Grenzfragen der Physik, Chemie und Physikalischen Chemie[1].

Von Erich Lange.

Zusammenfassende Inhaltsübersicht.

Die Begriffe Physik und Chemie sind auf Grund ihres heutigen Gebietsumfanges nicht klar gegeneinander abzutrennen. Um daher zu einer für manche Zwecke nützlichen Klärung des Grenzgebietes, der Physikalischen Chemie, zu gelangen, geht man zweckmäßig von einer „Energielehre", (etwa der alten Physik entsprechend) und einer „Stofflehre" (der alten Chemie entsprechend) aus. Geschichtlich hat sich von diesen beiden Seiten her allmählich ein energetisch-stoffliches Grenzgebiet, die Physikalische Chemie, entwickelt, in dem man die alten und erst recht die heutigen Gebiete der Physik und der Chemie nicht mehr auseinanderhalten kann. Dagegen ist hier ein sachlich gegliederter Überblick möglich an Hand eines stufenweisen Schemas der Bausteine der Materie (Elementarteilchen, Atom, Molekel, Molekelverband, Mehrphasensystem) und der ihren stufenweisen Aufbau bedingenden und ihre Umwandlungen begleitenden spezifischen Kräfte. Steigende Kompliziertheit dieser Baustufen geht in der Regel parallel mit zunehmender Dimension und Zahl der bekannten Vertreter, sowie mit der abnehmenden Stärke der spezifischen Kräfte. Faßt man die zu den einzelnen Baustufen gehörenden Kenntnisse zu Teilwissenschaften (z. B. Atomlehre, Molekellehre, Phasenlehre) zusammen, so entspricht ihre schon heute bestehende stufenweise theoretische Abhängigkeit dem alten Ideal der Wissenschaftslehre. Die experimentelle Forschung auf diesen Teilgebieten wäre ideal möglich, wenn die Bausteine dieser Stufen jeweils einzeln zu handhaben wären. Tatsächlich sind fast immer nur Anhäufungen in makroskopischen Phasen im Versuch zu fassen. Trotzdem lassen sich hieraus Aussagen über atomare Gebilde treffen, wenn die Häufung die atomaren Eigenschaften entweder gar nicht oder in Form einer einfachen Summierung (oder sonstigen einfachen Funktion) beeinflußt. Meist sind aber mit dieser Häufung starke Komplikationen verknüpft. Daher erfordert die experimentelle und theoretische Forschung eine klare Auseinanderhaltung dieser Teilwissenschaften. Auch

---

[1] Teilweise abgeändertes Manuskript eines im Universitätsvortragsabend Erlangen am 13. November 1933 gehaltenen Vortrages „Der Aufbau der Materie und seine Bedeutung für die Wissenschaftslehre".

im Unterricht, und zwar sowohl der Physiker und der Chemiker als auch der Physikochemiker, kann dieses Baustufenschema der Materie mit Nutzen verwendet werden.

Das Grenzgebiet zwischen der Physik und der Chemie wird heute als physikalische Chemie bezeichnet. Versucht man, etwa für die Unterrichtspraxis im weitesten Sinn, Inhalt und Umfang dieser Wissenschaft genauer anzugeben, so gerät man bald in Verlegenheit, weil selbst die Gebiete der Physik und der Chemie heute nicht immer genau genug gekennzeichnet werden. Seit einigen Jahren gibt es sogar für dieses Grenzgebiet zwei Bezeichnungen, indem man es in Lehrbüchern und Zeitschriften bald Physikalische Chemie, bald Chemische Physik nennt. Die Folgen dieser Unsicherheit gehen aus einer ganzen Reihe von Tatsachen hervor. Wenige Fragen des Hochschulunterrichtes in den exakten Naturwissenschaften sind in den vergangenen Jahren bis heute so viel erörtert worden wie Umfang der Ausbildung der Chemiker und Examensanforderungen in Physikalischer Chemie, ohne daß man zu einer allseits befriedigenden Lösung gekommen wäre. Für den Ausbildungsgang der „Physiko-Chemiker“ wird bald der alte herkömmliche Weg über die Chemie, bald der über die Physik, und zwar über die theoretische Physik, für den besten gehalten. Entsprechend neigen die verantwortlichen Stellen bei der Berufung eines Physiko-Chemikers, bald zu einem „chemisch“, bald zu einem „physikalisch“ orientierten Vertreter. Noch stärker schwanken die Ansichten über die Bedeutung der Physikalischen Chemie für die Industrie, indem man einerseits restlose Ablehnung jeder gesonderten Existenzberechtigung vertreten findet, — z. B. von einigen bedeutenden organischen Chemikern der Vergangenheit — aber ebenso das Gegenteil, indem z. B. vor einigen Jahren namhafte deutsche Industriekreise bestrebt waren, vorwiegend Physiko-Chemiker anzustellen.

