeiten*, es darf also den Physikern keineswegs als Fehler angerechnet werden, wenn sie diese Möglichkeiten nicht hundertprozentig ausnützen. Freilich müssen wir auf der anderen Seite auch festhalten, daß wir ebensowenig auch jener Konzeption zustimmen können, die sich unausgesprochen durch die Kolleghefte hinzieht und die von vielen unserer Physiker auch offen vertreten wird, daß nämlich Physiker nicht zu philosophieren haben, denn die Physik erziehe auch für sich allein zur richtigen Weltanschauung, die weltanschaulichen Konsequenzen hätte mithin jedermann — also auch der Hörer — selbst zu ziehen. Zweifellos ist es diese Konzeption, aus der sich die in den Kollegheften zutage tretende weltanschauliche Inkonsequenz, jener Wechsel zwischen dialektisch-materialistischen und idealistischen oder metaphysischen Ansichten nährt.

So können indessen die Dinge schon deshalb nicht weitergehen, weil die frappierenden, neuartigen Ergebnisse der modernen Physik die Aufmerksamkeit der Menschen mit elementarer Kraft auf die Kompliziertheit und Widersprüchlichkeit der physikalischen Erkenntnis lenken. Viele »altgewohnte« physikalische Begriffe mußten einer Revision unterzogen werden, und die moderne Physik bedarf einer weit abstrakteren Behandlungsweise als früher, was zur erkenntnistheoretischen Quelle verzerrter philosophischer Folgerungen werden kann. Im Interesse der weltanschaulichen Erziehung der Hörer bedarf es deshalb bei der Darlegung etwa der Atomphysik oder anderer Zweige der modernen Physik einer dezidierten dialektisch-materialistischen Stellungnahme

und der klaren Ablehnung jeder idealistischen, fideistischen oder mechanisch-materialistischen Auffassung.

Im Laufe der Diskussion kamen auch die Abweichungen in der *Terminologie* zu Sprache. Zur Zeit gebrauchen die Physiker beispielsweise die Begriffe der Materie und der Bewegung nicht immer in dem Sinne, wie sie von der dialektisch-materialistischen Philosophie — auf Grund der Verallgemeinerung der Resultate *sämtlicher* Fachwissenschaften — gebraucht werden. In dieser Frage einigte man sich schließlich auf den Standpunkt, der Physiker werde gut tun, *bei Einführung* derartiger Begriffe die Beziehung der betreffenden physikalischen Kategorie zur entsprechenden, aber allgemeineren Kategorie der Philosophie unmißverständlich darzulegen und in einigen Fällen auch später auf diese seine Erklärungen hinzuweisen. Geschieht dies nämlich nicht, so besteht die Gefahr, daß der Begriff der Materie in der Physik auf die über Ruhmasse verfügenden Körper bezogen, der Begriff der Bewegung hingegen in dem auf die mechanische Erscheinung der räumlichen Ortsveränderung beschränkten Sinne gebraucht wird. Der Physiker kann aber nicht umhin, in dem Sinne Stellung zu nehmen, daß auch das physikalische Feld keine »geistige Realität«, sondern ein materielles Objekt ist, und daß auch die thermodynamischen, optischen, elektrodynamischen und mikrophysikalischen *Zustandsänderungen* der materiellen Objekte materielle Bewegungserscheinungen darstellen, deren Beziehung zur mechanischen Bewegung nicht nur durch das Moment der Identität, sondern auch durch das des qualitativen Unterschiedes gekennzeichnet ist.

Hinsichtlich des Begriffes der Materie müssen wir an jener Definition festhalten, die LENIN in seiner scharfen Auseinandersetzung teils mit den machistischen (subjektiv idealistischen), teils mit den mechanisch-materialistischen Ansichten in seinem »Materialismus und Empiriokritizismus« gegeben hat: »Die Materie ist eine philosophische Kategorie, die dazu dient, die in unseren Sinnesempfindungen sich offenbarende, durch unsere Sinnesempfindungen kopierte, photographierte und widergespiegelte, von unseren Sinneswahrnehmungen unabhängig existente objektive Wirklichkeit zu beschreiben«. (Lenins Werke, Band 14, ungarisch. Szikra, Budapest, 1954, p. 127.)

Würden wir eine konkretere Definition geben als diese, eine Definition etwa, die Hinweise auf die Körperlichkeit enthielte, so verführen wir unwissenschaftlich, weil wir damit aus dem Kreis der materiellen Objekte beispielsweise die feldartigen Objekte ausschließen und die machistischen Auffassungen vom »Verschwinden der Materie« bestärken würden.

Gewisse Schwierigkeiten verursacht zweifellos der ungarische Sprachgebrauch, der keine eigenen Ausdrücke für jene *zwei* Begriffe kennt, die das Russische mit den Worten »*materia*« und »*weschtschestwo*«, das Deutsche hingegen mit den Worten »Materie« und »Stoff« bezeichnet. Der erste Aus-

druck steht in den beiden erwähnten Sprachen für den ganz allgemeinen und abstrakten philosophischen Begriff, während der andere eine weniger allgemeine und weniger abstrakte Bezeichnung für die von unseren Sinnesorganen unmittelbar erfaßbaren oder zumindest über gewisse Züge der Körperlichkeit verfügenden Objekte darstellt. Der Begriff des elektromagnetischen Feldes etwa gehört danach in den Begriffskreis der »Materie« und nicht in den vom »Stoff«.

In den Kollegheften finden sich in diesem Zusammenhang zahlreiche, vornehmlich mechanisch-materialistische Fehler, die jedoch auch idealistische Verzerrungen zur Folge haben. In der Einleitung zum Kollegheft für Akustik z. B. wird der Begriff des »materiellen Mediums« im selben Sinne gebraucht wie der Begriff vom »festen, flüssigen oder gasförmigen Medium«, und dementsprechend scheint der luftleere Raum als irgendeine immaterielle Sache auf. Eine ähnliche Konzeption fühlt man im Abschnitt »Materiewellen« des Kollegheftes für Optik — glücklicherweise allerdings nur in dieser Überschrift selbst. Die Darlegung bedient sich dann schon der richtigen Terminologie, indem sie den Strahlen mit *Wellencharakter* die Strahlen *korpuskularen* Charakters gegenüberstellt und keinen Zweifel darüber läßt, daß es sich bei beiden um eine *materielle* Erscheinung handelt, obgleich sie dies nicht ausdrücklich so formuliert. Doch eben deshalb wirkt der Titel täuschend! Hier würde sich eher der Titel „*Die doppelte Natur der korpuskularen Strahlen*“ und für das vorige Kapitel »*Die doppelte Natur des Lichtes*« empfehlen, im Text hingegen müßte festgehalten werden, daß es sich sowohl bei dem Korpuskel als auch bei dem in Wellenbewegung befindlichen Kraftfeld um eine *materielle* Erscheinung, um zwei verschiedene Erscheinungsformen der objektiven Realität handelt, die miteinander in enger Einheit verbunden sind.

Im Kollegheft für Elektrodynamik stellt der Abschnitt über das Wesen der Elektrizität in durchaus positiver Weise klar, daß die Elektrizität eine materielle Erscheinung ist, die weder geschaffen, noch vernichtet werden kann, andererseits identifiziert er aber bedauerlicherweise den Begriff der *Materie* mit der Masse, um schließlich bei Behandlung der elektrolytischen Leitung fester Körper zwischen der Bewegung der Ionen und der der Elektronen in dem Sinne zu unterscheiden, daß die Ionen zu *materiellen* Objekten deklariert sind, die Elektronen hingegen nicht.

Ausdrücklich soll hier betont werden, daß hier nicht etwa ein konsequenter und durchdachter Machismus zur Geltung kommt, spricht doch das Kollegheft für die Elektrodynamik bei Einführung des Begriffes der Elektronen von diesen als etwas materiell Existentem, und ein Gleiches tut auch das Kollegheft »Atomphysik«. Leider erscheint jedoch der materialistische Standpunkt nicht mit voller Konsequenz zur Geltung gebracht, was auf den ungenauen Gebrauch des Begriffes »Materie« zurückzuführen ist und sich verhältnismäßig leicht korrigieren läßt.

Hier muß weiters erwähnt werden, daß sich ähnliche Verwirrungen auch um den Begriff des *Photons* finden. Zunächst definiert das Kollegheft »Optik« das Photon in außergewöhnlicher Einengung als Energiequant, doch stellt es sich zum Glück noch auf der nämlichen Seite heraus, daß das Photon nicht die konzentrierte Energie selbst, sondern ein *materielles Objekt* darstellt, das *Energie*, darüber hinaus aber auch andere materielle Eigenschaften, so beispielsweise Masse und Impuls besitzt. Die gleiche Begriffsverwirrung zeigt sich auch im Abschnitt über das Bohrsche Atommodell im Kollegheft »Atomphysik«, die in ihrer Fassung den logischen Widerspruch enthält, das Atom könne nur »*Energiequanten* bestimmter Größe bzw. nur *Photone dieser Energie*« aufnehmen bzw. aussenden. Weit einfacher wäre es, das Photon als Elementarquant des elektromagnetischen Feldes zu definieren, worin sich die objektive Realität weit besser widerspiegeln würde als im Ausdruck »Energiequant«, der nur *die eine Seite* der Erscheinung herausgreift und den Gedanken aufkommen läßt, es handle sich nicht um eine materielle Erscheinung. Dies ist die Konzeption des Ostwaldschen Energetismus, auf die wir noch zurückkommen müssen und von dem sich die Kolleghefte ganz dezidiert distanzieren müßten.

Der Physiker darf sich auch nicht der Aufgabe entziehen, in seinen Begriffsdefinitionen die Tatsache hervorzuheben, daß der definierte Begriff einen objektiven und materiellen Wirklichkeitsgehalt widerspiegelt, da sonst die Einführung einzelner Begriffe als subjektive Phantasterei aufscheinen könnte. Auf derartige Fehler trifft man denn auch z. B. bei Einführung der Begriffe vom »echten Magnetismus«, vom »Verschiebungsstrom« oder vom »Elektronenspin«. Der Behauptung etwa, daß es »in der Natur keinen echten Magnetismus gibt«, kann man keineswegs beipflichten.

In diesem Falle handelt es sich um die täuschende Formulierung jener objektiven Tatsache, daß in der Natur frei, d. h. ohne wechselseitigen Zusammenhang je für sich kein magnetischer Nord- und kein Südpol vorkommt. *Das magnetische Feld ist jedoch eine objektive materielle Realität*, die die eigentümliche, vom elektrischen Feld abweichende, *objektive* Eigenschaft besitzt, *stets* Wirbelfeldcharakter zu tragen und *stets* ohne Quellen zu sein, vielmehr Kraftlinien zu haben, die nirgends beginnen und nirgends enden, sondern stets in geschlossenen Kurven verlaufen. Was wir makroskopisch als magnetischen Nord- oder Südpol wahrnehmen, stellt also keine tatsächlichen Kraftlinien-Endungen dar, sondern die ausgezeichneten und voneinander untrennbaren Punkte der Wechselwirkung zwischen magnetischem Feld einerseits und dem dieses erregenden und von ihm wieder erregten magnetischen Körper andererseits. Als solche sind sie aber objektiv, »*real*« und nicht die Schöpfungen unseres subjektiven Bewußtseins.

Ähnliche Einwendungen müssen wir auch gegen die subjektiven Züge der Begriffsbestimmung für den *Verschiebungsstrom* erheben. Dem Kolleg-

heft nach benötigen wir diesen Begriff, um den Vorgang der Kondensatorentladung als geschlossenen Strom *auffassen zu können*. Auch zur Entwicklung der ersten Maxwellschen Gleichung bemerkt die Formulierung des Kollegheftes, die *logische Notwendigkeit* sei es, die es erfordere, den Begriff des Verschiebungsstromes und der ihm entstammenden magnetischen Wirkung anzuwenden. Dementsprechend führt dann das Heft den Verschiebungsstrom neben das Glied für den Leitungsstrom ein. All dies klingt beinahe so, als spiegelte der Verschiebungsstrom keinen objektiven Vorgang wider. Jene Abschnitte des Kollegheftes, die unsere Erfahrungen mit elektromagnetischen Wellen beschreiben, lassen es dann freilich klar erkennen, daß das veränderlich starke elektrische Feld (d. h. der Verschiebungsstrom) ein *objektiver* Vorgang ist, der mit dem Magnetfeld in untrennbarer Wechselwirkung steht. Des Begriffes vom Verschiebungsstrom bedienen wir uns also nicht deshalb, weil wir ohne ihn »die elektromagnetischen Wellen nicht deuten könnten«, sondern deshalb, weil sich in diesem Begriff ein objektiver materieller Prozeß, die Existenz des veränderlichen elektrischen Felds widerspiegelt, welches das veränderliche magnetische Feld erzeugt und zugleich von diesem erzeugt wird.

Im Kollegheft »Atomphysik« findet sich ein ähnliches Problem bei der Definition des *Elektronenspins*. Nach der Erfolglosigkeit der früheren mechanistischen Vorstellungen über den Spin gelang es — wie des Kollegheft hervorhebt —, DIRAC, den Spin theoretisch zu begründen. »*In seiner Theorie verschwand indessen das mechanische Bild von der inneren Drehbewegung des Elektrons völlig und an seine Stelle traten die relativistischen Eigenschaften einer Differentialgleichung*« — stellt das Kollegheft fest. Fügt man jedoch dieser Feststellung nicht hinzu, daß diese Differentialgleichung — wenn auch nicht mit der von der klassischen Mechanik her gewohnten Anschaulichkeit — die *objektive* Existenz des Elektrons und des Spins widerspiegelt, so belassen wir den Hörer in Ungewißheit über den Wirklichkeitsgehalt des Gleichungsapparates der Physik. Aus der ganzen Vortragsweise des Kollegheftes — und dies sei der Vollständigkeit halber festgehalten —, geht indes hervor, daß das Elektron und seine verschiedenen Eigenschaften, wie Masse, Ladung, Spin usw. objektive, durch eine Vielfalt von Versuchsergebnissen bestätigte Realitäten sind. Eben deshalb aber müssen Definitionen vermieden werden, die Anlaß zu Mißverständnissen geben können!

