

# ÜBER DIE WECHSELBEZIEHUNGEN ZWISCHEN TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN, NATURWISSENSCHAFTEN UND MATHEMATIK

Von

T. ELEK

Lehrstuhl für Philosophie,  
Technische Universität, Budapest

(Eingegangen am 19. Februar 1965).

Unser Jahrhundert ist Zeuge einer erstaunlichen Beschleunigung im Fortschritt der Wissenschaft, aber auch ihrer Verknüpfung mit der Produktion, wie sie in der Menschheitsgeschichte noch niemals enger und organischer war. Nach den Feststellungen des XXII. Parteitages der KPdSU ist die Wissenschaft im Begriffe, zur unmittelbaren Produktivkraft zu werden. In wachsendem Umfang und in immer zahlreicheren seiner Aspekte wird das Problem auch von der internationalen und der ungarischen philosophischen und volkswirtschaftlichen Literatur erörtert.

Meines Erachtens haftet jedoch den bisher publizierten Stellungnahmen fast durchwegs der Mangel an, den Begriff der Wissenschaft nicht mit der nötigen Differenziertheit zu behandeln. Besonders fällt hierbei die nahezu völlige Übergehung der technischen Disziplinen in der Reihe jener Wissenschaften auf, die zu Produktivkräften werden, bzw. ihre Identifizierung mit dem Begriff der Naturwissenschaften oder — was noch häufiger anzutreffen ist —, ihre Herabsetzung im Vergleich zur Naturwissenschaft und Mathematik, so als wäre die Pflege der technischen Wissenschaft in Wirklichkeit gar keine wissenschaftliche Tätigkeit.

Solcherart ist also die Frage, denke ich, noch ziemlich ungeklärt, obgleich es sich wegen ihrer wissenschaftstheoretischen und wissenschaftsorganisatorischen Belange und im Hinblick auf ihre Verknüpfung mit dem Hochschulunterricht ohne Zweifel um ein gewichtiges Problem handelt. Mein Artikel wünscht vor allen Dingen zur Klarstellung der Frage beizutragen, welche Bedeutung dem Prozeß der Umwandlung zur unmittelbaren Produktivkraft für die Wechselbeziehungen zwischen technischen Wissenschaften, Naturwissenschaften und Mathematik beizumessen ist und welche Schlußfolgerungen wir aus dieser Untersuchung für unsere eigenen weiteren Aufgaben zu ziehen haben.

## I. Technik und Wissenschaft

4

Bevor wir uns indes einer derartigen differenzierten Prüfung der Frage zuwenden, scheint es erforderlich, einige wichtige allgemeine Feststellungen

über die Beziehungen zwischen Technik und Wissenschaft vorwegzunehmen. Unter dem Begriff der Wissenschaft verstehe ich hierbei grundsätzlich den aus den technischen und den Naturwissenschaften, sowie aus der Mathematik bestehenden Komplex.

Zwischen Wissenschaft und Technik besteht die Beziehung der wechselseitigen Bedingtheit, d. h. eine dialektische Beziehung, die die Einheit und den Widerspruch, die Wirkung und die Rückwirkung in sich schließt. Vor allem muß *die Einheit zwischen Wissenschaft und Technik* hervorgehoben werden, weil sie sich im Laufe der gesellschaftlichen Entwicklung verflechten, indem sich die praktische Produktionstätigkeit mit geistiger Tätigkeit durchsetzt. Auf einer niedrigeren Entwicklungsstufe trägt diese geistige Tätigkeit weitgehend empirischen Charakter, da sie sich darauf beschränkt, frühere Erfahrungen zu verwerten, um die Ziele der Produktionsoperationen abzustechen und deren Mittel und Methoden festzulegen. Mit dem Beginn des gewaltigen industriellen und wissenschaftlichen Fortschritts im 17. Jahrhundert erhebt sich die geistige Tätigkeit die die Produktion durchdringt auf eine qualitativ höhere Stufe, zum Rang einer Wissenschaft, um sich schließlich in unserer Zeit voll zu entfalten.

Freilich manifestiert sich die Einheit von Wissenschaft und Technik nicht darin allein, daß sich die praktische Produktionstätigkeit mit geistiger Arbeit durchtränkt, auch der umgekehrte Vorgang spielt sich ab: In zunehmenden Maße technisiert sich auch die Wissenschaft, d. h. unausweichlich kommt es zu einer Verflechtung zwischen Pflege und Weitergabe der Wissenschaft, dieser erstrangigen theoretischen, geistigen Tätigkeit auf der einen und der Entwicklung, Herstellung und Benützung all jener technischen Instrumente und Vorrichtungen auf der anderen Seite, die zum Beobachten, Experimentieren und Messen, zur Informationsübertragung und zur Verrichtung logischer und mathematischer Operationen benötigt werden.

Während wir jedoch die Einheit von Wissenschaft und Technik konstatieren, müssen wir auch festhalten, daß es sich keineswegs um eine Einheit ohne jeden Widerspruch handelt, sondern um die Einheit untereinander verschiedener, einander in gewissem Sinne gegenüberstehender, einander wechselseitig formender, miteinander immer wieder in Gegensatz geratender, miteinander niemals völlig eins werdender Seiten, kurz gefaßt also um *eine dialektische Einheit*. Dieses Problem hängt organisch mit der Frage zusammen, welchen Charakter die Beziehung zwischen gesellschaftlichem Sein und gesellschaftlichem Bewußtsein trägt.