Der tiefere Grund für diese Eigentümlichkeiten liegt wohl zum nicht geringen Teil darin, daß für die Klärung des heutigen Umfanges der Gebiete der Physik und der Chemie und erst recht der die Brücke zwischen diesen beiden Disziplinen bildenden Grenzwissenschaft, der Physikalischen Chemie, die bloßen historischen Begriffen nicht mehr ausreichen. Dieser Mangel tritt gerade bezüglich der Klärung der Physikalischen Chemie

deutlich in Erscheinung, da ihr zu einem erheblichen Teil die Aufgabe zufällt, an dem heute stärker in den Vordergrund gerückten, auch ins Weltanschauliche gehenden Ziel mitzuarbeiten, das ganze Gebiet von einem einheitlichen Blickpunkt aus zu betrachten zu versuchen, nach sinnvollen Gliederungen zu suchen und damit die „Einheit“ dieses Wissens nach Möglichkeit zum Ausdruck zu bringen. Manche Anzeichen sprechen dafür, daß neue Grenzziehungen in dieser Hinsicht manchmal mehr leisten als die früheren Begriffe, indem man hier gegebenenfalls mit neuen, definierten Begriffen etwas weiterkommt.

Im folgenden wird versucht werden, zuerst in einer vorwiegend historischen Kennzeichnung des gesamten Gebietes der Physik und der Chemie das bleibend Wertvolle der bisherigen Einteilungsgesichtspunkte anzugeben, und anschließend Ausblicke zu entwickeln, die sich aus einer mehr systematischen Betrachtung in theoretischer und schließlich auch in praktischer Hinsicht ergeben. Es ist unvermeidlich[1]), daß Aussagen mittels neuer Begriffe vom Herkömmlichen etwas abweichen, daß bei einer solchen allgemeinen Fragestellung das Streben des exakten Naturwissenschaftlers nach vollkommen einwandfreien Begriffen und Beziehungen nicht ganz auf seine Kosten kommen kann, und daß ein solcher Versuch auch Mängel aufweisen und vielleicht Verbesserungsvorschläge auslösen kann, wobei sich kritische Bemerkungen nicht bloß im Negativen erschöpfen sollten.

Als Ausgangspunkt unserer historischen Betrachtungen sei ein Stadium unserer exakten Naturkenntnis eingenommen, in dem ihr Wesen bereits mehr oder weniger unbewußt in der Weise erkannt worden war und die damit zusammenhängende Methodik in Forschung und Unterricht angewandt wurde, wie es heute, ungeachtet der Verschiedenartigkeit ihrer Zweige, allgemein geschieht: Auf Grund von passiv erlebten oder aktiv — im Experiment — ausgelösten Sinneswahrnehmungen erhält der forschende Mensch Kunde von der ihn umgebenden und in gewisser Hinsicht ihn selbst umfassenden „realen Außenwelt“. Deren Existenz kann zwar logisch nicht bewiesen werden, ihre

1) In ähnlicher Weise brachte die definitionsmäßige Festlegung der Begriffe „Kraft“ und „Arbeit“ Änderungen mit sich, indem z. B. sogar die ursprüngliche Formulierung des I. Hauptsatzes als „Gesetz von der Erhaltung der Kraft“ aufgegeben werden mußte.