### III.

Die Diskussion in der Arbeitsgemeinschaft förderte viele jener wichtigen philosophischen Probleme der Physik zutage, die den Gegenstand der scharfen Auseinandersetzungen zwischen Materialismus und Idealismus bilden, und deren Klarstellung eben aus diesem Grunde für die weltanschauliche Erziehung der Hörer von besonderer Bedeutung ist. Derartige Probleme sind u. a. die

Dialektik der Veränderung und der Erhaltung bei physikalischen Vorgängen, die Problematik des Determinismus und Indeterminismus, die Frage von Raum und Zeit, die Probleme im Zusammenhang mit der Äquivalenz von Masse und Energie und die wichtigsten erkenntnistheoretischen Probleme der Physik, besonders das Verhältnis der induktiven Methoden des Experimentierens sowie der instrumentellen Beobachtung und Messung zum mathematischen Apparat und zu den mit diesem verknüpften axiomatischen, deduktiven Methoden.

Im weiteren wollen wir uns mit diesen Fragen befassen.

### 1. Die Dialektik der Veränderung und der Erhaltung bei physikalischen Vorgängen

Im physikalischen Lehrstoff wird häufig von den Erhaltungssätzen gesprochen: von der Erhaltung der Masse und Energie, der elektronischen Ladung und anderer Größen. Diese Erhaltungssätze haben einen tief anti-kreationistischen und antireligiösen Inhalt. Das Kollegheft »Elektrodynamik« der Technischen Universität hebt im Abschnitt über das Wesen der Elektrizität durchaus richtig hervor, daß die Elektrizität nicht unabhängig von der Materie existiert und daß man Elektrizität nicht »erschaffen« kann, weil die im Weltall vorhandene positive und negative Elektrizität ihrer Menge nach konstant ist, d. h. daß hier der Erhaltungssatz zur Geltung kommt.

Indessen muß auch gesagt werden, daß jene Teile der Kolleghefte, die sich mit den Erhaltungssätzen befassen, die Erhaltung und die Veränderung, die Gleichheit und Unterschiedlichkeit nicht genügend miteinander verknüpfen. Die Betonung der Tatsache, daß es eine Erhaltung gibt, wird man aber niemals richtig verstehen, wenn auf der anderen Seite nicht auch die Veränderung, die Vorgangsmäßigkeit betont wird. Die Erhaltungssätze werden vor der Trivialität dadurch bewahrt, daß sie die *Gleichheit* einiger wesentlicher Aspekte in den qualitativ voneinander *verschiedenen* und dennoch ineinander umwandelbaren Erscheinungen erschließen. Eben dies war es aber, was beispielsweise die Formulierung des Energieerhaltungssatzes zu einer der naturwissenschaftlichen erkenntnistheoretischen Quellen der marxistischen Philosophie gemacht hat, wie dies ENGELS in seinem Werk »*Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie*« unterstreicht, u. zw. als Entdeckung der *Energieumwandlung* (MARX—ENGELS: *Ausgewählte Werke*, Bd. II. ungarisch, Szikra, Budapest, 1949. p. 370).

Die Veränderung, die Vorgangsmäßigkeit als ein natürliches Merkmal der materiellen Welt herauszustellen erweist sich als besonders wichtig im Zusammenhang mit jenen physikalischen Fragen, deren entstellte Deutung Gelegenheit zur Verbreitung idealistischer und metaphysischer Ansichten

bietet. Die Konzeption, die Ruhe, Bewegungslosigkeit und Unveränderlichkeit sei der natürliche Zustand der materiellen Welt, die Bewegung und Veränderung lediglich eine zeitweilige Verletzung dieses natürlichen Zustandes, ist gleichbedeutend mit der Annahme eines absoluten zeitlichen Anfangs und eines absoluten zeitlichen Endes, d. h. mit der religiösen Auffassung von der Erschaffung und vom Ende der Welt. Um so wichtiger erscheint es, daß unsere Hörer in dieser Frage auch von seiten des *Physikers* die dialektisch-materialistische Stellungnahme zu hören bekommen und daß der idealistische Standpunkt eine klar formulierte Widerlegung erfahre.

Überaus gute Möglichkeiten zur wissenschaftlichen Erläuterung der Beziehung zwischen Ruhe und Bewegung bietet die Besprechung des d'ALEMBERTSchen Prinzips. Die französischen Vertreter der klassischen Mechanik im 18. Jahrhundert, die in mancher Hinsicht nicht der Konzeption NEWTONS, sondern der von DESCARTES folgten, taten im Vergleich zur orthodoxen Auffassung der klassischen Mechanik eben in der Frage der Beziehung zwischen Ruhe und Bewegung einen Schritt nach vorn, wie dies das d'Alembertsche Prinzip und besonders dessen LAGRANGESche Formulierung deutlich erkennen läßt: Ist ein materieller Punkt nicht im Gleichgewicht, so bedarf es zur Herstellung seines Gleichgewichts noch der Einwirkung einer in entgegengesetzter Richtung angreifenden Kraft der gleichen Größe, wie sie die ihn augenblicklich bewegende Kraft hat. Offenbar wird in dieser Konzeption die Ruhe zum Spezialfall der Bewegung, die Bewegung trägt also absoluten Charakter und ist die natürliche Daseinsart des physikalischen Körpers, während es die Ruhe ist, die als relativ erscheint. In dieser Konzeption ist die Statik der Spezialfall der Dynamik und nicht umgekehrt, weil auch *das Gleichgewicht ein dynamisches ist*, d. h. eine eigentümliche Beziehung zwischen Kräften, die — wirkten sie je für sich —, dynamische Veränderungen auslösen würden. Im Kollegheft wird jedoch eher jener Aspekt des d'Alembertschen Prinzips herausgestellt, demzufolge diese die Lösung dynamischer Probleme auf statische zurückzuführen und die Bewegungsgleichungen aus den Bedingungsgleichungen des Gleichgewichts derart abzuleiten gestattet, daß man zu den »freien Kräften« die »Trägheitskräfte« hinzufügt. Die Unterstreichung der einen Seite von Zusammenhängen unter Außerachtlassung ihrer anderen Seite bildet auch in diesem Falle einen Fehler, der sich weltanschaulich negativ auszuwirken vermag. Aus diesem Grunde ist es wünschenswert, diesen Fehler zu korrigieren.

Die Kategorien und Bewegungsgleichungen der Mechanik spiegeln die *objektive Widersprüchlichkeit der mechanischen Bewegung, ihren kontinuierlichen und zugleich diskreten Charakter auch ganz allgemein gut wider*. Indessen versteht sich dies durchaus nicht ganz von selbst, denn die Kategorien der Mechanik sind im Rahmen einer mit geschichtlicher Notwendigkeit gewachsenen *metaphysischen* Konzeption zustande gekommen. »Bevor man die Vor-

gänge hätte untersuchen können«, schreibt ENGELS im Feuerbach, »mußten die Dinge untersucht werden«. (Marx—Engels: Ausgewählte Werke, Bd. II., ungarisch, Szikra, Budapest, 1949, p. 384. — Die Hervorhebungen stammen vom Verfasser.) An die Beschreibung der *Veränderung* konnte man erst herangehen, nachdem man im Gedanken das, was sich änderte, zum Stehen gebracht hatte, worauf man zu diesem momentan ruhenden Zustand die ihn charakterisierenden Größenangaben, *Zustandskenngrößen*, Parameter suchte und schließlich die objektiv vorhandenen Zusammenhänge zwischen den Augenblickswerten der Zustandskenngrößen zu erschließen und mathematisch zu formulieren trachtete.

Auf diese Weise entstanden die verschiedenen Kategorien der klassischen Mechanik, wie etwa der materielle Punkt, die räumliche Lage und die sie kennzeichnenden Lagekoordinaten, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung, der Impuls, die Kraft usw. Die Zusammenhänge zwischen den durch sie bezeichneten objektiven Eigenschaften werden durch die Bewegungsgleichungen der klassischen Mechanik beschrieben. Diese Kategorien des *Vorgangs* der Bewegung des physikalischen Körpers und diese Gleichungen spiegeln auf den ersten Blick nur die eine Seite des Vorgangs wider: die nämlich, daß er *aus diskreten Momenten, aus einzelnen voneinander sich absondernden Zuständen besteht*. Die Bewegungsgleichungen geben nämlich die Momentanwerte der Zustandskenngrößen des bewegten Körpers in den einzelnen diskreten Momenten der Bewegung an. In Wirklichkeit gelangt jedoch in ihnen auch die andere Seite des Vorgangs, die *Kontinuierlichkeit* zum Ausdruck, d. h. die Tatsache, daß die diskreten Momente der Bewegung einander ohne Unterbrechung folgen. Wenn das Kollegheft »Mechanik« die Geschwindigkeit und die Beschleunigung mit Hilfe des mathematischen *Limes-Begriffes* definiert, so ist es eben die Kontinuierlichkeit, die sich im Gedanken der unendlichen Annäherung widerspiegelt. Dasselbe gilt für die Definition der Kraft und für die Bewegungsgleichungen des Massenpunktes, in denen der objektive Zusammenhang zwischen den physikalischen Größen im mathematischen Begriff der kontinuierlichen Funktion seinen Ausdruck findet. Das Kollegheft hält richtig fest, daß die Gleichung den Verlauf der Bewegung beschreibt, d. h. es macht eine materialistische Aussage. Um jedoch diese zu einer *dialektisch-materialistischen* zu machen, müßte hinzugefügt werden, daß die Gleichung den *widersprüchlichen Verlauf* der Bewegung, d. h. die Tatsache beschreibt, daß die Bewegung aus benachbarten Momenten besteht und auch nicht.

Die dialektische Einheit von »Diskret« und »Kontinuierlich« in den hier erwähnten Abschnitten des Kollegheftes hervorzuheben, wäre um so mehr begründet, als das Kollegheft bei Behandlung der Mechanik der Punktsysteme diese dialektische Einheit zur Kennzeichnung der Bewegungsvorgänge bei den aus diskreten Massenpunkten bestehenden sowie bei den Systemen in kontinuierlicher Verteilung und im weiteren zur Kenn-

zeichnung der Bewegungserscheinungen bei starren Körpern bewußt anwendet. Auch hier handelt es sich darum, daß die Wissenschaft den dialektischen Materialismus gebirt. ENGELS hat gegenüber *Dühring* die Wissenschaft der Mechanik mit Erfolg verteidigt, indem er die metaphysische Verleumdung zurückwies, »in der rationellen Mechanik gebe es keine Brücke zwischen dem streng Statischen und dem Dynamischen« (ENGELS: »Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft«, ungarisch, Szikra, Budapest, 1950, p. 125). Klar und eindeutig wird hier bewiesen, daß Veränderungen jeder Art, ja selbst die einfachen mechanischen Ortsveränderungen nichts anderes darstellen als den verkörperten Widerspruch, die widersprüchliche Einheit des Diskreten und Kontinuierlichen, die Gleichheit mit sich selbst und die Unterschiedlichkeit von sich selbst oder, wenn es besser gefällt: die widersprüchliche Einheit der streng genommen statischen und dynamischen Züge.

Die dialektische Einheit der statischen und der dynamischen Seite, d. h. der Veränderung und der Erhaltung gelangt natürlich nicht in der Mechanik allein zur Geltung. In vielfältigster Weise bestätigt die Physik, daß das Gleichgewicht niemals absolute Bewegungslosigkeit oder Bewegungsunfähigkeit bedeutet, daß es sich vielmehr stets um ein *dynamisches Gleichgewicht*, um die Ausgeglichenheit gegensätzlicher Tendenzen handelt.

Im Kollegheft »Thermodynamik« beispielsweise ließe sich sehr eindrucksvoll nachweisen, daß sich in jedem Aggregatzustand eines physikalischen Körpers als eines aus Atomen und Molekeln bestehenden materiellen Systems je ein eigentümlicher Fall des dynamischen Gleichgewichtes verwirklicht, in welchem gegensätzliche Tendenzen gegeneinander kämpfen. Jede Änderung im Aggregatzustand bedeutet so viel, daß unter den zwei Tendenzen die eine die Oberhand gewonnen hat. Beim Schmelzen überwindet die mit steigender Temperatur wachsende Schwingungsenergie der Atome des festen Körpers die die Atome zusammenhaltenden Anziehungskräfte, beim Sieden ist es die mit dem Temperaturanstieg zunehmende Geschwindigkeit der Moleküle bzw. wachsende Druck der im Inneren der Flüssigkeit entstehenden Dampfblasen, die den äußeren Druck und den hemmenden Einfluß der zwischen den Molekülen wirksamen van der Waalsschen Anziehungskräfte überwinden. Besonders wichtig wäre es, von diesem Gesichtspunkt aus die kritische Temperatur zu kennzeichnen.

In treffender Weise veranschaulicht das Kollegheft »Thermodynamik«, daß das Gas als endliches, geschlossenes materielles System bei unverändertem Makrozustand eine Vielfalt von Mikrozuständen verwirklicht. Die Boltzmannsche Deutung der Entropie, d. h. ihr Zusammenhang mit der thermodynamischen Wahrscheinlichkeit des Makrozustandes wird im Kollegheft ausführlich dargelegt, und ebenso ist erwähnt, daß die den makroskopischen Zustand definierenden phänomenologischen Zustandsgrößen (z. B. Druck und

Temperatur) weitgehend statistischen Charakter tragen, d. h. daß sie durch die Durchschnittswerte der einzelnen mechanischen Zustandsgrößen für die das System bildenden Moleküle bestimmt sind. Klar geht ferner aus dem Kollegheft hervor, daß dem Gleichgewichtszustand des Systems *ausnehmend* viele Mikrozustände zugehören, weshalb die thermodynamischen Zustandsveränderungen die Tendenz zeigen, dem mit der größten Wahrscheinlichkeit zu erwartenden Zustand, d. h. dem thermodynamischen Gleichgewicht zuzustreben. Doch fehlt in diesen Ausführungen der Hinweis darauf, daß den erwähnten Tendenzen gegenüber auch eine Gegenteilstendenz wirksam ist, u. zw. mit um so größerer Kraft, je weiter das gegebene System vom thermodynamischen Gleichgewicht entfernt ist. In den weit vom Gleichgewicht entfernten Systemen können zwischen den mechanischen Zustandsgrößen der einzelnen Molekeln so extrem abweichende Werte vorkommen, daß ihre *Durchschnittswerte* zu regelrechten fiktiven Größen ohne jeden physikalischen Gehalt werden. Ein weit vom Gleichgewicht entferntes System hat mithin keine Entropie im eigentlichen Sinne des Wortes, und es kann sich in ihm auch eine Tendenz geltend machen, die nicht nach dem Gleichgewichtszustand, sondern in die entgegengesetzte Richtung weist. All dies beweist, daß die Gesetzmäßigkeit der Entropiezunahme selbst für endliche, abgeschlossene Systeme keine absolute Gültigkeit hat, und vollends nicht auf das Weltall angewendet werden kann, welches weit davon entfernt ist, im thermodynamischen Gleichgewicht zu sein.