Den entscheidendsten, bestimmenden Faktor des materiellen Seins der Gesellschaft bildet nämlich die Produktionsweise, deren fundamentale inhaltliche Seite aber stellen die Produktivkräfte dar. Der Begriff der Technik gehört in den Begriffskreis der Produktivkräfte, er umfaßt jene Naturkräfte, jene Prozesse und materiellen Mittel, die sich der Mensch im Produktionsprozeß

zielbewußt dienstbar macht, die er seinem Willen unterstellt. Die Technik ist mithin ein spezifisches Ensemble natürlicher und gesellschaftlicher Momente, die Erscheinungsform der objektiven Beziehungen zwischen Natur und Gesellschaft in einer gegebenen Periode. (vgl. L. Ágoston: Zum wissenschaftlichen Begriff der Technik und über die Diskussionen bezüglich seiner Definition, *Periodica Polytechnica* Chemisches Ingenieurwesen 4, 306, 1964). *Letzten Endes ist also die Technik eine der fundamentale Komponenten des objektiven materiellen Seins der Gesellschaft.*

*Die Wissenschaft ist demgegenüber vor allem eine der Formen des menschlichen Bewußtseins*, die die objektive Realität in Gestalt allgemeiner und abstrakter, in logisch miteinander verknüpfte Systeme zusammengefaßter Begriffe und Gesetze widerspiegelt. Die technischen und die Naturwissenschaften im besonderen stellen den Ausdruck eben jenes Zustandes dar, den die Entwicklung der Produktivkräfte, die objektive Beziehung zwischen Gesellschaft und Natur in einer gegebenen Periode erreicht hat. Wie also auch sonst ganz allgemein das Sein das Primäre, das Bewußtsein das Sekundäre ist, so ist ohne Zweifel auch innerhalb der Beziehungen zwischen Technik und Wissenschaft die Technik als die Erscheinungsform der Beziehung zwischen Natur und Gesellschaft das Primäre, das widerspiegelte Objekt, die Wissenschaft hingegen das Sekundäre, das widerspiegelnde Bewußtseinsbild.

Betont sei hier, daß die Umwandlung der Wissenschaft zur unmittelbaren Produktivkraft nicht auch so viel bedeutet, daß sie sich völlig mit der Technik identifiziert, vielmehr behält sie auch dann ihre relative Sonderstellung bei. Das Verschwinden der *wesentlichen* Unterschiede zwischen physischer und geistiger Arbeit bedeutet in erster Linie das Verschwinden der zwischen ihnen im gesellschaftlichen System der Produktion entstandenen und mit der Ausbeutung organisch zusammenhängenden Unterschiede, keineswegs jedoch eine *völlige* Verschmelzung der zweierlei Tätigkeiten.

Diese relative Sonderstellung der zur unmittelbaren Produktivkraft sich umwandelnden Wissenschaft bedeutet aber auch nicht — und dies soll gleichfalls ausdrücklich betont werden —, daß es nun zu einer Umkehrung der *fundamentalen* Beziehung zwischen beiden kommt und daß nun die Wissenschaft von der Technik deren primäre Stellung übernimmt. Wie auch sonst in der widersprüchlichen Beziehung zwischen Sein und Bewußtsein, so handelt es sich auch in der widersprüchlichen Beziehung zwischen Technik und Wissenschaft darum, daß die bestimmende Rolle der primären Seite gegenüber der sekundären Seite nur *letzten Endes* zur Geltung kommt, übt doch die sekundäre Seite auf die primäre *eine außerordentlich aktive Rückwirkung* aus.

In seinem Buch „Wissenschaft und Geschichte“ (Gondolat Verlag, Budapest, 1963, ungarisch) befaßt sich BERNAL eingehend mit den verwickelten Zusammenhängen zwischen der technischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Entwicklung. So wenig ein Zweifel darüber bestehen kann, heißt

es dort, daß die Entfaltung der kapitalistischen großbetrieblichen Produktion im 18. und 19. Jahrhundert aufs engste mit der wissenschaftlichen Revolution des 17. Jahrhunderts, mit den gewaltigen Fortschritten auf den Gebieten der Mechanik, der Astronomie und der Mathematik verknüpft war, so unbestreitbar ist auch die Tatsache, daß die mechanischen Produktionsmethoden, ja anfänglich selbst die industrielle Anwendung der Dampfmaschine keine rechten Kontakte zur wissenschaftlichen Forschung herstellen konnten. Damals dominierte eben noch die Empirie. Indes kann nicht geleugnet werden, daß sich die Industrie schon in dieser Entwicklungsphase immer häufiger um Beistand an die Wissenschaft wandte, wenngleich es dabei geraume Zeit eher noch um die Lösung frischer, durch die mengenmäßige Steigerung der Produktion aufgeworfener, früher also gar nicht gekannter, qualitativ neuer Probleme, gewissermaßen also bloß um die Behebung von Übelständen ging. Diese Ansprüche der Industrie aber trugen im 18. und 19. Jahrhundert nun ihrerseits die weitere Entwicklung der Thermodynamik, der Chemie und der Elektrodynamik voran und führten damit wesentliche Veränderungen im Vergleich zur wissenschaftlichen Thematik des 17. Jahrhunderts herbei. Von da an trat die Wissenschaft nicht nur als „Helfer in der Not“, sondern in zunehmendem Umfang als richtungsweisender, ja sogar als Faktor auf, der ganze Industriezweige neu ins Leben rief — ohne daß freilich die Bedürfnisse der Industrie aufgehört hätten, den die weitere Entwicklung der Wissenschaften anregenden und belebenden, letzten Endes also den primären Faktor zu bilden.

Weiter kompliziert wurden die an sich verwickelten und vielschichtigen Beziehungen zwischen Technik und Wissenschaft durch das Entstehen der großen Monopole und der staatskapitalistischen Sektoren, in denen zunehmend die Rüstungstechnik in den Vordergrund trat. Sie drängte auch die wissenschaftliche Entwicklung in diese Richtung, obzwar beispielsweise die Elektronik, die Kernenergetik, die Plastchemie und die Automatik mit ihren wissenschaftlichen Ergebnissen auch für friedliche Zwecke fundamentale Bedeutung gewonnen haben.

Die sozialistische Gesellschaft hat in die Wechselwirkung zwischen Wissenschaft und Technik wieder entscheidend neue Züge hineingetragen. Der sozialistische Staat macht große Anstrengungen, um der wissenschaftlichen Forschung und der Heranbildung wissenschaftlicher Kader die materiellen und personellen Voraussetzungen schaffen, ihren organisierten Ablauf, ihre Planmäßigkeit und Wirksamkeit sichern, die richtigen Proportionen zwischen den einzelnen Zweigen der Wissenschaft ausgestalten zu können und die praktische Anwendung der neuesten wissenschaftlichen Ergebnisse in Industrie und Landwirtschaft zu fördern. Kurz: In der Erkenntnis, daß die Umwandlung der Wissenschaft zur unmittelbaren Produktivkraft ein objektives Gesetz darstellt, tut der sozialistische Staat alles, um diesen Prozeß je ungestörter sich entfalten zu lassen.