Annahme ist aber durch hinreichende Erfahrung genügend gerechtfertigt[1]). Während aus nur einmaligen Wahrnehmungen die historischen Bilder, etwa unseres geschichtlichen Wissens, entstehen, bilden sich aus wiederholten ähnlichen Eindrücken in zunehmender Abstraktion die gesetzmäßigen, qualitativen und schließlich quantitativen Erkenntnisse der „Gesetzeswissenschaften". Besonders auf dem Gebiete der verhältnismäßig noch einfachen „leblosen" Naturerscheinungen hat dieses Verfahren zu dem großartigen Gebäude der exakten Naturwissenschaften geführt.

Mit zunehmendem Umfang wurde dieses anfangs gemeinsam erfaßte Wissen um die Dinge und Kräfte der Natur aus denkökonomischen Gründen und dank gewisser praktisch bedeutsamer methodischer Verschiedenheiten in zwei Hauptrichtungen aufgeteilt. Diese Teilung war schon durch die im praktischen Leben ohne weiteres gegebenen Unterschiede zwischen den Begriffen Kraft und Stoff vorbereitet. Sie wurde dann durch die aus den einfachsten mechanischen Bewegungen herauskristallisierenden Begriffe der Energie und der trägen Masse veranlaßt und führte zu den Wissenschaftszweigen der Physik und der Chemie. Vielleicht haben auch die etwas verschiedenen denkmethodischen Anforderungen dieser Disziplinen entsprechend den Verschiedenheiten menschlicher Neigungen und Fähigkeiten eine gewisse Rolle mitgespielt. Auf dem einen Weg gelangte man, wohl auch unterstützt durch das Streben, die Unannehmlichkeiten menschlicher Arbeitslast zu vermindern, mit schließlich immer weiter gehenden mathematischen Hilfsmitteln über das Gebiet der rein mechanischen Kraftäußerungen hinaus auch zu den andersartigen, heute bekannten thermischen, akustischen, optischen, elektrischen und magnetischen Energieumwandlungen. Diese „Energielehre" kann näherungsweise gleichgesetzt werden dem Gebiet der alten Physik. Andererseits bildete sich, begünstigt durch das Interesse an der Herstellung von Gebrauchs- und Verbrauchsstoffen, eine vor allem auf die Untersuchung der Eigenschaften und der Umwandlung der Stoffe gerichtete

1) Siehe Max Planck, Positivismus und reale Außenwelt, Leipzig 1931.

„Stoffwissenschaft“ heraus, die am ehesten mit der alten Chemie verglichen werden kann. Für die rein chemische Arbeits- und Betrachtungsweise ist es charakteristisch, verschiedene Stoffe zwecks Bildung neuer Stoffe aufeinander wirken zu lassen oder vorhandene Stoffe unter Ausnützung bestimmter Bildungsmöglichkeiten neuer Phasen (z. B. Verdampfen, Niederschlagen, Ausschütteln) in mehrere Stoffe voneinander zu scheiden.

Dieser wesentliche allgemeine Unterschied zwischen den energetischen Umwandlungen der Physik und den stofflichen Veränderungen der Chemie findet sich heute noch klar z. B. in den Haupteinteilungsgesichtspunkten von Büchern oder Vorlesungen über reine Physik (nach den Energiearten) oder reine Chemie (nach Stoffklassen), ferner in ihren Anwendungen, z. B. in der Gegenüberstellung von physikalischer und Chemo-Therapie.