Das Kollegheft polemisiert zwar mit der falschen, fideistischen Auffassung vom »Wärmetod« der Welt und steht in dieser Frage auf einem unmißverständlich materialistischen Standpunkt, um aber die Stellungnahme überzeugender zu gestalten, müßte es eben diese innere Widersprüchlichkeit der thermodynamischen Vorgänge und die schreiende Unvereinbarkeit der Wärmetheorie mit den durch jede Erfahrungstatsache gesicherten Sätzen von der Erhaltung der Energie und des Impulses herausstellen.

Die Einheit des statischen und dynamischen Elements läßt sich auch in mehreren Abschnitten des Kollegheftes »Elektrodynamik« besonders unterstreichen. So kommt beispielsweise auch im Falle der *elektrolytischen Polarisation* ein Gleichgewicht zwischen der Strömung der in das Elektrolyt diffundierenden positiven Metallionen einerseits und der Strömung jener Metallionen andererseits zustande, die von der nun negativ geladenen Metallelektrode wieder angezogen werden bzw. zum Teil auch neuerlich zurückdiffundieren. Im Kollegheft »Atomphysik« bietet sich fast von selbst die Gelegenheit, bei Erläuterung der Beziehung zwischen negativ geladener Elektronenhülle und positiv geladenem Atomkern oder — im Abschnitt über den Aufbau des Atomkerns — bei Behandlung der Beziehung zwischen der unter den Protonen wirksamen elektrostatischen abstoßenden Kraft und den stabilisierenden Kernkräften wieder das dynamische Gleichgewicht hervorzuheben.

Unsere Physiker vermögen also zur dialektisch-materialistischen Erziehung der Hörer wesentlich beizutragen, wenn sie deren Aufmerksamkeit öfter darauf lenken, daß die vorgetragene physikalischen Erscheinungen keine widerspruchsfreie Einheiten darstellen, sondern statische und dynamische Elemente in sich vereinigende *Vorgänge* sind, innerhalb derer gegensätzliche Tendenzen wirksam sind, und daß der Kampf zwischen diesen früher oder später zum Erlöschen der alten Erscheinung und zur Herausbildung einer neuen Qualität führt.

Die objektive Dialektik der *Quantität und Qualität* ist im übrigen im Lehrstoff sehr ausführlich und vielseitig enthalten. So weist das Kollegheft »Mechanik« bei Erläuterung der im Gravitationsfeld der Sonne möglichen Bahnkurven nach, daß die Erscheinung des Kreisens auf einer elliptischen Bahn, sofern die Anfangsgeschwindigkeit des Himmelskörpers einen bestimmten Wert übersteigt, in eine Bewegung auf einer Parabel- oder Hyperbelbahn übergeht, d. h. in die Erscheinung der Bewegung eines aus seiner ursprünglichen Richtung zwar abgelenkten, aus dem Gravitationsfeld aber dennoch entweichenden Himmelskörpers, die sich von der kreisenden Bewegung *qualitativ* unterscheidet. Aus dem Kollegheft geht ferner hervor, daß in diesem Falle die eine Tendenz des Vorganges in der nach Änderung der vorhandenen Geschwindigkeit strebende Gravitationskraft gegeben ist, während sich die entgegengesetzte Tendenz in der Trägheit des bewegten Himmelskörpers verkörpert, d. h. in seinem Bestreben, Größe und Richtung seiner Geschwindigkeit beizubehalten. All dies ist jedoch nur zwischen den Zeilen zu finden, es wäre mithin richtiger, hier eine dialektischere Behandlungsart zu wählen, und dies um so mehr, als die Erreichung der zum Entweichen aus dem Gravitationsfeld der Erde erforderlichen Geschwindigkeit als dialektischer springender Punkt mit zu jenen bedeutendsten Resultaten der Wissenschaft und Technik von heute, in erster Linie eben der sowjetischen Wissenschaft und Technik gehört, die qualitativ ganz neue Perspektiven eröffnen.

Wenn wir nun mit dem Anspruch auftreten, bei Behandlung der physikalischen Vorgänge möge deren dialektischer Charakter entsprechend beleuchtet werden, der Vortragende möge also das Augenmerk der Hörer auf die Widersprüchlichkeit der Vorgänge sowie auf den organischen Zusammenhang zwischen ihren quantitativen und qualitativen Aspekten lenken, so wünschen wir keinerlei Vulgarisierung, keineswegs die Einführung irgendeiner philosophischen Trivialität in den Physikunterricht. Der Physiker braucht keineswegs die Richtigkeit der dialektischen Gesetzmäßigkeiten zu beweisen oder nach gekünstelt erscheinenden Beispielen für diese zu suchen. Der Physiker bemühe sich, den dialektischen Charakter *seines eigenen Lehrstoffes* nachzuweisen, zu zeigen, daß *physikalisches Denken dialektisches Denken* ist, in welchem sich die *objektive* Dialektik der mechanischen Bewegung, der molekularen Bewegung und der mikrophysikalischen Bewegung widerspiegelt.

Wenn wir, so betont Engels in seiner Auseinandersetzung mit Dühring, den dialektischen Charakter eines Natur- oder Gesellschaftsvorganges aufdecken, so zwingen wir dem betreffenden Prozeß beileibe keine im voraus ausgeklügelte dialektische Gesetzmäßigkeiten auf, sondern erschließen ganz im Gegenteil durch fachlich unanfechtbare Analyse der wesentlichen inneren Zusammenhänge des Vorganges nur die ihnen innerwohnende Dialektik.

Hierzu bietet der physikalische Lehrstoff eine Vielzahl von *Möglichkeiten*, deren einige hier angeführt werden sollen. Im Kollegheft »Mechanik« läßt sich beispielsweise bei der Behandlung der Elemente der Elastizitätslehre im Zusammenhang mit der *Elastizitätsgrenze* und der *Festigkeitsgrenze* erklären, daß auch diese zu jenen physikalischen Konstanten zählen, die Engels als Knotenpunkte bezeichnet, bei deren Erreichen die quantitativen Veränderungen in qualitative umschlagen (Dialektik der Natur, ungarisch, Szikra, Budapest, 1952, p. 75). Die beiden, die Veränderung hervorrufenden gegensätzlichen Tendenzen, die deformierende und die elastische Kraft sind im Kollegheft allerdings genannt.

Dasselbe bezieht sich u. a. auf die Behandlung der verschiedenen *Resonanzerscheinungen*, bei denen die widersprüchliche Wechselwirkung zwischen Zwangs- und Eigenschwingungen des schwingenden Systems beim Erreichen der Eigenfrequenz die qualitativ neue Erscheinung der Resonanz hervorruft. Dies dürfte nicht bloß in den Erläuterungen über die akustische Resonanz hervorgehoben werden, sondern müßte auch in den Stoff über die elektromagnetischen Schwingkreise und über die Vorgänge in Rundfunkgeräten Eingang finden. Um eine ähnliche Erscheinung handelt es sich in der Beschreibung des *Franck—Hertz-Versuchs* zum Nachweis der »Anregung« von Gasatomen durch beschleunigte Elektronen, bei dem der qualitative Umschlag beim Erreichen der kritischen Potentiale eintritt. In den Erläuterungen über die Atomspektren bilden die Frequenzbedingungen der Lichtabsorption und die Absorption der Ionisationsenergie gleichfalls Erscheinungen bzw. Zusammenhänge, an denen erkannt werden kann, daß diese dialektische Gesetzmäßigkeit zur Geltung kommt. Ein Gleiches gilt ferner für die charakteristischen Strahlungen und für die selektive Absorption der Röntgenstrahlen.

In aller Ausführlichkeit sind im Kollegheft »Thermodynamik« die Vorgänge bei *Änderungen des Aggregatzustandes* beschrieben, die als klassische Erscheinungen des wechselseitigen Umschlages zwischen quantitativen und qualitativen Veränderungen anzusehen sind. Sie sind weiter oben bereits erwähnt worden. *Die Erreichung des Zustandes der Sättigung* als springender Punkt eines Vorganges bietet im Lehrstoff immer wiederkehrende Gelegenheiten zur Demonstration der qualitativen Veränderungen. In Frage kommen hier der gesättigte Dampf und die gesättigte Flüssigkeit, die magnetische Sättigung ferromagnetischer Stoffe und im Zusammenhang mit dieser die Hysterese; der Curie-Punkt, bei dessen Überschreitung sich die magnetische

Suszeptibilität plötzlich und sprunghaft ändert; der Barkhausen-Effekt, d. h. die bekannte Erscheinung, daß sich die Magnetisierung ferromagnetischer Stoffe unter bestimmten Umständen sprunghaft ändert; die mit wachsender Spannung eintretende Sättigung des nicht selbständigen Entladestromes, wie sie in Gasen vor sich geht, und als zweiter Sprung der Umschlag der unselbständigen Entladung in eine selbständige beim Einsetzen der Stoßionisation; die Funkenentladung im gasgefüllten Raum bei höherem Druck oder schließlich die Förderung der unselbständigen Entladung durch die aus der Glühkathode emittierten Elektronen. Der Umstand, daß der Sättigungszustand nicht sofort, sondern in endlicher Zeit eintritt, zeigt für sich allein, daß sich die Veränderungen auch in diesen Fällen erst um den Preis der Überwindung von Gegenteilenden einstellen.

Es wäre also wünschenswert, daß der Vortragende — der unter einer solchen Vielzahl von Möglichkeiten wählen kann —, seinen Hörern unmißverständlich darlege, daß er ihnen *dialektische* Kenntnisse von *dialektischen* Tatsachen vermittelt.

## 2. Die Frage des Determinismus und des Indeterminismus im Physikunterricht

In den zwei gegensätzlichen Konzeptionen, die sich in den Diskussionen um das *Kausalitätsprinzip* herausgebildet haben, vertreten die Kolleghefte dezidiert den Standpunkt des Determinismus. Indessen ist diese Stellungnahme nicht ganz eindeutig positiv, weil sie in mancher Hinsicht an den LAPLACESchen mechanischen Determinismus erinnert und aus diesem Grunde dem Indeterminismus gegenüber nicht genügend wirksam ist.

Schon aus der Einleitung zum Kollegheft »Mechanik« geht diese Konzeption, die verhüllte Betonung der Ausschließlichkeit der kausalen Zusammenhänge auf der einen und die Unterschätzung der sonstigen Zusammenhänge auf der anderen Seite hervor. Die Behauptung zumindest, NEWTONS Gesetz von der Anziehung sei das erste exakt formulierte Naturgesetz gewesen, läßt auf das Vorhandensein einer derartigen Konzeption schließen. Die kinematischen Gesetze von KOPERNIKUS, KEPLER und GALILEI, die eine gewisse phänomenologische Beschreibung der Planetenbewegungen und des freien Falles und auch eine quantitative Charakterisierung der objektiven Zusammenhänge zwischen einzelnen Parametern bieten, sind gleichfalls »exakte« Naturgesetze, da sie die wesentlichen allgemeinen, sich wiederholenden und notwendigen Zusammenhänge, die in diesen Prozessen zur Geltung kommen, genau formulieren, wenngleich es sich keineswegs um kausale Zusammenhänge handelt. Was hier hervorgehoben werden müßte, ließe sich eher dahingehend zusammenfassen, daß Newtons kausale Dynamik ohne Zweifel das

Wesen der Bewegungsvorgänge tiefer erfaßt als die Kinematik, die sich lediglich auf die Beschreibung der *Erscheinungen* beschränkt, und daß die NEWTONSche Dynamik eben deshalb eine *umfassendere* theoretische Erklärung bietet, auf einer höheren Stufe der Abstraktion und Verallgemeinerung steht und sonach mit den Mitteln der mathematischen Deduktion kinematische Zusammenhänge abzuleiten ermöglicht, die man früher nur nach den Methoden der auf Erfahrungen fußenden logischen Induktion zu erschließen vermochte. Den philosophischen Satz aber, das wahre Wissen beruhe auf der Kenntnis der Ursachen, darf nicht ad absurdum geführt werden!

Im Abschnitt über die Bewegungsgleichungen des sich selbst überlassenen Massenpunktes gibt das Kollegheft »Mechanik« eine ganz klare und offene Formulierung für den Fundamentalsatz des LAPLACESchen *Determinismus*, u. zw. mit den Worten: »Die Bewegung ist also eindeutig bestimmt, wenn Ausgangspunkt und Geschwindigkeit gegeben sind«. Legen wir jedoch die Bedingungen für die Gültigkeit einer Wahrheit nicht genau fest, so können wir leicht den Boden verlieren und dem Indeterminismus verfallen. Hier müßte also hervorgehoben werden, daß der »sich selbst überlassene Massenpunkt« eine weitgehende — allerdings überaus nützliche — Abstraktion darstellt. In Wirklichkeit können nur physikalische Körper annähernd so bezeichnet werden, deren Ausdehnung im Vergleich zu ihrer Entfernung von anderen Körpern ebenso vernachlässigbar klein ist wie im Verhältnis zur Länge der Bahn ihrer eigenen mechanischen Bewegung. In der Beschreibung der Planetenbewegung und ihre Gesetzmäßigkeiten, wie sie in der »Himmlichen Mechanik« von Laplace dargelegt ist, hat sich diese mechanistische Auffassung vom Determinismus deshalb als erfolgreich erwiesen, weil sie eben auf die Bewegungserscheinungen bei derartigen Körpern bezogen ist. Die Erfolge des Laplaceschen Determinismus (Vorausberechnung des Zeitpunktes von Sonnen- und Mondfinsternissen, Berechnung der Bahn von Planeten und Kometen, Entdeckung des Neptuns, Vorausberechnungen zu dem Zweck, die Sputniks und Luniks auf ihre Bahn zu bringen) könnten denn auch im Kollegheft erwähnt werden.