## II. Technische Wissenschaft und Naturwissenschaft

Das allgemeine Problem der Beziehungen zwischen Technik und Wissenschaft stellt sich bei unseren wissenschaftlichen Institutionen und Hochschulen in speziellen Aspekten, vor allen Dingen im Aspekt der Beziehungen zwischen den technischen und den Naturwissenschaften. Auch diese Beziehungen sind — wie jede Beziehung — durch den Widerspruch der Einheit und der Verschiedenheit gekennzeichnet. Jede Übertreibung des einen Momentes auf Kosten des anderen bedeutet einen metaphysischen Fehler, der sich auf die Pflege und den Unterricht der technischen und der Naturwissenschaften nachträglich auszuwirken vermag. Auf der Vollversammlung der Ungarischen Akademie der Wissenschaften (im weiteren UAW) im Jahre 1954 stellte B. FOGARASI in seinem Vortrag über die theoretischen und praktischen Probleme der Kategorisierung der Wissenschaften bzw. in dem mit „Problem der angewandten Wissenschaften“ betitelten Abschnitt dieses Vortrages folgende zwei Thesen auf: „1. Die technischen Wissenschaften sind Naturwissenschaften, 2. Zwischen den technischen und den Naturwissenschaften gibt es keinen prinzipiellen Unterschied.“ (vgl. B. FOGARASI: Wissenschaft und Sozialismus, Verlag der UAW, Budapest, 1956, S. 324, ungarisch.) In seiner Argumentation verwies Fogarasi darauf, daß die Lostrennung der technischen von den Naturwissenschaften und ihre Verselbständigung lediglich durch die zwingenden Erfordernisse der Praxis bedingt war, weil der in der Produktion erworbene gewaltige Wissensstoff verallgemeinert und systematisiert werden mußte. Sein Vorschlag ging dahin, für den Begriff der technischen Wissenschaften die Fassung „in der materiellen Produktion angewandte Naturwissenschaft“ zu wählen (ebenda, S. 326). Obgleich Fogarasi die Geringschätzung der technischen Wissenschaften und die Leugnung ihres Charakters als Wissenschaft, die man bei Vertretern der theoretischen Wissenschaften häufig antrifft, in Worten verurteilte und dem Einfluß der idealistischen Philosophie zuschrieb, distanzierte er seine eigene Ansicht dennoch nicht konsequent genug von dieser abwegigen Auffassung.

In keiner Weise kann nämlich der Formulierung Fogarasis beigeppflichtet werden, zwischen den beiden Wissenschaftsarten bestehe nur insofern ein Unterschied, als den theoretischen Wissenschaften, unter ihnen den theoretischen Naturwissenschaften, die Aufgabe zufalle, die von unserem Willen unabhängigen objektiven Gesetzmäßigkeiten zu *erschließen*, während die technischen und ganz allgemein die angewandten Wissenschaften unmittelbar bloß diese Gesetze zu *nutzen*, unserem Willen zu unterwerfen, die unbelebte und belebte Natur zielbewußt zu beeinflussen hätten. Was die technische Wissenschaft eigentlich zur *Wissenschaft* macht und von der technischen *Praxis* unterscheidet, ist nach Fogarasi nur das Studium, die Erprobung sowie die Vervollkommnung und Verallgemeinerung der Methoden der Nutzbar-

machung jener Gesetze, die von anderen Wissenschaften erschlossen wurden (ebenda, S. 325—326).

Nach dieser Auffassung werden zwei in der Wissenschaft, noch dazu in jeder Wissenschaft miteinander organisch und unlöslich verknüpfte Gebiete, die Theorie und die Methode, gewaltsam voneinander getrennt. Die Theorie bedeutet in jeder Wissenschaft das logisch zusammenhängende System der von ihr erschlossenen objektiven Gesetze, die Methode hingegen den zur Erschließung und Anwendung dieser Gesetze hinführenden Weg. Der Begriff der Methode bringt demnach den nach beiden Richtungen sich abspielenden Prozeß der Wechselwirkung zwischen Objekt und Subjekt zum Ausdruck, der Begriff der Theorie hingegen jenes eigentümliche Spiegelbild, das als Ergebnis eben dieser Wechselwirkung vom Objekt im Bewußtsein des Subjektes entsteht. Zwischen Theorie und Methode muß Einklang, Einheit bestehen, so erfordert das die objektive Gesetzmäßigkeit der wissenschaftlichen Erkenntnis. Zwar handelt es sich natürlich auch hier um eine widersprüchliche Einheit, doch können sich die einander gegenüberstehenden Seiten voneinander nicht so weit lösen, daß die Theorie schließlich der *einen*, die Methode der *anderen* Wissenschaft zugehört.

Die These, die „technische Wissenschaft sei in der materiellen Produktion angewandte Naturwissenschaft“, kann also grundsätzlich nicht akzeptiert werden, behauptet sie doch nicht mehr und nicht weniger, als daß es in der technischen Wissenschaft im Grunde genommen gar keine Theorie gibt, daß sie kein logisch zusammenhängendes System objektiver Gesetzmäßigkeiten besitzt — dieses theoretische Gebäude finde sich vielmehr in der einschlägigen Naturwissenschaft, die technische Wissenschaft hingegen stelle im Grunde bloß die Verallgemeinerung der Anwendungsmethoden einer irgendwoher entliehenen Theorie dar. Wir können hier ruhig hinzufügen, daß die empirische Zusammenfassung operativer Verfahren an sich in der Tat noch nicht als technische Wissenschaft bezeichnet werden kann. Das ist nicht mehr als eine Methode ohne Theorie, eine auf einem niedrigeren als dem wissenschaftlichen Niveau auftretende Form der produktionsgebundenen geistigen Tätigkeit, deren Tage nicht nur in der Heranbildung von Ingenieuren und Technikern, sondern auch in der Ausbildung von Facharbeitern gezählt sind.

Die Herausbildung und weitere Entwicklung der technischen Wissenschaften erbringt aber den schlüssigen Beweis dafür, daß es sich auf diesem Gebiet der Wissenschaft um eine spezifische, von Theorie und Methoden der Naturwissenschaften abweichende und aus diesen keineswegs deduktiv ableitbare Theorie und Methode handelt. Es wird somit zu prüfen sein, worin dieses Spezifikum besteht. Wegen ihrer praktischen Belange steht diese Frage ziemlich im Vordergrund.