Trotz dieser scheinbar klaren Trennung ist bereits frühzeitig das Streben zum Gemeinsamen der Teilgebiete zu erkennen. Bei einem großen Teil der „physikalischen“ Erscheinungen sind die Energien und die beobachtbaren Energieänderungen ohne das Vorhandensein von Stoffen mit Masse nicht denkbar, ebenso wie der Begriff des Stoffes und der Stoffänderungen von vornherein die Massenanziehungskraft umfaßt. Mit anderen Worten: eine strenge Trennung der von der „Energielehre“, der alten Physik, behandelten Erscheinungen von denjenigen der reinen „Stofflehre“, der alten Chemie, ist von vornherein unmöglich. Besonders deutlich tritt dieser stoffliche Zug der Physik und der energetische Zug der Chemie in der weiteren Entwicklung der beiden Teilwissenschaften auf. In der Physik werden namhafte Fortschritte durch Entdeckung neuer Energieumwandlungen oder neuer Beziehungen zwischen solchen Umwandlungen gerade dadurch gemacht, daß dabei immer mehr bestimmte Stoffe zugrundegelegt werden. Dies kommt in einer ganzen Reihe sogenannter spezifischer Größen zum Ausdruck. Eine typische Sammlung solcher spezifischer Zahlenwerte, solcher sogenannter „physikalisch-chemischer Konstanten“ bestimmter Stoffe, kennt der Physiker sowohl wie der Chemiker in dem für beide unentbehrlich gewordene Tabellenwerk von Landolt-Börnstein. Einer der wichtigsten Schritte in der Physik nach der stofflichen Seite erfolgte bei der experimen-

tellen Auffindung des einzelnen Atoms, der einzelnen Molekel und der mit guten Beweisen gestützten quantitativen Bilder vom Aufbau der Atome aus noch elementareren Bestandteilen. Mit der dadurch ermöglichten genaueren Theorie der Valenzkräfte war vielleicht der engste denkbare Anschluß der Physik an die Chemie und umgekehrt hergestellt: das Grenzgebiet der Physikalischen Chemie erhielt hier ein wichtiges Arbeitsfeld.

Entsprechend verläuft die weitere Entwicklung der Chemie in Richtung einer immer stärkeren Einbeziehung der energetischen Wirkungen in die Untersuchung. Die quantitative Ausnützung einer ins „Physikalische“ gehörenden Eigenschaft, der Anziehungskraft der Stoffe durch die Erde, führte zu den rein stöchiometrischen Gesetzen über die bei den Reaktionen auftretenden Änderungen der Masse (und des Volumens) der verschwindenden und entstehenden Phasen. Der darauf fußende entscheidende theoretische Fortschritt der Chemie besteht in der einfachsten theoretischen Erklärung dieser Gesetze durch die Annahme der Existenz von Atomen und von sich daraus auf Grund von bestimmten Valenzkräften in bestimmter Konstitution aufbauenden Molekeln. Der reine Chemiker rechnete nunmehr vor allem die stöchiometrisch formulierbaren, theoretisch heute durch Quantensprünge charakterisierten natürlichen oder künstlichen Molekelbildungen oder -Spaltungen zu seinem Arbeitsgebiet, die er als „dauernd“, „tiefergehend“, „rein chemisch“ unterschied von solchen stofflichen Änderungen, z. B. den Phasenumwandlungen, die mit geringerem Energieumsatz verbunden sind und mehr als „vorübergehend“ aufgefaßt und bisweilen als „physikalisch-chemisch“ bezeichnet wurden. Gerade in den letzten Jahren zeigt sich aber theoretisch und praktisch (z. B. an Hand der intermetallischen und Adsorptionsverbindungen) immer deutlicher, daß diese Einschränkung der Chemie auf die einfacheren, alten, rein stöchiometrischen Molekelumwandlungen zu eng und daher nicht ausreichend ist. Ebenfalls über die einfache Stöchiometrie hinaus führte die von Anfang an notwendigerweise mitberücksichtigte energetische Seite, die Verwandtschaftslehre. Während es sich hierbei anfänglich nur um die zum Teil auch heute noch wichtigen, weil manchmal allein möglichen, qualitativen Begriffe des präparativen Chemikers, wie Reaktionsfähig-