Andererseits müßte sich aber das Kollegheft von den vergeblichen Versuchen distanzieren, den Laplaceschen Determinismus über die ihm gesetzten eigenen Schranken hinaus zur Geltung zu bringen. Manchenorts findet sich jedoch das gerade Gegenteil hiervon. In den Ausführungen des Kollegheftes »Thermodynamik« über die Beziehungen zwischen dem Makro- und dem Mikrozustand von Gasen lesen wir wörtlich:

»Will man einen Körper seiner molekularen bzw. atomaren Struktur nach mechanisch eindeutig definieren, so muß man die Lage (die Koordinaten) und die Geschwindigkeit jeder seiner Korpuskeln im gegebenen Augenblick angeben. Damit ist nach den Regeln der Mechanik zugleich auch bestimmt, was mit dem System weiter geschieht.«

Diesen Ausführungen bzw. der in ihnen verborgenen mechanisch materiellen philosophischen Stellungnahme kann keineswegs beigeprüft werden! Das Gasmolekül ist keineswegs als »sich selbst überlassener Massenpunkt« anzusehen, und der Makrozustand als Moment eines *thermodynamischen Prozesses* läßt sich keineswegs einfach mit dem statistischen Durchschnitt jener Momente (Mikrozustände) identifizieren, die man aus den *mechanischen* Vorgängen der Punktsysteme herausgreift. In dieser Konzeption findet nur die eine Seite der widersprüchlichen Beziehungen zwischen mechanischem und thermodynamischem Vorgang, nur die eine Seite ihrer Einheit und qualitativen Unterschiedlichkeit, nämlich die zwischen ihnen bestehende Einheit ihre Anerkennung.

In Wirklichkeit aber ist der thermodynamische Vorgang die *dialektische Negation* des mechanischen Prozesses, der hier »sowohl überwunden als auch aufbewahrt« wird. Die Vielzahl der zwischen den Molekülen des thermodynamischen Systems ständig vor sich gehenden elastischen Stöße und anderweitigen Wechselwirkungen schlägt schließlich in eine qualitative Veränderung um. Vergleicht man nur den Makro-Zustand d. h. ein herausgegriffenes diskretes Moment des thermodynamischen Vorgangs mit dem Mikro-Zustand, d. h. mit einem herausgegriffenen diskreten Moment des mechanischen Vorganges — bringt man also in Gedanken beide Vorgänge zum Stehen —, dann hebt sich in der Tat die Einheit zwischen beiden Vorgängen hervor. Objektive ist indessen die Beziehung der beiden Erscheinungen zueinander eine vorgangsmäßige und solcherart tritt nun neben der Einheit die qualitative Unterschiedlichkeit in den Vordergrund. Die Temperatur als makroskopische Zustandsgröße des thermodynamischen Systems hängt natürlich mit den mikroskopischen, mechanischen Zustandsgrößen der Moleküle zusammen, die das System bilden, liefert sie doch quantitative Angaben statistischer Natur zur Kennzeichnung der zahlreichen Wechselwirkungen zwischen den Molekeln, doch zeigt die Notwendigkeit der Einführung eines neuen Parameters für sich allein die qualitative Verschiedenheit des thermodynamischen und des mechanischen Vorganges an. Auch in der großen Vielfalt der Wechselwirkungen drückt sich die qualitative Verschiedenheit der Wärmeenergie von der mechanischen Energie aus. Ein aus einer verschwindend geringen Zahl von Molekülen bestehendes, andererseits aber relativ voluminöses »System« hat im Grunde genommen weder eine Temperatur, noch eine Wärmeenergie.

Die *Gesetzmäßigkeiten*, denen die Zusammenhänge zwischen den quantitativen Seiten der thermodynamischen Vorgänge folgen, sind gleichfalls *statistischer Natur*, was ebenfalls auf die große Vielfalt der molekularen Wechselwirkungen zurückzuführen ist. Dies ist im Kollegheft auch erwähnt, doch fehlt die Hervorhebung der Tatsache, daß auch die statistischen, die Wahrscheinlichkeitsgesetze die Determiniertheit des gegebenen Vorganges zum Ausdruck bringen, bloß ist es eben eine weit verwickeltere Form der Determiniertheit,

die hier niedergelegt ist, als die Determiniertheit in den für gründlich vereinfachte Grenzfälle gültigen Kausalgesetzen der klassischen Dynamik.

In den dynamisch-kausalen Gesetzen findet jene Laplacesche philosophische Konzeption ihren Niederschlag, daß zwischen zwei Erscheinungen jeweils ein einfacher und eindeutiger kausaler Zusammenhang besteht, der sich mathematisch durch eine Funktion mit einer Veränderlichen ausdrücken läßt, u. zw. derart, daß die Ursache stets das Argument, die Folge hingegen die veränderliche Variable der Funktion darstellt und daß diese beiden ihre Rolle niemals vertauschen können. Diese Gesetze bringen natürlich reale, objektive Zusammenhänge zum Ausdruck, jedoch bloß herausgegriffene Zusammenhänge in einseitiger Betrachtungsweise und mit beschränkter Gültigkeit. Die statistischen Gesetze bieten eine weit bessere Annäherung an die objektive Realität. Jede Erscheinung der materiellen Welt stellt nämlich in Wirklichkeit eine komplizierte Funktion unendlich vieler Variabler dar, die jedoch weder voneinander, noch von der gegebenen Erscheinung unabhängig sind. Freilich finden sich unter diesen funktionellen Verknüpfungen wesentliche, weniger wesentliche und ganz unwesentliche. In den statistischen Gesetzen spiegeln sich die Tendenzen und Gegenteilstendenzen, wie sie als Resultante der wesentlichsten wechselseitigen Zusammenhänge des gegebenen Vorganges zutage treten. Hiervon war weiter oben in den Ausführungen über das Gesetz der Entropie bereits die Rede. *Die statistischen Gesetze tragen also Tendenz-Charakter, und die durch sie widergespiegelte Grundtendenz bringt eine objektive Determiniertheit zum Ausdruck*, aber eine Determiniertheit dialektischer Natur, die auch andere Tendenzen, ja selbst Gegenteilstendenzen erschließt. Hierin unterscheidet sich die dialektisch-materialistische Konzeption des Determinismus von der Laplaceschen mechanischen Konzeption. Es wäre wünschenswert, diesen Unterschied auch in den erwähnten Abschnitten des Kollegheftes zum Ausdruck zu bringen.

In diesem Zusammenhang sollte es möglich sein, auf die objektive Dialektik *der Notwendigkeit* und *der Zufälligkeit* hinzuweisen, wie sie auch in den statistischen Gesetzen zum Ausdruck gelangt. Die *mechanischen* Bewegungen der *einzelnen* Moleküle innerhalb eines im ganzen System vor sich gehenden thermodynamischen Prozesses folgen objektiv dem Zufall, durch diese Zufälle hindurch gelangt aber dennoch mit objektiver Notwendigkeit das statistische Gesetz zur Geltung das die makroskopischen Zustandsänderungen des Systems determiniert, wie etwa das allgemeine Gasgesetz von den Zusammenhängen zwischen Druck, Volumen und Temperatur. Auch im Abschnitt über den Vorgang des radioaktiven Zerfalls im Kollegheft »Atomphysik« ließe sich die Dialektik der Notwendigkeit und der Zufälligkeit hervorheben: Indem auch das Gesetz vom Zerfall durch den *zufälligen* Zerfall der einzelnen Atomkerne zur Geltung kommt, *determiniert es mit objektiver Notwendigkeit* den makroskopischen Zustand des gegebenen radioaktiven Stoffes und die Größe seiner Masse.

Die große Bedeutung der richtigen Bewertung des Laplaceschen Determinismus liegt eben in ihrer Eignung zur Ablehnung des Indeterminismus. Das Mikroteilchen hat »keinen freien Willen«, trotzdem die mechanistische Form der Kausalität in der Mikrophysik in der Tat nicht zur Geltung kommt. Dennoch sind die mikrophysikalischen Vorgänge *determinierte Vorgänge*, in denen Gesetzmäßigkeiten, d. h. wesentliche, allgemeine, sich wiederholende und notwendige Zusammenhänge zur Geltung kommen. Dies festzuhalten wäre für die weltanschauliche Erziehung der Hörerschaft äußerst wichtig und notwendig.

Unsere Hörer belegen Vorlesungen in der Elektronenphysik und machen sich hierbei mit den grundlegenden Kategorien und Zusammenhängen der Quantenmechanik, u. a. auch mit der *Heisenbergschen Unschärferelation* vertraut. Sie erfahren also, daß das Mikroteilchen einen um so unbestimmteren Impulswert aufweist, je kleiner der räumliche Bereich, in welchem es sich aufhält, und daß umgekehrt seine räumliche Lage um so unbestimmter ist, je bestimmter der Wert des Impulses. Hat man dem Hörer schon in seinen vorangegangenen physikalischen Studien klar gemacht, daß dies den mikrophysikalischen Vorgang noch keineswegs zu einem indeterministischen macht, so wird er vor einem weltanschaulichen Chaos bewahrt bleiben.

Der Physiker hat es auch sonst in der Hand, dem Hörer mit Erfolg weltanschauliche Erziehung zu vermitteln, wenn er ihm die verwickelten und widersprüchlichen Beziehungen zwischen den unterschiedlichen Bewegungserscheinungen erläutert. Zwischen der mechanischen Bewegung der makroskopischen Körper, zwischen den molekularen und den mikrophysikalischen Vorgängen gibt es eine Einheit, doch gibt es zwischen ihnen auch qualitative Unterschiede! Die zwischen ihnen bestehende Einheit tritt unter anderen darin in Erscheinung, daß sie nicht voneinander isoliert ablaufen, sondern im Grunde genommen als Teilerscheinungen eines und desselben komplexen Prozesses, miteinander eng verflochten sind und ineinander umschlagen, jedenfalls aber auf deterministische Art. Der zwischen ihnen bestehende qualitative Unterschied hingegen äußert sich unter anderem eben in den voneinander verschiedenen Formen, in denen sich der Determinismus geltend macht, darin also, daß in dem einen Typus der Vorgänge Wechselwirkungen anderer Art und Zahl auftreten als im anderen Typus, daß die quantitativen Seiten des Ablaufs der einen Erscheinung durch Parameter anderer Art gekennzeichnet sind als bei anderen Erscheinungen; dementsprechend sind weder die Molekeln, noch die Atome, noch auch die Mikroteilchen einfach verkleinerte Ebenbilder der physikalischen Körper und decken keinesfalls den klassischen Begriff des »Massenpunktes«. Weder läßt sich der molekulare thermodynamische Prozeß mit der mechanischen Bewegung kleiner Billiardkugeln identifizieren, noch lassen sich die Vorgänge im elektromagnetischen Feld mit den Wellenbewegungen fester, flüssiger oder gasförmiger Stoffe

gleichsetzen, und ebensowenig kommt eine Identifizierung der korpuskularen Strahlung etwa mit dem Steinhagel eines Vulkanausbruchs oder die Identifizierung des elektrischen Stromes mit der Strömung einer Flüssigkeit in Frage. Den qualitativen Unterschied der Bewegungsformen beweist auch der Dualismus der mikrophysikalischen Vorgänge, der Widerspruch zwischen Korpuskelcharakter und Wellencharakter, wie dies im Kollegheft »Optik« auch erwähnt ist. Die Darlegung all dieser Zusammenhänge wäre geeignet, der Ablehnung des Indeterminismus, dem Verständnis um die Beschränktheit des mechanischen Determinismus, der Ausgestaltung der dialektisch-materialistischen Weltanschauung und nicht zuletzt insbesondere der Verständlichmachung der Untrennbarkeit von Materie und Bewegung einen großen Dienst zu erweisen.

### 3. Die philosophischen Probleme der Relativitätstheorie im Physikunterricht

In der Frage von Raum und Zeit bietet die moderne Physik erkenntnistheoretische Möglichkeiten für dreierlei Interpretationen:

a) *Der subjektiv idealistischen Interpretation* zufolge sind Raum und Zeit mit den Sinneswahrnehmungen des beobachtenden Subjektes verknüpft, jeden objektiven Gehaltbare subjektive Erlebnisformen. Nach der Formulierung von *Mach* sind Raum und Zeit wohlgeordnete Systeme von Empfindungsreihen.

b) *Der objektiv idealistischen Interpretation* gemäß verschmelzen Raum und Zeit in einem vier-dimensionalen Kontinuum, welches das primär geistige Wesen der veränderlichen Zahlenvierier und jener Differentialgleichungen verwirklicht, in denen die Veränderungen dieser Zahlenvierier zum Ausdruck gelangen. Dieses vierdimensionale Kontinuum stellt eine objektive, jedoch geistige Realität dar, die physikalische Veränderungen auszulösen vermag und erleiden kann, indem es die in ihm bewegten dreidimensionalen Räume im gravitationslosen Raum in allen ihren Teilen zusammendrückt, im Gravitationsfeld krümmt, die in ihm bewegten eindimensionalen Zeiten hingegen in allen ihren Teilen ausdehnt. Die Veränderungen, die in den räumlichen und zeitlichen Eigenschaften bewegter materieller Systeme eintreten, sind dieser Auffassung nach lediglich Erscheinungsformen jener Veränderungen, die in dem mit objektiv ideellem Wesen ausgestatteten Raum-Zeit-Kontinuum vor sich gehen.

c) *Im Sinne der dialektisch-materialistischen Interpretation* sind Raum und Zeit objektive Daseinsformen der bewegten, veränderlichen Materie. Der dialektisch-materialistischen Auffassung zufolge erfährt also nicht der »bewegte« Raum eine Zusammendrückung und nicht die »bewegte« Zeit eine Dehnung, vielmehr kommt es als Folge der Beschleunigung zu Veränderungen im

dynamischen Gleichgewicht des bewegten materiellen Systems. Und weiter: In dialektisch-materialistischer Sicht stellt innerhalb der Wechselwirkung zwischen Materie einerseits, und Raum und Zeit andererseits die bewegte Materie (als inhaltliche Seite) das bestimmende Element dar, während Raum und Zeit (d. h. die formelle Seite) lediglich eine Rückwirkung auf die Materie ausüben. So bestimmt beispielsweise das Gravitationsfeld den räumlichen und zeitlichen Verlauf der Bewegung der physikalischen Körper, indem es Größe und Richtung ihrer Geschwindigkeit in ganz bestimmter Weise ändert. Jene raumzeitliche Konfiguration hingegen, die unter dem Einfluß dieser Einwirkungen zustande kommt, ändert auch den ursprünglichen Zustand des gegebenen Gravitationsfeldes selbst. Das Gravitationsfeld ändert ferner auch die räumlichen und zeitlichen Eigenschaften der Fortpflanzung des elektromagnetischen Feldes (z. B. des Lichtstrahles), ohne daß dies freilich bedeuten würde, daß das Gravitationsfeld selbst und mit ihm der Raum selbst eine gekrümmte Gestalt annimmt.