Ein Vortrag, den S. GELEI, Mitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, auf deren Vollversammlung 1963 über die Probleme der

technischen Grundlagenforschung hielt, zeigt in der Unterscheidung der beiden Wissenschaftsgebiete dem Standpunkt B. FOGARASIS gegenüber nur wenige Fortschritte (vgl. Magyar Tudomány, 5/963, S. 338/54 ungarisch). Auch Gelei behauptete, zwischen naturwissenschaftlicher und technisch-wissenschaftlicher Forschungsarbeit könne im Grunde genommen kein Unterschied gemacht werden, denn beide befaßten sich mit den Erscheinungen in der Natur und arbeiteten hierbei nach gleichen Methoden. Insofern ging allerdings Gelei über die Auffassung Fogarasis hinaus, als er im Gegensatz zu diesem nachwies: die Pflege der technischen Wissenschaft kennt *die theoretische Grundlagenforschung zur Erschließung der objektiven Zusammenhänge* ebenso wie die Naturwissenschaft.

In seinen Ausführungen über den Unterschied zwischen den beiden Arten der Grundlagenforschung hielt er zunächst fest, daß der Naturwissenschaftler die inneren Zusammenhänge der spontan sich abspielenden, der Vertreter der technischen Wissenschaften hingegen die der künstlich herbeigeführten bzw. ausgelösten Erscheinungen sucht, um sodann zu der Feststellung zu gelangen, „... das Charakteristikum der technischen Grundlagenforschung besteht vor allen Dingen darin, daß die auftauchenden Probleme Komplexe des Zusammenwirkens zahlreicher Naturgesetze darstellen.“ (Ebenda S. 342.)

Der naturwissenschaftlichen und der technischen *Grundlagenforschung* stellte Gelei den Begriff der *Zweckforschung* gegenüber, unter dem die Anwendung bereits bekannter Gesetzmäßigkeiten zur Lösung je einer konkreten Aufgabe zu verstehen sei. Meines Erachtens wäre es richtiger, neben der Grundlagenforschung *angewandte und Entwicklungsforschungen* zu unterscheiden. Die angewandte Forschung zielt bekanntlich auf die Ausarbeitung neuer Technologien oder neuer Werkstoffe bzw. Konstruktionen ab, wobei sie sich auf die Resultate der Grundlagenforschung stützt und im Rahmen von Laboratoriums- oder halbbetrieblichen Verhältnissen, eventuell von Versuchswerkstätten verbleibt. Die Entwicklungsforschung hingegen benützt bereits die Ergebnisse der angewandten Forschungen und strebt nun schon unter großtechnischen Verhältnissen und unter weitgehender Berücksichtigung der Rentabilitätsanforderungen die Lösung je einer konkreten Produktionsaufgabe und die Fortentwicklung des Produktionsapparates an.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß *auf dem Gebiet der technischen Wissenschaften sämtliche dieser drei Forschungsarten betrieben werden müssen, während sich die Naturwissenschaften im Unterschied hierzu in maßgebendem Umfang der Grundlagenforschung widmen*, so daß von angewandten Forschungen bestenfalls im Laboratoriumsmaßstab und unter Laborverhältnissen, von Entwicklungsforschungen hingegen überhaupt keine Rede sein kann. Dies stellt meiner Auffassung nach einen sehr wesentlichen Unterschied zwischen den beiden Wissenschaftsgebieten dar!

Jene beiden Spezifika der technischen Wissenschaften, die Gelei glaubte

aufdecken zu können, bilden keine eigentlichen Unterscheidungsmerkmale, denn dieselben Spezifika sind auch den modernen Naturwissenschaften eigen: auch diese befassen sich mit der Erforschung der objektiven Zusammenhänge *künstlich ausgelöster* Naturerscheinungen, und in diesen Erscheinungen findet sich auch der Naturwissenschaftler mit *komplexen Problemanhäufungen*, mit dem wirksamen gemeinsamen Auftreten zahlreicher objektiver Gesetze konfrontiert. Auch die objektiven Zusammenhänge des Mikrokosmos und vollends die des Weltalls lassen sich nur dann erkennen, wenn man der Natur mit Hilfe künstlicher Einrichtungen wahrnehmbare Wechselwirkungen abzwingt. Hierzu bedarf es der komplizierten Zusammenarbeit von Vertretern der unterschiedlichsten Wissenschaftszweige, weil die Probleme tatsächlich in komplexester Weise auftauchen.

Wiederholt möchte ich hier betonen, daß diese künstlich erzwungene Auslösung von Wechselwirkungen, ja in weiterer Konsequenz die Schaffung einer dauerhaften neuen, künstlichen Umwelt als zielstrebige Rückwirkung des Subjekts oder, wenn es besser gefällt, des Bewußtseins auf die dieses Bewußtsein bestimmende objektive Realität zu betrachten ist, daß also diese Auslösung von Wechselwirkungen an der *Objektivität der Gesetzmäßigkeiten* nicht das geringste ändert. In seinen Randbemerkungen zu HEGELS „Wissenschaft der Logik“ bzw. zu dessen Kapitel „Objektivität“ hält LENIN zur Klarstellung der bei Hegel freilich auf den Kopf gestellten Beziehung zwischen der zweckmäßigen Natur der Technik und der objektiven Realität fest, *der objektive Vorgang habe zwei Formen*. Die eine sei die mechanische (physikalische) und chemische Natur, die andere dagegen die zielstrebige Tätigkeit des Menschen.

Wenn wir nun jenen grundsätzlichen Unterschied, jene Besonderheit formulieren wollen, die die technischen Wissenschaften von den Naturwissenschaften unterscheidet, müssen wir eben von dieser zweiten Form der objektiven Realität, von der durch den Menschen umgestalteten Natur, von jener spezifischen Einheit der natürlichen und gesellschaftlichen Momente ausgehen, die — wie eingangs gezeigt —, im Begriff der Technik ihren Ausdruck findet. *In den technischen Wissenschaften spiegelt sich also nicht die objektive Realität der Natur an sich, sondern die objektive Realität der als Komponente des gesellschaftlichen Seins existenten, mit dieser Gesellschaft in organisierter Wechselwirkung stehenden Natur wider*. Hierin besteht ihre eigentliche Besonderheit, hieraus entspringt ihre komplexe Natur, ihre im Vergleich zu derjenigen der Naturwissenschaft wesentlich größere Kompliziertheit und die auf diesem, und nur auf diesem Wissenschaftsgebiet vorhandene dialektische Einheit der Grundlagen-, der angewandten und der Entwicklungsforschung.

Eine sehr tiefeschürfende Analyse dieser Besonderheiten der technischen Wissenschaften gibt — auf seinen eigenen Wissenschaftszweig bezogen —, M. KORACH, Mitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, in seiner



Studie „Die chemische Technologie als Wissenschaft“ (vgl. Wissenschaftliches Jahrbuch der Budapester Technischen Universität, Lehrbücherverlag, Budapest, 1961, S. 186/200, ungarisch). In dieser Abhandlung nennt er vier Fundamentalgesetze der chemischen Technologie, die sich weder aus der theoretischen oder der experimentellen Chemie, noch aus irgend einem anderen Wissenschaftszweig ableiten lassen.

Das erste dieser Fundamentalgesetze ist das Gesetz des minimalen Kostenparameters, demzufolge jedes Verfahren der chemischen Technologie ein Selbstkostenminimum hat, so daß selbst die geistreichste Laboratoriumslösung wertlos wird, wenn die Selbstkosten ihrer großtechnischen Anwendung über den Marktpreis des betreffenden Produktes zu liegen kommen.

Das zweite ist das von Le CHATELIER aufgestellte Gesetz der großen Zahl von Parametern: in den Prozessen der chemischen Technologie ist es unmöglich, sämtliche Parameter voneinander abzusondern, weshalb nur die entscheidend ins Gewicht fallenden Parameter berücksichtigt und die in streng mathematischer Gestalt niedergeschriebenen Gesetzmäßigkeiten lediglich als Grenzfälle behandelt werden können.

Das dritte Gesetz ist das des Maßstabeffekts, welches besagt, daß jeder chemisch-technologische Vorgang bzw. jede chemisch-technologische Einrichtung über einen gewissen Größenbereich hinaus den Verlauf des Vorganges qualitativ verändert. Es ist dies ein weiterer Hinweis darauf, daß im Großmaßstab der betrieblichen Herstellung noch durchaus nicht gelingen muß, was im Laboratorium gelungen ist, d. h. daß der technisch-wissenschaftliche Forscher noch eine Vielzahl von Problemen lösen muß, wo der naturwissenschaftliche Forscher seine Aufgabe bereits als gelöst betrachten kann.

Das vierte, das Gesetz der Automatisierung, besagt, daß sich die Streuung der Parameter, die den chemisch-technologischen Prozeß beeinflussen, nur im Wege der Automatisierung, durch kontinuierliche Überwachung und Regelung im gewünschten Toleranzbereich halten läßt.

Ich denke, daß sich ähnlich objektive Gesetze sowie Verfahren zu ihrer Erschließung und Anwendung, mit denen sich die erwähnte Abhandlung gleichfalls eingehend befaßt, auch in anderen Zweigen der technischen Wissenschaften schon herauskristallisiert haben oder in Kristallisation begriffen sind. Offenbar handelt es sich hier um eine in der Tat spezifische Theorie bzw. Methode, die verwickelter und komplexer ist als eine naturwissenschaftliche Theorie und Methode, was eben auf die Vielzahl von Parametern, auf das Zusammenwirken natürlicher und gesellschaftlicher Momente, insbesondere aber auf die objektive Notwendigkeit einer planmäßigen Organisation der großtechnischen und gesamtgesellschaftlichen Produktion zurückzuführen ist. Ohne die weitgehende Berücksichtigung dieser Besonderheiten und der Konsequenzen, die man aus ihnen zu ziehen hat, bleibt jedes Philosophieren über die Umwandlung der Wissenschaft zur Produktivkraft ein nutzloser Leerlauf.

Dies muß um so mehr festgehalten werden, als jene, die den Rang einer Theorie nur den Naturwissenschaften zuzubilligen geneigt sind, ihre Anwendung hingegen für eine untergeordnete geistige Tätigkeit halten, die Verhältnisse auch in der Frage der Kompliziertheit und der Komplexität aus einem verkehrten Blickwinkel betrachten.

Diese maßlose Erhöhung des Elfenbeinturmes des abstrakten Theoretisierens hängt eng mit der Überschätzung jener Rolle zusammen, die die Mathematik in den technischen und den Naturwissenschaften spielt.

### III. Die Rolle der Mathematik

Selbstverständlich liegt mir nichts ferner, als die Rolle der Mathematik unterschätzen oder herabsetzen zu wollen. Sie ist das unentbehrliche Instrument zur Beschreibung der erschlossenen Naturgesetze und der im Aufbau des theoretischen Gebäudes üblichen axiomatisch-deduktiven Methode, nach der neue physikalische Erscheinungen, neue wissenschaftliche Gesetze aufgedeckt wurden und werden. Die Mathematik liefert den unentbehrlichen Formalismus für den theoretischen Apparat sowohl der Natur- als auch der technischen Wissenschaften sowie zur Formulierung und Lösung der vor ihnen auftauchenden Aufgaben. Die großen Errungenschaften der modernen Technik wären ohne die hochentwickelten mathematischen Methoden von heute undenkbar.

Indes bedient sich die Mathematik mehrstufiger Abstraktionen, weshalb in ihrer Entwicklung eine hochgradige relative Selbständigkeit zur Geltung kommt: es entfaltet sich die sogenannte „reine Mathematik“, die scheinbar ein von der naturwissenschaftlichen und technischen Praxis gänzlich losgelöstes Dasein führt. Diese Selbständigkeit trägt aber dennoch nur relativen Charakter. In seinem Buch *„Inhalt, Methoden und Bedeutung der Mathematik“* gelangt A. D. ALEXANDROW, Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Professor für Mathematik an der Universität Leningrad, zu folgender Feststellung: „Auf dem Gebiet der Mathematik sind in jüngster Zeit viele Theorien aufgetaucht, doch entwickeln sich unter ihnen nur jene zu festen Bestandteilen der Wissenschaft, die in den Naturwissenschaften und in der Technik auch angewendet werden können, oder die eine Rolle in der Verallgemeinerung jener Theorien spielen, deren Anwendung zu solchen Zwecken in Frage kommt.“

Die Möglichkeiten der Anwendung der Mathematik in den unterschiedlichsten Wissenschaftszweigen und in der Praxis des Produktionsprozesses haben sich besonders seit der Entwicklung der elektronischen Rechenautomaten vervielfacht. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß es sich beim ständigen

Anwachsen der Bedeutung der Mathematik um einen für den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt durchaus positiven Vorgang handelt. Diesen Prozeß sich tunlichts rasch voll entfalten zu lassen, gehört mit zu unseren vorrangigen wissenschaftspolitischen Aufgaben.