Für die Ausgestaltung der Weltanschauung unserer Hörer ist es natürlich durchaus nicht belanglos, welche dieser Konzeption ihm im Zuge seines Physikstudiums von seinem Lehrer vermittelt wird. Leider distanzieren sich die Abschnitte über die Relativitätstheorie weder in den Universitätslehrbüchern, noch in den Kollegheften — die Kolleghefte unserer Technischen Universität mit inbegriffen —, mit der erforderlichen Klarheit von der subjektiven und der objektiv idealistischen Interpretation.

Das Kollegheft über die Relativitätstheorie exponiert bei Behandlung der speziellen Relativitätstheorie die Relativität des Längenmaßes und des Zeitintervalls nicht als objektive Abhängigkeit der räumlichen und zeitlichen Kennwerte einer abgelaufenen Erscheinung von ihren sonstigen *objektiven* Zustandsgrößen, bzw. als objektive Abhängigkeit vom *objektiven Zustand* der gegenständlichen Erscheinung, wie er durch diese Zustandsgrößen gekennzeichnet ist, sondern übernimmt Einsteins eigene, etwas machistisch angehauchte Formulierung und spricht statt von der Unterschiedlichkeit des objektiven Verhältnisses von der Unterschiedlichkeit der subjektiven Vergleichung:

»Die in der Bewegungsrichtung gelegene Abmessung des bewegten Körpers erscheint dem in bezug auf den Gegenstand ruhenden Beobachter im System K kürzer als dem Beobachter in dem mit dem Gegenstand mitbewegten System K'.«

»Die Schwingungsdauer eines Pendels wird ein Beobachter in einem dem Pendel gegenüber bewegten System als länger empfinden als jener Beobachter, in dessen System sich die Erscheinung abspielt.«

*Sagt man jedoch nur soviel*, so hat man Raum und Zeit zu Erlebnisformen, zu einem System von Erlebnisreihen erklärt. Die tatsächliche philosophische Aussage der speziellen Relativitätstheorie aber ist ganz anders geartet! Die Abhängigkeit der Länge des bewegten Stabes und der Schwingungsdauer

des Pendels vom Bewegungszustand des materiellen Bezugsobjektes stellt eine *objektive* Beziehung dar und bildet eben den Beweis dafür, daß die räumlichen und zeitlichen Gegebenheiten mit der Materie, mit der Wechselwirkung zwischen den an der gegebenen Erscheinung beteiligten materiellen Objekten und mit den Veränderungen im dynamischen Gleichgewicht der beschleunigten materiellen Systeme untrennbar verknüpft sind. Raum und Zeit sind also in der Tat *Ausdrucksformen der objektiven Existenz der Materie*, diese mit dem Standpunkt des dialektischen Materialismus identische Schlußfolgerung zieht jedoch das Kollegheft nicht.

In der Frage des vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuums geht das Kollegheft nicht in Einzelheiten ein, doch lehnt es auch nicht in unmißverständlicher Weise jene objektiv idealistische Konzeption ab, die die Daseinsform vom materiellen Inhalt loslöst, verselbständigt, zu einer ideellen umwandelt und mit physikalischen Funktionen ausstattet. Der absolute Charakter des gravitationslosen Kontinuums der speziellen Relativitätstheorie sowie die Invarianz seiner Intervalle erfährt im Kollegheft lediglich eine mathematische Formulierung, ja selbst diese beschränkt sich nur auf das Intervall gleich Null. Ob die von Null verschiedenen Raum-Zeit-Intervalle die formelle Seite irgendeines materiellen Inhaltes zum Ausdruck bringen, bleibt unerwähnt, obwohl es in Einsteins Konzeption eben das invariante Raum-Zeit-Intervall ist, das je nach dem unterschiedlichen Bewegungszustand des Raumes und der Zeit der einzelnen Koordinatensysteme die je getrennt betrachtete Veränderlichkeit des Raumintervalls und des Zeitintervalls zwischen den zwei elementaren Ereignissen verursacht.

Vom gekrümmten RIEMANNschen Kontinuum der allgemeinen Relativitätstheorie spricht das Kollegheft »*Grundsätze der Mechanik*« als von einer *Supposition* Einsteins, und auch in diesem Falle findet sich im Kollegheft weder eine bestimmte Annahme, noch eine dezidierte Ablehnung. In dieser Frage läßt sich indessen die weltanschauliche Stellungnahme keineswegs umgehen, denn aus ihr folgen die Konzeptionen vom »quasisphärischen Raum«, von der »endlichen, aber unbegrenzten Welt« und von dem mit dieser eng zusammenhängenden »expandierenden Weltall«, die die Tore der Wissenschaft den Eindringungsversuchen der idealistischen Mystifikation und des Fideismus sperrangelweit öffnen.

Das Kollegheft bringt zur Bestätigung der allgemeinen Relativitätstheorie die üblichen experimentellen Beweise, so beispielsweise die Ablenkung der Lichtstrahlen von ihrem geraden Weg in starken Gravitationsfeldern. Tatsächlich stellt in diesem Teil der Einsteinschen Theorie die Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit vom Gravitationspotential und die dadurch bedingte Ablenkung der Lichtstrahlen ein *physikalisches Gesetz* mit materiellem Gehalt dar. Die Folgerung aber, die hieraus gezogen wird, daß sich nämlich der dreidimensionale Raum in der vierten Dimension »in sich selbst schließt«, ist nicht mehr

Physik, sondern objektiv idealistische *Philosophie*, die zum Fideismus führt. Und ähnlich ist die sich entfernende Bewegung der kosmischen Objekte in dem unserer Beobachtung zugänglichen räumlichen Bereich — eine *physikalische Tatsache*. Dies jedoch so zu deuten, daß sich der dreidimensionale Raum selbst als selbständiges Kontinuum im Zustand der Expansion befinde und daß er es sei, der die Himmelskörper »mit sich reißt«, ist wieder nur eine Mystifikation, die sich durch Gebrauch fiktiver Größenbegriffe, wie etwa der »mittleren Dichte« des Weltalls, des »Halbmessers des Kosmos« und der »seit Beginn der Expansion des Weltalls verstrichenen Zeit«, den Anschein der Exaktheit zu geben trachtet. Solange es die Physiker nicht verstehen werden, daß die klar abgefaßte Ablehnung derartiger modischer Mystifikationen auch im elementaren Interesse der Wissenschaft selbst gelegen ist, wird ihre weltanschauliche Erziehungsarbeit niemals konsequent sein.

Die objektiv idealistische Deutung der Relativitätstheorie wirkt sich insofern auch auf die Frage der Äquivalenz von Masse und Energie aus, als hinter dem mathematischen Apparat im großen und ganzen auch hier der physikalische Gehalt verlorengeht. Das Kollegheft »Mechanik« definiert die träge und die schwere Masse ausschließlich als numerische Faktoren. Auch der Energie »geht es nicht besser: Sowohl die kinetische als auch die potentielle Energie scheinen hier als platonische Ideen, als leere mathematische Formeln auf. Die zum Geistigen umgewandelte Masse und Energie gehen sodann im Kollegheft »Relativitätstheorie« sowie im Abschnitt vom Massendefekt der Atomkerne im Kollegheft »Atomphysik« unschwer ineinander über. Hier macht sich in der modernen Physik die philosophische Linie von PLATON—LEIBNIZ—HEGEL—OSTWALD—EINSTEIN die von Gott »prästabilisierte Harmonie« zwischen Masse und Energie geltend, in deren Rahmen sie sich gegenseitig darzustellen vermögen.

Masse und Energie sind indessen keine abstrakte geistige Wesenheiten, sondern *materielle* Eigenschaften physikalischer Objekte. Die Masse ist also keineswegs die Erscheinungsform der Energie und umgekehrt, vielmehr sind beide die Erscheinungsformen ein und desselben *materiellen Gehaltes*, des physikalischen Objekts, gleichviel, ob dieses Korpuskel- oder Feldcharakter trägt. In der Masse äußert sich Trägheit und Gravitationsfähigkeit des physikalischen Objekts, in der Energie hingegen sein Vermögen, Arbeit zu leisten u. zw. in einem selbstverständlich überaus engen wechselseitigen Zusammenhang. Aus dem Prinzip der Äquivalenz geht klar hervor, daß es weder eine Masse ohne Energie, noch Energie ohne Masse gibt. Ebenso klar ist es auch, daß jede Übergabe von Masse mit einer Übertragung von Energie einhergeht und umgekehrt. Hierin liegt ein wichtiger Beweis für die Untrennbarkeit von Materie und Bewegung, und keineswegs ein Beweis dafür, daß die Masse nur eine Erscheinungsform der Energie bildete, oder daß die Masse sich in Energie, diese hingegen in Masse umwandelte.

Bei den Korpuskel-Feld-Umwandlungen geht die Masse gleichfalls in Masse, die Energie in Energie über. Auch beim Massendefekt handelt es sich hierum: Die Fusion der Nukleonen läßt ein Kernfeld entstehen, das ebenso wenig als »reine Energie« anzusehen ist, wie andererseits die Quanten des elektromagnetischen Feldes, die Photonen und die Quanten des Kernfeldes, die Mesonen, nicht nur Träger der Energie, sondern auch der Masse sind. Aus der Vereinigung der Protonen und Neutronen geht gleichfalls nicht nur der *korpuskulare Kern* hervor, sondern es entsteht auch das *Kernfeld*, und dieses übernimmt sowohl seine Energie als auch seine Masse von den zusammentretenden Nukleonen, während es bei der Spaltung diesen beide zurückgibt. In jeder dieser Umwandlungen kommt das Prinzip der Erhaltung der Masse und das Prinzip der Erhaltung der Energie auch je für sich zur Geltung.

In diesem Fall wird es genügend deutlich, daß die Ungeklärtheit der *weltanschaulichen* Stellungnahme auch den *physikalischen* Inhalt des Unterrichts unmittelbar und schädlich beeinflußt. Mit der falschen Konzeption des Energetismus muß der Lehrstuhl für Physik an der Technischen Universität Budapest ebenso mutig brechen, wie wir dies bei Professor T. Erdey-Grúz (»Ungarische Wissenschaft« 9, 463, 1960) gesehen haben, oder wie es von seiten des Kollektivs im Institut für Theoretische Physik an der Loránd-Eötvös-Universität geschehen ist (»Valóság«, 3, 9, 1960).

#### 4. Einige erkenntnistheoretische Fragen des Physikunterrichts

In der *weltanschaulich-erzieherischen* Wirkung des Physikunterrichts kommt der Ausgestaltung richtiger *erkenntnistheoretischer* Ansichten besondere Bedeutung zu. Das Studium der Physik muß den Standpunkt festigen, daß die Welt nicht aus »Dingen an sich« besteht, sondern auch in ihrem tiefsten Wesen erforscht werden kann, daß es also auf der Welt prinzipiell nichts gibt, was für den Menschen unerforschlich bliebe. Ebenso deutlich muß es aber auch werden, daß die Erkenntnis der Welt einen außerordentlich *verwickelten, widersprüchlichen Vorgang* darstellt, in welchem *Wahrnehmung und Denken* eine dialektische Einheit bilden, und der über die *relativen Wahrheiten asymptotisch* der *absoluten und vollen Wahrheit* zustrebt. Auch muß das Studium der Physik zu der Feststellung führen, daß unsere Erkenntnisse — ihrer Quelle nach — keine apriorische, subjektive Vernunftkonstruktionen, auch keine durch mystische, übernatürliche Kräfte in unser Bewußtsein hineingeschmuggelte Ideen sind, sondern durch die objektive, *materielle Wirklichkeit ausgelöste und diese widerspiegelnde* Bewußtseinsinhalte, mögen sie bisweilen auch die Gestalt eines noch so abstrakten mathematischen Apparates annehmen. Auch darüber kann kein Zweifel bestehen, daß die Entwicklung unserer physikalischen Kenntnisse das Ergebnis der Wechselwirkung zwischen Praxis und Theorie bildet: Aus den Anforderungen der Praxis entsteht die Theorie,

die wieder rückwirkend die Praxis beeinflusst, und die Physik von heute wird zur Technik von morgen.

Die Ausgestaltung und Festigung dieser erkenntnistheoretischen Ansichten erwarten wir mit Recht auch vom Physikunterricht an der Technischen Universität, berufen sich doch die Verkünder des modernen Agnostizismus mit Vorliebe auf die moderne Physik, die ihrer Auffassung nach eben die Unmöglichkeit einer Erkennung der Welt beweist.

Häufig argumentieren sie u. a. damit, unsere Sinnesorgane seien sehr unvollkommene Einrichtungen, teils weil sie uns nur von einem relativ engen Bereich der Erscheinungen dieser Welt Nachrichten vermitteln, teils weil ihre Funktion selbst die Erscheinungen dieses engen Bereiches nur in sehr beschränktem Maße und häufig in täuschender Weise erkennen läßt.

Die Physik vermag dieses Argument konkret zu widerlegen. Das Kollegheft »Thermodynamik« z. B. verfährt in seinem Abschnitt von der Temperaturmessung durchaus richtig, wenn es ausführt, daß Wärmeerscheinungen durch das Tastgefühl zwar nur sehr ungenau und beschränkt empfunden werden, daß es aber dennoch Möglichkeiten gibt, die Wärmeerscheinungen durch Ausnützung jener objektiven Wechselwirkungen zu erkennen, die gut wahrnehmbare und meßbare Veränderungen hervorrufen, wie etwa die Ausdehnung infolge Temperaturerhöhung.