Wie bekannt, ist bei uns in Ungarn seit 1962 eine in Wort und Schrift geführte, überaus interessante Diskussion über die Probleme der Anwendung der Mathematik im Gange. Im Druck spielt sie sich vornehmlich in den Spalten der Zeitschrift „Magyar Tudomány“ (Ungarische Wissenschaft) ab. Wie sich gezeigt hat, muß hier ein Zweifrontenkrieg geführt werden. So erklärte beispielsweise Prof. I. FENYŐ, bei einzelnen Fachleuten, u. a. auch bei Universitätslehrern, zeige sich Widerstand gegen die Anwendung mathematischer Methoden, was zu einem guten Teil der mangelnden Orientiertheit zuzuschreiben ist: mathematische Kapitel, die moderner sind als der mathematische Wissensstoff, den sie sich angeeignet haben, und vollends ihre Anwendung kennen sie nicht oder wollen sie vielleicht auch gar nicht kennenlernen (vgl. Magyar Tudomány, 9/1963, S. 633, ungarisch).

In diesem Wissensstoff aber spiegelte sich zum überwiegenden Teil der vor 150—200 Jahren erreichte Stand der Mathematik wider, er kann also heute in keiner Weise mehr befriedigen. Die Aversion gegen die Aneignung und Anwendung der neuen mathematischen Methoden stärkt bei den komplizierteren Problemen die Neigung zum empiristischen Herantasten an die Lösung und hemmt die technische Entwicklung unserer Volkswirtschaft, weshalb sie mit aller Entschiedenheit bekämpft werden muß.

Richtig stellt Dozent M. FARKAS fest, daß in diesem Kampf die mathematischen Lehrstühle der technischen Universitäten eine ernste Rolle spielen könnten, doch müßten sie zu diesem Zweck ihr Einvernehmen mit den Fachlehrstühlen festigen (siehe hierzu Magyar Tudomány, 12/1963, S. 827). Er verweist an dieser Stelle auch auf eine weitere Gefahr, auf den Aristokratismus einzelner Mathematiker, den sie in Richtung der Anwendung an den Tag legen, und der auch dem Geist der Heranbildung von Mathematikern seinen Stempel aufprägt.

Woher aber dieser Aristokratismus bei einzelnen Mathematikern und bei einzelnen Vertretern der theoretischen Physik? Unter unseren Verhältnissen entspringt diese Erscheinung maßgeblich erkenntnistheoretischen Wurzeln, d. h. es handelt sich um eine unrichtige Interpretation von Ursprung und Inhalt der in der Mathematik üblichen mehrstufigen Abstraktionen. Diese entstammen letzten Endes gleichfalls der objektiven Realität und widerspiegeln in dem von der Erscheinung zum Wesen und zum noch tieferen Wesen führenden Prozeß der Erkenntnis die objektive Realität. Die objektive Realität ist das Primäre, das widergespiegelte Objekt, die mehrstufige mathematische oder theoretisch-physikalische Abstraktion hingegen das Sekundäre, das widerspiegelnde Bild.

Erkenntnistheoretisch gesehen, besteht jedoch auch die Möglichkeit zu einer subjektiv und objektiv idealistischen Deutung von Ursprung und Inhalt der Mathematik.

Nach der *subjektiv idealistischen*, positivistischen Interpretation ist der mathematische Apparat eine subjektive Vernunftkonstruktion, die ausschließlich der Ordnung und phänomenologischen Beschreibung unserer Messungen und Beobachtungen dient, ohne daß sie selbst einen objektiven Inhalt hätte und ohne daß aus ihr irgendwelche Folgerungen über das innere, objektive Wesen der beschriebenen Erscheinung gezogen werden könnten. Diese Auffassung würde die Anwendung der Mathematik auf die Ableitung empirischer Formeln beschränken und uns der Mathematik als eines ausgezeichneten Instrumentes zur Erschließung des Wesens berauben. Diese Konzeption trifft man häufig bei Fachleuten an, die zum Empirismus neigen. Ohne Zweifel muß diese Auffassung bekämpft werden, weil sie den wissenschaftlichen Fortschritt hemmt.

Die weiter oben charakterisierten aristokratischen Ansichten hängen jedoch eher mit der objektiv idealistischen, platonischen Interpretation von Ursprung und Inhalt der Mathematik zusammen. Nach dieser Auffassung besitzt der mathematische Apparat zwar einen objektiven Inhalt, doch bietet er keineswegs bloß das annähernd genaue Bild der physikalischen Welt, sondern stellt deren absolutes, letztes ideelles Wesen dar. Dies wird freilich nicht immer so klar und deutlich formuliert, wie etwa von Heisenberg, der sich ständig auf Platon beruft, doch manifestiert sich in den Ansichten und Methoden der Vertreter dieser Auffassung dennoch diese mathematizistische Stellungnahme. Hierfür seien hier einige Beispiele angeführt.

Ein häufiger Fehlgriff ist die Verwechslung der relativen physikalischen Invarianz mit der absoluten mathematischen Invarianz. Lange Zeit hat die Wissenschaft die weitgehende strukturelle Kompliziertheit materieller Objekte, die sich im Zustand des relativ anhaltenden und beobachtbaren dynamischen Gleichgewichts befinden, wie etwa die der festen Körper, nicht erkannt und auch von den in ihnen wirksamen, einander ausgleichenden gegensätzlichen Kräften nichts gewußt. Entsprechend hat sie sie unter weitgehender Vereinfachung als widerspruchsfreie Einheiten angesehen, die sich durch ihre Dimension allein sowie durch anderweitige einfache mechanische Zustandsgrößen kennzeichnen ließen. Die Erkennung der relativ invarianten Parameter bedeutet in dieser Konzeption nicht die Anfangsstufe der Erkenntnis, die so fortentwickelt werden muß, daß sich uns die die relative Invarianz auslösenden materiellen Wirkungen und die Schranken ihrer Ausgeglichenheit erschließen, vielmehr stellen sich die Vertreter dieser Konzeption die Invarianz als absolute mathematische Invarianz vor, um sie zum letzten ideellen Wesen der physikalischen Erscheinung zu erklären. So verfährt beispielsweise Einstein mit der Lorentz—Invarianz, während er auch die materielle Wechselwirkung fester

Körper zur wechselseitigen geometrischen Beziehung zwischen Koordinatensystemen umwandelt.

Für den naturwissenschaftlichen und technischen Forscher ist aber eben die Erschließung der materiellen Wechselwirkungen, die Erkennung der physikalischen Natur jener Effekte interessant, die beispielsweise im Teilchenbeschleuniger oder während der Beschleunigung von Erdsatelliten auftreten. Damit will er die phänomenologisch bereits bekannte Lorentz—Invarianz und die durch das Ausmaß der Beschleunigung bedingten Schranken ihrer Gültigkeit erklären. Hierin aber wird er durch die gegenwärtige mathematische Interpretation der Lorentz—Invarianz nicht unterstützt, sondern behindert.

Ein weiteres Beispiel für die Schädlichkeit des Mathematizismus: Aus der Tatsache, daß die Erkenntnis vom Einfachen zum Komplizierten ansteigt, weshalb uns viele mathematische Zusammenhänge bekannt sind, die dank der Vernachlässigung verschiedener Parameter eine verhältnismäßig einfache Gestalt annehmen, aus dieser Tatsache also ziehen die Vertreter des Mathematizismus die Folgerung, daß es *die Natur selbst* ist, die stets die *mathematisch einfachsten und elegantesten* Lösungen wählt. Diese Auffassung manifestiert sich in eklatanter Weise z. B. in der Art, wie die Maxwell'schen Gleichungen einerseits von Maxwell selbst, andererseits von Einstein gedeutet wurden. Maxwell hat seine Gleichungen als mathematische Verallgemeinerung jenes experimentell gesicherten Tatsachenmaterials aufgestellt und aufgefaßt, das er vom magnetischen Feld des elektrischen Stromes und von der elektromagnetischen Induktion als materiellen Erscheinungen gewonnen hatte. Nach Einstein ist dies eine *begrifflich* unzureichende Definition, weshalb er ihr folgende eigene Definition gegenüberstellt: „Es sind die einfachsten Lorentz-invarianten Feldgleichungen, die für einen aus einem Vektorfeld abgeleiteten schiefssymmetrischen Tensor aufgestellt werden können.“ (Einstein: Autobiographisches in P. A. Schilpp: A. Einstein als Philosoph und Naturforscher, Kohlhammer Verlag, Stuttgart 1955, S. 23.)

An anderer Stelle formuliert Einstein klar und deutlich, eine physikalische Theorie sei als um so vollkommener anzusehen, je einfacher die Struktur, auf der sie fußt und je breiter jene Gruppe von Koordinatentransformationen, gegen die die Feldgleichungen der Theorie invariant sind (vgl. ebenda, S. 29). Entsprechend sind die Gleichungen des Gravitationsfeldes so aufgestellt, daß er mit ihnen den vierdimensionalen Charakter und die durch den symmetrischen Tensor gekennzeichnete Raumstruktur sowie die Invarianz gegen die Gruppe der kontinuierlichen Transformationen postulieren kann (ebenda, S. 33—34).

Mit dem so gewonnenen Resultat ist indes Einstein nicht zufrieden, weil er Feldgleichungen für nicht genügend elegant hält, wenn sie Singularitäten, d. h. Punkte (Stellen der das Feld erregenden Massen) enthalten, in denen diese

Feldgleichungen nicht erfüllt sind. Dem Physiker stellt er als wichtigste die Aufgabe, jene Feldgleichungen zu suchen, die *überall* im Raume singularitätsfreie Lösungen haben (ebenda, S. 30). Lieber soll also aus der Physik die materielle Quelle des Feldes verschwinden, wenn bloß die Gleichungen elegant sind!

Dem gleichen Gedanken gibt DIRAC in einem für den „Scientific American“ bestimmten Artikel über die Entwicklung des physikalischen Weltbildes wie folgt Ausdruck: „Weit wichtiger ist es, schöne Gleichungen zu haben als solche, die mit den experimentellen Tatsachen übereinstimmen.“

Über die gleiche Frage äußert J. Neumann folgende Ansicht: „Das Kriterium der Frage, inwieweit und mit welchem Erfolg die Theorie das Wesen erfaßt, liegt einfach in der weiteren Frage, ob das ordnende und verknüpfende Schema in übersichtlicher und eleganter Weise eine genügend große Zahl von Erscheinungen zusammenzufassen vermag. . . Dieses Kriterium ist offenbar weitgehend ästhetischen Charakters.“ (J. NEUMANN: Der Mathematiker, Fizikai Szemle, 11/962, S. 329, ungarisch).

Und schließlich sei hier auch Heisenbergs Stellungnahme zu dieser Frage registriert. In einer Abhandlung „Der gegenwärtige Stand der Theorie der Elementarteilchen“ faßt er 1963 zunächst die Ergebnisse der einschlägigen neueren Experimente zusammen, um sodann festzustellen, daß sich die Theorie die Aufgabe gestellt hat, all diese Beobachtungen und Zusammenhänge zu klären. Das bedeute: wir müßten die Naturgesetze, die den beobachteten Erscheinungen zugrunde liegen, mathematisch formulieren und sodann nachweisen, daß aus den genau definierten Naturgesetzen in der Tat all das folgt, was uns die Erfahrung zeigt. Daneben dürfe sich der Mensch noch der Hoffnung hingeben, daß sich die Fundamentalgesetze schließlich als höchst einfach erweisen werden, auch wenn er freilich keinen Grund hat zu glauben, daß sich diese seine Hoffnung auch tatsächlich verwirklichen wird. (vgl. Tudomány és emberiség (Wissenschaft und Menschheit), Verlag der UAW. Budapest 1963, S. 310. ungarisch.)