Auch die Erläuterungen über optische Instrumente müßten Gelegenheit zu Hinweisen darauf bieten, welche historische Bedeutung ihrer Entdeckung für die Erkennung ganz kleiner oder sehr weit entfernter Objekte zukam, die mit unbewaffnetem Auge niemals hätten erforscht werden können. Die wissenschaftlichen Erfolge KOPERNIKUS', KEPLERS, GALILEIS, NEWTONS und anderer sind eng mit diesen Geräten verknüpft, die unser Sehen nach zwei Richtungen (nach sehr großen und sehr kleinen Entfernungen) ausweiten.

Der Lehrstoff enthält auch sonst Beschreibungen überaus zahlreicher Instrumente und Geräte, die die wahrnehmbaren Wechselwirkungen gewisser, unmittelbar nicht wahrnehmbarer Erscheinungen der Beobachtung erschließen. Zu diesen Geräten zählen u. a. im Kollegheft »Optik« das Ultramikroskop, das Kristallgitter und die Photozelle, im Kollegheft »Elektrodynamik« die Braunsche Röhre, das Elektronenmikroskop, die verschiedenen Galvanometer, Volt- und Wattmeter, im Kollegheft »Atomphysik« der Szintillationsschirm, die Vorrichtung für den Franck-Hertz-Versuch, die Wilsonsche Nebelkammer, usw. Überaus nützlich wäre es, wenn die Kolleghefte die Beschreibung einiger wichtigerer Geräte zum Anlaß nehmen würden, darauf hinzuweisen, daß die Entwicklung der Physik und der Instrumententechnik in zunehmenden Umfang jene Schwierigkeiten aus dem Weg räumt, die die Beschränktheit unserer Sinnesorgane in der Erkenntnis der Welt tatsächlich verursacht.

Die Positivisten der Kopenhagener Schule pflegen dem das Gegenargument entgegenzuhalten, die Wahrnehmung der Wechselwirkungen sei nicht

identisch mit der Beobachtung des *ursprünglichen Vorganges* selbst. Zumindest die makroskopischen Instrumente der Mikrophysik seien es, die den zu messenden Vorgang in grober und unkontrollierbarer Weise stören, so daß man ihn in seiner »Reinheit« als »sich selbst überlassenen« oder als Prozeß »an sich« grundsätzlich niemals wird erkennen können. Demnach wären also die Instrumente nicht Helfer, sondern Vereitler der Erkennung und Umwandlung der Welt. Diese irrige agnostische Ansicht wird freilich in erster Linie durch das praktische Leben selbst widerlegt. Die Laboratoriums- und Betriebserfolge der elektronischen und der kernenergetischen Industrie, der Automatisierung und der Isotopentechnik konnten u. a. deshalb erzielt werden, weil wir mit Hilfe unserer Instrumente die objektiven Gesetzmäßigkeiten der Mikrophysik richtig erschlossen und erkannt und sie anzuwenden verstanden haben.

Indessen kann und muß die Unhaltbarkeit solcher Konzeptionen auch anhand theoretischer Überlegungen klar nachgewiesen werden. *Zum ersten* ist in der Mikrophysik die Abstraktion des jeder Wechselwirkung baren, reinen, individuellen Vorganges »an sich« unhaltbar. Diese Abstraktion hat sich als nützlich erwiesen in der klassischen Mechanik, in der der störende Einfluß der Wechselwirkungen mit relativ hoher Genauigkeit berücksichtigt und in einzelnen Fällen auch ausgeschaltet werden konnte. Auch Galilei erforschte die Gesetze des freien Falls, indem er den störenden Einfluß des Luftwiderstandes ausschaltete. Die Keplerschen Gesetze beschreiben die Planetenbewegung, ohne die Wechselwirkung der Planeten untereinander zu berücksichtigen. In der Molekular- und der Mikrophysik haben sich jedoch das individuelle Dasein und die individuelle Bewegung der Objekte für sich in der überwiegenden Mehrzahl der Erscheinungsfälle als eine Abstraktion erwiesen, die von der Wirklichkeit viel zu weit abbrückt, äußert sich doch die Wirklichkeit eben in Vorgängen, die aus unablässiger und in Massen auftretenden Wechselwirkungen stammen und durch statistische Gesetzmäßigkeiten determiniert sind.

*Zum zweiten:* In der physikalischen Erkenntnis wird selbst die einfache Sinnesbeobachtung nur dadurch ermöglicht, daß unser Wahrnehmungsapparat und der beobachtete materielle Vorgang miteinander in *Wechselwirkung* gelangen, in deren Rahmen sich primär die mechanischen und physikalischen Wechselwirkungen abspielen. Mit unseren Versuchseinrichtungen und Meßgeräten müssen wir in mittelbarer Form das Zustandekommen eben dieser Wechselwirkungen erzwingen in all jenen Fällen, in denen die Wechselwirkung in ihrer ursprünglichen Form entweder überhaupt nicht, oder nur schwach und ungenau wahrgenommen werden könnte. Selbstverständlich führt die Wechselwirkung zwischen Instrument und ursprünglichem Vorgang *in allen Fällen* zu einer *Störung* des letzteren, doch schafft hierbei nicht das Bewußtsein, der Geist die Außenwelt (und formt sie auch nicht nach seinem Ebenbild), sondern das eine Objekt der Außenwelt formt das andere Objekt der Außen-

welt, das Bewußtsein aber *spiegelt diese objektive Wechselwirkung wider. Die Störung des Vorganges bildet also geradeswegs die unerläßliche Voraussetzung für seine Erkennung*, wemgleich sie diese in gewisser Hinsicht ohne Zweifel auch erschwert, u. zw. in der Makrophysik in geringerem, in der Mikrophysik in größerem Umfang.

Zum dritten: Die physikalische Erkenntnis beschränkt sich natürlich nicht auf die *Wahrnehmung der Erscheinung*, sondern erschließt durch die physikalischen Theorien auch das *Wesen*, das sich hinter der Erscheinung verbirgt. Das theoretische Denken befähigt uns, aus der Wechselwirkung zwischen dem Instrument und dem zu erkennenden Vorgang auch Schlüsse darauf zu ziehen, wie sich der ursprüngliche Vorgang ohne die störende Einwirkung des Instruments abspielt, welche *dynamischen* Gesetzmäßigkeiten es sind, die den Ablauf des Vorganges determinieren, wenn *eine* bestimmte Wechselwirkung in ihm dominiert, während die anderweitigen Wechselwirkungen — einschließlich derjenigen des Instruments — nur schwach zur Geltung kommen, und welche *statistischen* Gesetzmäßigkeiten den Ablauf des Vorganges determinieren, wenn das Gegenteil der Fall ist.

Im Zusammenhang mit der Problematik des Determinismus und des Indeterminismus sprachen wir bereits von der Heisenbergschen Unschärferelation, die einen objektiven Zusammenhang zum Ausdruck bringt und im Grunde genommen den Dualismus von Welle und Korpuskel widerspiegelt. Je kleiner der räumliche Bereich, in welchem sich ein Teilchen zu einem gegebenen Zeitpunkt aufhält (z. B. beim Durchgang durch einen schmalen Spalt), um so unbestimmter wird (infolge der Diffraktion) sein Impulsvektor. Und umgekehrt: Je bestimmter der Impulswert (etwa beim Ausstoß eines Elektrons aus der Kathode der Photozelle durch den Photoeffekt eines Lichtstrahlenbündels bestimmter Frequenz), um so unbestimmter ist die Stelle des Ausstoßes. Diesen objektiven Zusammenhang *formuliert* indessen Heisenberg *in dem Sinne, daß der Beobachter außerstande sei*, gleichzeitig sowohl die Lagekoordinaten des Teilchens als auch dessen Impuls zu messen, und erklärt zur *Deutung* dieser Tatsache, *sie sei eine Folge* der unkontrollierbaren Wechselwirkung zwischen Teilchen und Instrument, d. h. *einer groben Störung des Vorgangs*. Das Teilchen aber *hat* diese doppelte Natur ganz unabhängig davon, mit welchem Instrument man es in Wechselwirkung bringt und welche der beiden Eigenschaften man mißt. Eben die Erkennung der Unschärferelation selbst bezeugt, daß die *theoretische* Verarbeitung von Sinneswahrnehmungen auch in der Mikrophysik *objektive* Gesetzmäßigkeiten zu erschließen vermag, die sich durch eine Vielzahl verschiedenster Experimente und Messungen sichern lassen. Jener weitgehende störende Einfluß, den das makroskopische Instrument auf den mikrophysikalischen Vorgang ausübt, bildet auch in diesem Fall *die unabdingbare Voraussetzung der Erkenntnis des Vorganges*. Mit Hilfe dieser stark störenden Messungen und auf Grund ihrer theoretischen Verarbeitung,

haben die Physiker die Tatsache erschlossen, daß das mikrophysikalische Objekt noch weniger ein »Ding an sich« darstellt als das makrophysikalische Objekt, daß es also kein anderes Dasein führt als das der unaufhörlichen, aus der Wechselwirkung mit sich selbst und mit anderen Objekten fließenden Veränderung und Umwandlung. In der Mikrophysik gewinnen jene berühmten Worte MAX PLANCKS eine besondere Bedeutung, daß wir, um in der Erkenntnis der materiellen Welt Fortschritte machen zu können, in unseren Experimenten an die Natur *vernünftige* Fragen stellen und in unseren Theorien jene objektiven Antworten *richtig* deuten müßten, die uns die Natur auf unsere Fragen erteilt. Die gesamte Entwicklungsgeschichte der experimentellen und der theoretischen Physik läßt keinen Zweifel daran, daß wir die physikalische Welt zu erkennen vermögen.

Die Kolleghefte, wie sie an der Technischen Universität für die einzelnen Teilgebiete der Physik verwendet werden, vertreten im großen und ganzen diesen Standpunkt, ohne ihn freilich für die Hörer genügend offenkundig und bewußt zu machen. So demonstrieren beispielsweise in den Kollegheften »Atomphysik« und »Optik« die Abschnitte über die Wellenoptik und die Photontheorie die *Einheit der wahrnehmbaren Versuchsergebnisse und der theoretischen Überlegungen* in der Mikrophysik in vorzüglicher Weise. Noch positiver wäre jedoch die weltanschaulich erzieherische Wirkung, wenn das Kollegheft das auch klar und deutlich zum Ausdruck brächte und MACHS Standpunkt ablehnte, der die Berechtigung der Atomtheorie leugnet und dies damit begründet, daß die Atome *unmittelbar* nicht wahrgenommen werden und somit auch nicht den Gegenstand der physikalischen Forschung bilden könnten. Die Beschreibung der wahrnehmbaren Wirkungen der radioaktiven sowie der Kathoden- und Röntgenstrahlen, des photoelektrischen Effekts, des Franck—Hertz-Versuchs zum Nachweis der diskreten Energiezustände der Atome, des Stern—Gerlach- und des Einstein—de Haas-Versuchs zur Demonstration der magnetischen Eigenschaften der Atome sowie vieler anderer wahrnehmbarer Wirkungen sowie die theoretischen Schlußfolgerungen aus diesen, die in der Praxis wiederholt ihre Bestätigung fanden, liefern klare Widerlegungen der MACHSchen agnostischen Konzeption. Diese Widerlegungen warten darauf, von den Physikern selbst — nach dem Muster PLANCKS — formuliert zu werden.

Im Zusammenhang mit der erkenntnistheoretischen Bedeutung der Wahrnehmbarkeit müßte auch herausgestellt werden — und dies könnte an mehreren Stellen z. B. der Kolleghefte »Optik« und »Elektrodynamik« geschehen, — daß *der Eingriff in den Vorgang eine ausschlaggebende Vorbedingung für die vielseitige Erkennung des Vorganges darstellt*. Um beispielsweise den Wellencharakter des Lichtes oder der Röntgenstrahlung erkennen zu können, muß sie durch geeignete Einrichtungen zur Interferenz, Diffraktion oder Polarisation gezwungen werden, wogegen ihr Korpuskelcharakter erkannt werden kann, wenn man sie auf eine Photozelle auffallen läßt. In seiner Wechselwir-

kung mit einer dünnen Kristallplatte läßt der Elektronenstrahl seine Welleneigenschaften erkennen. Die Eigenschaften von para-, dia- und ferromagnetischen Stoffen lassen sich nur dann aufdecken, wenn man sie dem Einfluß eines Magnetfeldes aussetzt. Zur Wahrnehmung der verschiedenen Eigenschaften von elektrischen Leitern, wie etwa ihrer Kapazität, ihres ohmschen Widerstandes, ihrer Berührungsspannung bei Kontakt mit anderen Stoffen, ihres Selbstinduktionskoeffizienten oder ihrer Gegeninduktivität oder auch des elektrochemischen Äquivalenzwertes der Ionen usw. bedarf es wieder der Änderung ihres ursprünglichen elektrischen Zustandes durch Einschaltung einer geeigneten Stromquelle, der Registrierung dieser Änderung durch geeignete Instrumente, wobei der dem Instrument zugeführte elektrische Strom zu meist zur Verrichtung mechanischer Arbeit gezwungen wird. Dies kommt natürlich einer »Einmischung« in den Vorgang, einer »Störung« des Vorganges gleich, u. zw. selbst dann, wenn die Messung beim *Unterbleiben* der einen Wirkung vorgenommen wird, wie etwa bei der Widerstands-, Selbstinduktions- oder Kapazitätsmessung unter Verwendung einer Wheatstoneschen Brücke. Es ist aber klar, daß keine einzige dieser »Einmischungen« etwas anderes darstellt, als die Ausnützung der objektiven Gesetzmäßigkeiten jener Wechselwirkungen, die sich zwischen materiellen Objekten auch unabhängig von jedem Beobachter abspielen! Erkennt man nun aber die Wechselwirkung des gegebenen Dinges mit anderen Dingen, so erkennt man auch das gegebene Ding selbst immer mehr, und es bleibt in ihm keinerlei »Ding an sich«, das sich der Erkenntnis grundsätzlich entzöge. Weiß man, wie sich die elektrische Ladung statisch oder im Strömen verhält, welche mechanischen, thermodynamischen, magnetischen und chemischen Wirkungen sie auslöst, in welchem Zusammenhang sie mit der korpuskularen und der Feldform des Stoffes steht, usw., so ist der agnostische Seufzer, wir wüßten noch immer nicht, was denn nur die Elektrizität sei, doch wohl unbegründet.

Im Verlauf des Physikerunterrichts muß durch kurze Hinweise auf die neuesten Ergebnisse der Wissenschaft und auf ihre neuesten Forschungsrichtungen jener Satz der marxistischen Erkenntnistheorie gefestigt werden, das es für uns grundsätzlich unerforschliche Dinge nicht gibt, sondern nur Dinge, die wir *noch* nicht kennen, die wir aber mit der weiteren Entwicklung der Wissenschaft gleichfalls erkennen werden. Hier ist in erster Linie an die Untersuchungen über die Nukleonenstruktur und ganz allgemein an die Physik der großen Energien, ferner an die neuen Ergebnisse in den Erkenntnissen über den kosmischen Raum und die kosmischen Objekte (z. B. über den Mond) gedacht, die wir teils den Instrumenten, Fernsehgeräten der Raumschiffe und der elektromagnetischen Verbindung mit diesen, teils der Radioastrologie verdanken. Natürlich kann es noch nicht die Aufgabe von heute bilden, diese Ergebnisse in allen Einzelheiten vorzutragen, doch muß ihre *erkenntnistheoretische* Bedeutung ebenso herausgestellt werden, wie man immer wieder die

niemals abgeschlossene Entwicklung der Wissenschaft und der Technik und jene gewaltigen Möglichkeiten betonen muß, die die sozialistische und kommunistische Gesellschaftsordnung dem wissenschaftlichen Fortschritt verbürgt. All dies ist geeignet, die weltanschaulich erzieherische Wirkung des Physikunterrichts weitgehend zu fördern.

In der Darlegung der Einheit der wahrnehmbaren Versuchsergebnisse und der theoretischen Überlegungen zeigen sich die Kolleghefte für Physik als leider nicht ganz konsequent, da die richtigen Methoden in einzelnen Fällen mit anderen abwechseln, die mit Recht beanstandet werden müssen. Das Kollegheft »Thermodynamik« z. B. verweist in seinen einleitenden Zeilen sehr deutlich auf die enge Verknüpfung zwischen der phänomenologischen Wärmelehre und der statistischen Gastheorie, das Kollegheft »Elektrodynamik« hingegen hält in seinem Abschnitt über die Grundgesetze der elektromagnetischen Erscheinungen richtig fest, daß diese Grundgesetze, die Maxwellschen und die diese ergänzenden Gleichungen »im Zusammenhang mit gewissen Erscheinungen« abgeleitet wurden, und daß sich hinwieder aus ihnen die Existenz der elektromagnetischen Wellen ableiten lassen. Schon die früheren hierauf bezüglichen Abschnitte verfahren in diesem Sinne, wenn sie die Grundgleichungen in Verbindung mit den Erscheinungen der elektrischen Spannung, der dielektrischen Polarisation, des magnetischen Verhaltens der verschiedenen Stoffe, der magnetischen Wirkung des Leitungsstromes, mit der Erscheinung des Verschiebungsstromes und der elektromagnetischen Induktion als empirischen Zusammenhängen aufschreiben, die dem Wesen nach als logische Induktionen abstrahiert sind. Bedauerlicherweise muß auch hier, wie schon mehrfach, festgestellt werden, daß die Kolleghefte dieses richtige Prinzip und Verfahren nicht genügend konsequent und zielstrebig anwenden, obwohl dies in adäquater Weise dem tatsächlichen Fortschritt der physikalischen Erkenntnis entspräche. An zahlreichen Stellen findet sich die Konzeption, daß die Physik erst dort beginnt eine Wissenschaft zu sein, wo in der Behandlung des Stoffes bereits die Axiomatik und die mathematische Deduktion vorherrscht, während die induktive Verarbeitung der experimentellen Erfahrungen noch nicht zur »eigentlichen Wissenschaft« zählt.

Diesem Problem muß eigens Aufmerksamkeit geschenkt werden, weil eine unrichtige oder inkonsequente Stellungnahme in dieser Frage leicht zur erkenntnistheoretischen Quelle subjektiv oder objektiv idealistischer Ansichten zu werden vermag. Dem Wesen nach handelt es sich nämlich hier darum, *woher die Kategorien und Gleichungen der theoretischen Physik stammen und was sie zum Ausdruck bringen*. Diese Frage haben leider auch viele hervorragende Physiker unrichtig beantwortet, und diese Antworten spiegeln sich in mehreren Fällen auch in den Kollegheften wider.

Die Kopenhagener Schule, mit BOHR und HEISENBERG an der Spitze, betrachtete im Gefolge von KANT und MACH Jahrzehnte hindurch den mathe-

matischen Apparat der theoretischen Physik als apriorische, subjektive Vernunftskonstruktion, die ausschließlich der Ordnung der Meßergebnisse dient, jedoch keinen objektiven Inhalt besitzt. In den letzten Jahren beginnen sich diese Physiker vom Machismus einigermaßen zu distanzieren und sich dem Standpunkt des objektiven Idealismus zu nähern. So sucht Heisenberg jene platonische Idee, jene »kristallklare mathematische Struktur«, die das innerste, primäre Wesen des Mikrokosmos in sich schließt.

Idealistisch ist auch EINSTEINS erkenntnistheoretische Konzeption, daß kein logischer Weg von den Wahrnehmungen zur Theorie führt, daß die »deduktive Physik« der »induktiven Physik« vergeblich Fragen stellt. Befindet sich die Theorie unter solchen Umständen dennoch in Übereinstimmung mit den Wahrnehmungen, so kann es sich nur um den Ausdruck der LEIBNIZSchen, durch mystische Kräfte »prästabilierten Harmonie« handeln. Nach Einstein besitzt also die Theorie einen objektiven Inhalt, doch ist dieser geistigen Ursprungs und bringt eine geistige Wesenheit zum Ausdruck. Um sie zu entwickeln, bedarf es primär der intuitiven Schaffung eines Systems von Axiomen und des gesamten mathematischen Formalismus, während Messung und Beobachtung bloß eine sekundäre Rolle spielen, d. h. die Theorie, die »prästabilierte Harmonie« zu bestätigen haben.

Am nächsten steht der Erkenntnistheorie des dialektischen Materialismus MAX PLANCKS erkenntnistheoretische Konzeption: Bei ihm bildet den Ausgangspunkt der physikalischen Erkenntnis »die Gesichtswelt, die Gehörswelt und die Tastwelt«. Da sich deren objektive quantitative Zustandsgrößen messen lassen, liefert die experimentelle Physik das Material für die theoretische Physik, die dieses Material mit den Mitteln des logisch, mathematisch und philosophisch geschulten Denkens *verarbeitet*, um sodann die Richtigkeit der Deduktionsergebnisse durch neuerliche Messungen zu kontrollieren. Plancks erkenntnistheoretische Konzeption nimmt indessen insofern einen inkonsequenten Zug an, als er eine gedachte »metaphysische Realität« annimmt, der die physikalische Erkenntnis seines Erachtens zustrebt.

Die *dialektisch-materialistische Erkenntnistheorie* lehnt die rationalistische, maßlose Vorrangstellung der Axiomatik und der mathematischen Deduktion, aber auch jene positivistisch-empiristische Konzeption ab, die der physikalischen Erkenntnis in der phänomenologischen Beschreibung der Resultate unserer instrumentellen Beobachtungen und Messungen Grenzen setzen wollen. Der mathematische Apparat der theoretischen Physik ist weder eine apriorische, jeden objektiven Gehaltes bare, willkürliche Vernunftskonstruktion, noch eine Verstecken spielende platonische Idee, auch nicht der Ausdruck der mit genialer Intuition erfaßten, mystischen Leibnizschen prästabilierten Harmonie, sondern die besondere, verwickelte und abstrakte Terminologie jener Antworten, die uns die Natur auf die in Gestalt von Messungen an sie gestellten Fragen erteilt. Die Naturerscheinung ist *das widergespiegelte Objekt*,

der Begriff der zu messenden physikalischen Größe, das Meßresultat und die mathematischen Gleichungen hingegen sind je ein besonderes Moment *des dieses Objekt widerspiegelnden Bildes*. Der weitverzweigte dialektische Prozeß der physikalischen Erkenntnis schreitet über die Stufen der Beobachtung, des Experimentierens, der Messung und der phänomenologischen Theorien zur Ausarbeitung jener dynamischen oder statistischen Theorien, die den inneren Mechanismus der kompliziertesten Erscheinungen erschließen, weiter hinauf zu ihrer Sicherung im Laboratorium, zu ihrer praktischen Anwendung in der Praxis und zur Umwandlung der Welt.

Soll der physikalische Unterrichtsstoff die erwünschte weltanschaulich erzieherische Wirkung auch tatsächlich erzielen, müßte er in seinem ganzen Aufbau und in seiner Ausdrucksweise diese erkenntnistheoretische Konzeption aus sich ausstrahlen. Am ehesten, wenn auch nicht ganz konsequent, bringt diese Konzeption das Kollegheft »Elektrodynamik« zur Geltung. In vielen Fällen z. B. erscheinen in ihm nicht die reellen Versuchs- und Meßverfahren als *Rohstoff* der theoretischen Physik, sondern jene auf dem Wege der logischen Induktion gewonnenen mathematischen Abstraktionen, die bereits *als Ergebnis der phänomenologischen, theoretischen Verarbeitung* des empirisch gewonnenen Tatsachenmaterials anzusehen sind. Dem Kollegheft zufolge ist es beispielsweise ein *Erfahrungssatz*, daß die Integration der elektrischen Feldstärke über eine geschlossene Linie den Wert Null hat, woraus sich *mathematisch* die Folgerung ableiten läßt, daß der Potentialunterschied zwischen zwei Punkten des Feldes von dem zwischen ihnen zurückgelegten Weg unabhängig ist. Und ähnlich: In der Erörterung des elektromagnetischen Feldes figuriert als *Erfahrungstatsache*, daß die Integration der magnetischen Feldstärke über eine den stromdurchflossenen Leiter umgebende, sonst aber betont *fiktive, geschlossene mathematische Kurve* der Stromstärke proportional ist. Danach folgt lediglich ein Hinweis darauf, daß sich nun auf dem Wege komplizierter mathematischer Berechnungen das magnetische Feld der verschiedenen Stromleiter ableiten läßt, und hier findet sich — ohne Ableitung — die Gleichung des *Biot-Savartschen* Gesetzes. In Wirklichkeit aber haben Biot und Savart 1820 nicht Erfahrungen um die Integration über eine geschlossene Linie, sondern vom Magnetfeld um einen stromdurchflossenen Leiter gewonnen, und da die Versuche von OERSTED und AMPÈRE beschrieben sind, wäre es durchaus am Platze, auch diese Erfahrungen kurz zu erörtern. Zur Vermeidung von Mißverständnissen: Nicht die Tatsache soll hier beanstandet werden, daß das Kollegheft einen experimentell bereits gesicherten Zusammenhang als theoretisch ableitbare Folge hinstellt, zumal es sich um einen selbstverständlichen natürlichen Zug des in der Physik gleichfalls gültigen Gesetzes von der Negation der Negation und von der aufsteigenden Entwicklung handelt, die ein einmal bereits erzieltetes Entwicklungsergebnis auf einer höheren Stufe reproduziert. Die gegenwärtige Methode des Kollegheftes gebirt jedoch an diesen Stellen erkennt-

nistheoretisch den objektiven Idealismus: Der qualitativ phänomenologischen Beschreibung des magnetischen Feldes des elektrischen Stromes folgt nicht die Erörterung der richtigen Auswahl der quantitativen Parameter und der Durchführbarkeit ihrer Messung und sodann die mathematische Formulierung der auf diese Weise erschlossenen Zusammenhänge zwischen ihnen, vielmehr weckt es den Anschein, als wäre der Natur gegenüber die Mathematik das Primäre, während unsere Messungen lediglich dazu dienen, die wunderbare Übereinstimmung der Wirklichkeit mit den zuvor schon aufgeschriebenen Gleichungen zu bestätigen, die ein von uns unabhängiges Dasein führen. Dieselbe Konzeption macht sich auch in den Ausführungen über die Erscheinungen der im Magnetfeld bewegten Ladung oder Leitung geltend. Im Kollegheft »Optik« vollends wird in der Einleitung zur Wellenoptik die Erstellung des mathematischen Apparates als *erste Aufgabe* des Physikers betont zum Programm deklariert.

An diesen Methoden Änderungen vorzunehmen erweist sich vom Gesichtspunkt der *fachlichen* Ausbildung der künftigen Ingenieure als unumgänglich notwendig. Begegnet der Ingenieur in seiner Arbeit qualitativ neuen Erscheinungen, so hat er vor allem zu entscheiden, was er *zu messen* und wie er die Messung vorzunehmen hat, um die tieferen, wesentlichen Zusammenhänge der betreffenden Erscheinung erkennen und anwenden zu können. Erst im Besitz der Meßergebnisse kann er an die mathematische Beschreibung des Vorgangs denken. Nun aber strömt ihm aus den Zeilen des Kollegheftes die Konzeption entgegen, er hätte dies Menschen zu überlassen, die klüger sind als er, die die versteckte mathematische Symmetrie aufdecken und ihm sagen würden, was er zu messen habe und welches Resultat seine Messungen zeitigen müssen.

Sowohl aus fachdidaktischen als auch aus weltanschaulichen Gründen muß also der Vorschlag gemacht werden, das Kollegheft »Elektrodynamik« im Sinne der obigen Ausführungen umzuarbeiten. In der natürlichen Exposition sollte der qualitativen Phänomenologie die quantitative Phänomenologie mit ihren *tatsächlichen Meßfahrten* folgen, und diese sollte zum Aufbau des erforderlichen mathematischen Apparates und zur Formulierung jener Grundgesetze führen, aus denen sich dann in der Tat auf dem Wege der *Deduktion* neue Erkenntnisse gewinnen lassen. In diesem Sinne wäre es didaktisch richtig, wenn die Ableitung der Wellengleichung aus den Maxwellschen Gleichungen der phänomenologischen Beschreibung der elektromagnetischen Wellen voranginge, weil in diesem Falle die Praxis, auch historisch gesehen, der Bestätigung einer Theorie diene, die bereits deduktiven Charakter angenommen hat.