Zum Glück vermag der philosophisch Platon verschriebene Heisenberg den nach den spontanmaterialistischen Methoden forschenden Naturwissenschaftler doch nicht ganz zu verleugnen, und so hat sich bei ihm das Postulat der mathematisch einfachen Formulierung der Naturgesetze bereits zum nostalgischen Wunschtraum gemildert. Später unterstreicht er selber die Wichtigkeit der Einsicht, daß die Invarianz gegen gewisse Symmetrien der Naturgesetze, so z. B. gegen bestimmte Transformation in Wirklichkeit nur annähernd erfüllt ist (ebenda, S. 315).

Die moderne Wissenschaft gebiert also nolens volens den dialektischen Materialismus, wie dies Lenin schon 1908 festgestellt hat. Indes läßt sich der Geburtsvorgang auch auf diesem Gebiet beschleunigen und schmerzlos gestalten. Dazu bedarf es aber u. a., daß unsere Forscher diese heute einzig folgerichtige wissenschaftliche Methode der Erkenntnis nicht instinktiv, sondern bewußt

anwenden. Hierbei sollten sie nicht von dem falschen Postulat der angeblichen logischen Einfachheit der Natur ausgehen, vielmehr die Mathematik in den Dienst der Beschreibung der natürlichen und der technologischen Vorgänge stellen, wie sie uns in ihrer vielparametrischen, verwickelten und komplexen Wechselwirkung entgegentreten. Sofern sie jedoch in diesen Beschreibungen einzelne Wechselwirkungen vernachlässigen, wie dies unvermeidlich ist, müssen sie sich der Tatsache bewußt sein, daß diese Beschreibungen von der objektiven Realität keine absolute, sondern nur eine annähernd gültige Widerspiegelung liefern werden, die einer weiteren Verfeinerung bedarf. Diese Konzeption sollten sie auch in ihrer unterrichtenden und erzieherischen Arbeit zur Geltung bringen.

#### IV. Schlußfolgerungen

Welche wissenschaftsorganisatorische und pädagogische Konsequenzen erwachsen uns nun aus dem Gesagten?

1. Da zwischen Mathematik, Natur- und technischen Wissenschaften der dialektische Zusammenhang der Einheit und der Verschiedenheit besteht, werden wir uns sowohl in der dozierenden-pädagogischen Tätigkeit als auch in der wissenschaftlichen Forschungsarbeit einer weit intensiveren und besser organisierten Arbeitsteilung und Kooperation zwischen den Forschungsanstalten der erwähnten Wissenschaftszweige und den Universitätslehrstühlen befleißigen müssen als bisher. Eine besonders wichtige Aufgabe bildet hierbei die Nutzung des komplexen Charakters der technischen Universitäten (mit den von ihnen geflegten zahlreichen Wissenschaftszweigen) und der naturwissenschaftlichen Fakultäten.

2. Eng verknüpft hiermit ist die Notwendigkeit, aus dem Unterricht und auch aus der Forschungsarbeit endlich den leeren Empirismus, die einfache Anhäufung und das Einpacken von theoretisch noch unverarbeitetem Tatsachenmaterial zu eliminieren. Die Aversion gegen theoretische Verallgemeinerungen und gegen die hierzu erforderliche Anwendung mathematischer Methoden muß überall dort überwunden werden, wo sie noch immer besteht. Andererseits werden auch die Verfahren des abstrakten Mathematizismus sowie die Gewohnheit auszuschalten sein, die vorweg postulierte Einfachheit, Eleganz und Invarianz der Gleichungen allem anderen voranzustellen.

3. In Unterricht und Pflege der technischen Wissenschaften werden bewußt jene Besonderheiten berücksichtigt werden müssen, die sie trotz aller Einheit von der Naturwissenschaft unterscheiden. Ich denke hier an ihre größere Kompliziertheit, an die Tatsache, daß sie bei den von ihnen geprüften Erscheinungen mit einer Vielzahl von Parametern rechnen müssen, an die qualitativen Abweichungen zwischen dem großtechnischen und dem im Laboratorium ausgearbeiteten Prozeß, an die Kostenparameter und ganz allgemein

an die fundamentale Bedeutung der gesellschaftlich-wirtschaftlichen Momente. Für überaus wichtig halte ich es, daß die Universitätslehrer selbst klar erkennen und auch der Hörschaft ein klares Bild darüber vermitteln: der Erfolg im Laboratorium bedeutet erst den ersten bescheidenen Schritt auf dem Wege zur Lösung der technischen Probleme. Wir dürfen uns offen eingestehen, daß diese Anschauung noch nicht zum Allgemeingut geworden ist!

4. Abschließend möchte ich noch betont der Auffassung Ausdruck geben, daß wir während jener fünf Jahre, die die angehenden Ingenieure an der Universität zubringen, keineswegs mehr anstreben können, als ihnen Mathematik, das fundamentale naturwissenschaftliche, das wichtigste gesellschaftlich-ökonomische Wissen und schließlich die Resultate der technischen Grundlagenforschung sowie die allgemeinsten und neuesten Methoden ihrer Anwendung zu vermitteln. Die ausführlichere Behandlung der Resultate der angewandten und der Entwicklungsforschung gehört nicht mehr in den Rahmen der Grundausbildung, muß vielmehr der Fortbildung vorbehalten bleiben. Nach den Unterlagen der UNESCO wächst die Wissensstoffmenge exponentiell mit der Zeit, um sich etwa alle 10 Jahre zu verdoppeln, d. h. während der fünfjährigen Studienzeit allein vermehrt sich der Stoff um mehr als 40%. Wenn wir uns also in der Modernisierung des Lehrstoffes nicht auf einen aussichtslosen Wettlauf mit der Zeit einlassen wollen, dürfen wir in der Tat nicht mehr erstreben, als soeben aufgezählt. Den angehenden Ingenieuren und Forschern müssen wir ein festes Fundament und bewährte Methoden vermitteln, die sie befähigen, sich ständig weiter fortzubilden und die in ihrer heutigen und künftigen Praxis an sie herantretenden wissenschaftlichen und Entwicklungsprobleme zu meistern.

Prof. Dr. Tibor ELEK, Budapest, XI., Múegyetem rkp. 3. Ungarn