Die übertriebene Vorrangstellung der Axiomatik und der Deduktion kennzeichnet auch das Kollegheft »Thermodynamik«. Der einleitende Abschnitt des Kollegheftes äußert sich nicht darüber, inwieweit die vier Grund-

annahmen für ideale Gase auf tatsächlichen Erfahrungen fußen, weshalb dieses Axiomensystem den Anschein einer intuitiven Vernunftskonstruktion weckt. Im weiteren dominiert die mathematische Deduktion im ganzen Heft. Das BOYLE—MARTOTTESche Gesetz und das allgemeine Gasgesetz ist nur als Ergebnis theoretischer Ableitungen dargestellt, ohne daß sich auch nur ein leiser Hinweis darauf fände, daß es u. a. eben diese *aus der Erfahrung* hergeleiteten Gesetze waren, die den axiomatischen Aufbau der Gastheorie ermöglicht haben. Von der Messung, wie etwa von der Ermittlung der Molwärmewerte wird gleichfalls nur in dem Sinne gesprochen, daß sie mit den theoretischen Berechnungen, mit den vorweg aufgeschriebenen Gleichungen eine bewunderungswerte Übereinstimmung zeigen. Daß die Theorie der Praxis entspringt, geht aus diesen Abschnitten des Kollegheftes mit keinem Wort hervor.

Schließlich wäre noch zu untersuchen wie in den Kollegheften *die Dialektik der absoluten und der relativen Wahrheit* zur Geltung gelangt. In der Darlegung des physikalischen Lehrstoffes ist es nicht nur möglich, sondern auch *notwendig*, aufzuzeigen, daß unsere Kenntnisse relativen und zugleich absoluten Charakter tragen. Relativ sind sie insofern, als sie niemals die vollständige, sämtliche Zusammenhänge umfassende Wahrheit enthalten können, absolut hingegen insofern, als sie *zahlreiche Teile der absoluten Wahrheit* enthalten. Die vollständige absolute Wahrheit läßt sich mit einer unendlichen Reihe vergleichen, der sich die Gesamtheit der relativen Wahrheiten asymptotisch in zunehmendem Maße nähert. Trennt man die absoluten und relativen Seiten der physikalischen Erkenntnis metaphysisch derart voneinander, daß nur die eine berücksichtigt, die andere dagegen ganz vernachlässigt bleibt, so wird man die einzelnen physikalischen Theorien entweder als unabänderliche Dogmen behandeln oder gänzlich in Zweifel ziehen müssen, daß sie irgendeinen objektiven Wahrheitsgehalt haben. Der Entwicklung der Physik gereicht der Dogmatismus und der relativistische Nihilismus ebenso zum Schaden wie den Fortschritten der Erkenntnis ganz allgemein. Aus diesem Grund ist es auch in fachlicher Hinsicht überaus wichtig, im Physikunterricht beide Fehler zu vermeiden und den absoluten und zugleich relativen Charakter der physikalischen Erkenntnisse in ihrer dialektischen Einheit darzulegen.

Die physikalischen Kolleghefte der Technischen Universität, die mit der Problematik der absoluten und der relativen Wahrheit besonders gelegentlich der Erörterungen über die Beziehungen zwischen klassischer und relativistischer Mechanik und gelegentlich der Behandlung der Entwicklung in der Atomtheorie in Berührung gelangen, nehmen im wesentlichen eine richtige Stellung ein, teils versäumen sie es jedoch auch in diesem Falle, die richtige philosophische Stellungnahme *ins Bewußtsein der Hörer hineinzutragen*, teils ist ihre eigene Stellungnahme nicht genügend konsequent und unmißverständlich.

Im ganzen betrachtet, gibt das Kollegheft »Mechanik« in seiner Einleitung eine richtige Bewertung der Stellung, die die klassische Mechanik in der Entwicklung der physikalischen Erkenntnis einnimmt. Als Grenzfall, d. h. als Wissenschaftszweig, der die räumlichen Ortsveränderungen von im Verhältnis zu den Atomabmessungen großen Körpern bei Geschwindigkeiten zum Gegenstand hat, die weit unter der Lichtgeschwindigkeit liegen, muß die klassische Mechanik auch heute ihre Anerkennung bekommen. Das Kollegheft anerkennt mithin den objektiven Wahrheits-Gehalt der klassischen Mechanik als Grenzfall und deklariert auch richtig, daß ihre Sätze nicht als Dogmen behandelt werden dürfen. Was hier noch fehlt, ist eben die *klare Kritik an jener mechanisch-materialistischen Konzeption*, die die Sätze der klassischen Mechanik Jahrhunderte hindurch als Dogmen behandelt hat, einer Konzeption also, von der das Kollegheft wie bereits wiederholt betont, in vielen Beziehungen auch selbst noch nicht abgerückt ist. Es müßte also klar ausgeführt werden, daß man aus den Grundgesetzen der Mechanik falsche philosophische Schlüsse gezogen hat, u. zw. u. a.

- über die Ruhe, als »natürlichen« Zustand der Materie,
- über die Bewegung, als »Störung« dieses natürlichen Zustandes, oder
- über die Kraft als einer im Vergleich zur Materie »äußeren« Wirkung und einer Erscheinung, die als Ursache *jeder beliebigen* Änderung herangezogen werden kann.

Auch ganz allgemein muß hervorgehoben werden, daß der klassischen Mechanik keineswegs jener Rang der Universalität zusteht, den sie sich vindiziert hat: Die Vorgänge der Wirklichkeit sind weit verwickelter und vielgestaltiger, als daß sie durch die Gesetze der Mechanik erschöpfend gekennzeichnet werden könnten. Von der Notwendigkeit einer Kritik der mechanischen Konzeption von Raum, Zeit und Kausalität war bereits weiter oben die Rede.

Auch der Begriff *des materiellen Punktes* bringt eine absolute und zugleich relative Wahrheit zum Ausdruck: Er bezeichnet einen physikalischen Körper, dessen Abmessungen im Vergleich zu den von ihm während seiner Bewegung *zurückgelegten Entfernungen* vernachlässigbar klein sind. Diese Abstraktion läßt sich indessen gleichfalls nur dann aufrecht erhalten, wenn die Abmessungen des betreffenden Körpers im Vergleich zu den *atomaren* Abmessungen sehr groß sind. Das mikrophysikalische Objekt kann nicht als »materieller Punkt« angesehen werden, seine Bewegungserscheinungen unterscheiden sich qualitativ von der einfachen mechanischen Ortsveränderung. In der Bewegung des materiellen Punktes kommt der Laplacesche Determinismus zur Geltung, in der Bewegung des Mikroteilchens hingegen eine weit verwickeltere Form des Determinismus. Wiederholt muß also an das Kollegheft die Forderung gestellt werden, sich von der mechanischen Auffassung klar zu distanzieren.

Einer bewußteren Anwendung der Dialektik der absoluten und der relativen Wahrheit bedarf es ferner in der Erörterung der *Entwicklung des*

*Atombegriffes.* So genügt es keineswegs, etwa in den einleitenden Sätzen des Kollegheftes »Atomphysik« den Atombegriff des Demokritos als rein spekulativ zu bezeichnen, oder sich beim Atombegriff des vorigen Jahrhunderts mit der Feststellung zu begnügen, daß seine Vorstellungen von der Unteilbarkeit der Atome hinfällig geworden sind. Diese frühen Atombegriffe haben sich durchaus nicht mit Haut und Haaren als irrig erwiesen! In der Atomtheorie des Demokrit erweist sich beispielsweise als richtig, daß die Atome weder erschaffen, noch vernichtet werden können, während die Atomtheorie des vorigen Jahrhunderts richtig erkannt hat, daß das Atom mit Eigenschaften, wie Atomgewicht, Ordnungszahl, Valenz, chemischer Unteilbarkeit u. a. m. ausgestattet ist. Auf der anderen Seite hat sich nicht nur die Unteilbarkeit der Atome als irrige Vorstellung erwiesen, sondern auch die ihnen zugeschriebene Gedrängtheit, Undurchdringlichkeit und die unveränderliche Masse, die alle durch das Vorherrschen der mechanischen Betrachtungsweise bedingt waren. Eine Kritik dieser Ansichten böte wieder die Gelegenheit, an den Materiebegriff des dialektischen Materialismus zu erinnern, der da besagt, daß der Materie als solcher keine konkreteren Eigenschaften zugeschrieben werden können als die, daß sie eine von unserem Bewußtsein unabhängig existente objektive Realität darstellt. Dies bezieht sich gleicherweise auf die Körper, deren Atome, auf die Mikroteilchen und auch auf die feldartigen Objekte.

Vom Rutherford'schen und Bohrschen Atommodell läßt sich anhand des Kolleghefts gleichfalls feststellen, daß sie sich als relative Wahrheiten erwiesen haben, wenngleich sie natürlich auch Züge absoluter Gültigkeit hatten. Einen derartigen Zug der Rutherford'schen Theorie bildet die Erkenntnis, daß das Atom aus einem positiv geladenen Kern und negativ geladenen Elektronen mit einer im Vergleich zur Kernmasse verschwindend kleinen Masse besteht, während sich in der Bohrschen Theorie beispielsweise die Erkenntnis der diskreten Energiezustände des Atoms als ein derartiger Zug erwiesen hat. Die moderne Deutung des periodischen Systems der Elemente bietet auch Gelegenheit, die absoluten und relativen Züge der MENDELEJEV-Theorie darzulegen. Absolute Gültigkeit besaß die Erkennung der Periodizität, die sich in einzelnen Eigenschaften der chemischen Elemente äußert, mit bloß relativer Richtigkeit erkannte jedoch Mendelejew z. B. die Grundlagen dieser Periodizität, da sich seither herausgestellt hat, daß es nicht das Atomgewicht, sondern die Ordnungszahl ist, die diese Grundlage bildet. Eine Modifikation erlitten Mendelejews Vorstellungen auch hinsichtlich der Periodenlängen usw.

Die zweckbewußtere Exposition der Dialektik der absoluten und der relativen Wahrheit böte eine wirksame Hilfe in dem Bestreben, dem Verständnis der Hörer die Tatsache näherzubringen, daß die Wissenschaft ihre Rolle niemals als abgeschlossen ansehen kann, weil wir die Erkenntnis der absoluten Wahrheit in ihrer *Totalität* niemals erreichen können, weil es vielmehr immer der Lösung harrende Forschungsaufgaben geben wird. Anderer-

seits ist indessen der Gehalt unserer wissenschaftlichen Erkenntnis an absoluter Wahrheit in ständigem Wachsen begriffen, d. h. von der absoluten Wahrheit *entfernen* wir uns *nicht*, sondern wir *kommen ihr* im Gegenteil zusehends *näher*. Die Entwicklung unserer wissenschaftlichen Erkenntnis ist also durch die wachsende Festigkeit und nicht durch die wachsende Ungewißheit gekennzeichnet!

*Zusammengefaßt läßt sich sonach feststellen*, daß die weltanschaulich erzieherische Wirkung des Physikunterrichts an der Technischen Universität noch keinesfalls als eindeutig positiv bezeichnet werden kann. Die dialektisch-materialistische Stellungnahme findet sich im Lehrstoff häufig bloß in sehr verborgener Form vor, in einzelnen Fällen trifft man auf terminologische Verwirrungen, und nicht selten kommen auch mechanisch-materialistische und idealistische Ansichten vor. Auch vom fachdidaktischen Gesichtspunkt aus erläutert der Lehrstoff die verwickelten Wege der physikalischen Erkenntnis, die Bedeutung ihrer einzelnen Momente und ihre Beziehungen zueinander nicht immer in befriedigender Weise. Insbesondere um die erkenntnistheoretische Rolle des mathematischen Apparates zeigen sich Verwirrungen, da es nicht in einer jeden Zweifel ausschließenden Art klargelegt ist, woher die Kategorien der Physik und ihre Differentialgleichungen stammen, was sie zum Ausdruck bringen, warum und inwieweit sie der künftige Ingenieur benötigt, der die tiefen Zusammenhänge zwischen den in den Laboratorien und in den Betrieben ablaufenden Vorgängen kennen muß. Aus diesem Grunde proponieren wir, im Laufe der Arbeiten zur Modernisierung des Lehrstoffes, die gelegentlich der Reform des Hochschulunterrichts vorzunehmen sein werden, diese Bemerkungen zu berücksichtigen.

Diese kurze Übersicht über einige weltanschauliche Probleme des Physikunterrichts ist ein weiterer Beweis dafür, daß der Hochschulunterricht in den physikalischen Wissenschaften viele Probleme aufwirft, zu deren richtiger Lösung es der gemeinsamen Anstrengungen von Physikern und marxistischen Philosophen bedarf. Diese gemeinsamen Anstrengungen werden nur dann Erfolge zeitigen können, wenn sich unsere Physiker mit der marxistischen Philosophie besser vertraut machen, als dies bisher geschehen ist, unsere Philosophen hingegen die Entwicklung und die Resultate der modernen Physik gründlicher studieren als bisher. Der dialektische Materialismus ist eine wissenschaftliche Weltanschauung und stützt sich mithin stets auf das Tatsachenmäßige und auf die Resultate der Wissenschaften. Ihm ist jeder Doktrinärismus fremd, der das Tatsachenmäßige und die Resultate der Wissenschaften außer acht läßt. Auch die marxistische Philosophie selbst entwickelt sich auf dem Boden dieser neuen Resultate und durch deren Verallgemeinerung. Auf der anderen Seite ist es notwendig, gegen die eklektischen und idealistischen Ansichten, die in der Erörterung und Deutung des Tatsachenmäßigen in der Wissenschaft noch immer auftauchen, mit aller Bestimmtheit aufzutreten.

Abschließend sei nochmals betont, daß unsere kritischen Bemerkungen nichts anderes sind als Meinungsunterschiede zwischen *Verbündeten*. Diese Ausführungen waren von der Absicht geleitet, mitzuhelfen an dem Werk, das sich das Ziel setzt, die weltanschaulich erzieherische Arbeit zielbewußter zu gestalten und die gemeinsamen Aufgaben auch tatsächlich mit gemeinsamer Anstrengung zu bewältigen.

Prof. T. Elek, Budapest XI, Múegyetem-rkp 3. Ungarn