keit, Unbeständigkeit, sterische Hinderung, handelte, wurden allmählich durch nutzbringenden Übergang zur Messung und Einbeziehung anderer, bei Stoffwandlungen von oder nach außen wirkenden Energieformen die jüngeren physikalisch-chemischen Grenzgebiete der Thermochemie, der chemischen Thermodynamik, der Elektrochemie, der Photochemie und der Magnetochemie entwickelt, ganz abgesehen von den erst in jüngerer Zeit möglich gewordenen, etwas strengeren atom-theoretischen Valenzbetrachtungen. Auch das hierher gehörende typisch energetisch-stoffliche, physikalisch-chemische Zahlenmaterial hat in den erwähnten Tabellen von Landolt-Börnstein Aufnahme gefunden.

Als weiteres Zeichen der engen Verbundenheit der energetischen und stofflichen Seite kann man in vielen Fällen überhaupt nicht von einem physikalischen und von einem chemischen Vorgang, sondern nur von einer physikalischen und von einer chemischen Betrachtungsweise desselben Vorganges sprechen, indem er sowohl wegen seiner energetischen als auch wegen der stofflichen Umwandlungen oder Änderungen interessiert. So ist eine „chemische“ Reaktion, an der der reine Chemiker ursprünglich allein den stöchiometrischen, gewichts- oder volumenmäßigen Umsatz untersuchte, bekanntlich stets verknüpft mit thermodynamisch faßbaren Energieumsätzen (Wärmeabgabe bei einer Verbrennung, Arbeitsleistung eines Explosivstoffes). Ähnliches gilt für sog. Elementarreaktionen. Oder, es kann die einfache Erwärmung eines bestimmten Gasgemisches von NO_2 und N_2O_4 zwar allein vom energetischen Standpunkt aus untersucht werden (spezifische Wärme) und doch findet gleichzeitig eine in diesem Falle optisch leicht beobachtbare, meßbare Verschiebung des „chemischen“ Gleichgewichts zwischen beiden Molekelarten, also eine typisch stoffliche Umwandlung statt. So betrachtet, sind sehr viele Energieumwandlungen mit gewissen Änderungen der Stoffe untrennbar verbunden.

Weniger gerechtfertigt erscheint eine strenge sachliche Unterscheidung physikalischer und chemischer Gebiete auch deshalb, weil, äußerlich betrachtet, verschiedenartig erscheinende Vorgänge durchaus auf die gleichen Ursachen, auf gleiche Kräfte zurückgehen. Beispielsweise ist ein erheblicher Teil der bei der Temperaturerhöhung eines festen

Stoffes in Form der spezifischen Wärme zuzuführenden Energie bedingt durch die teilweise Überwindung derselben Anziehungskräfte zwischen den sich dabei etwas voneinander entfernenden Molekeln des Kristalles und den Atomen innerhalb dieser Molekeln, die bei der Aufteilung des festen Molekelverbandes in einzelne Molekeln (beim Sublimieren) oder bei der vollkommenen Spaltung der Molekeln in Atome (bei „chemischen" Reaktionen) zu überwinden sind. Je geringer diese Bindungskräfte, die Dissoziationsenergien in der Molekel sind, wie etwa in der J_2- oder N_2O_4-Molekel, in einem umso größeren Ausmaße geht bei der zur Messung der spezifischen Wärme nötigen Temperaturerhöhung die Dissoziation in die Spaltprodukte J bezw. NO_2 vor sich. In dem einen Fall werden sie über kürzere Strecken, in dem anderen über längere Strecken überwunden, dazwischen gibt es alle Übergänge. Daher ist z. B. bei vergleichbaren Stoffen z. B. bei den Alkalihalogeniden die zu den kurzstreckigen Vorgängen gehörende Zusammendrückbarkeit ähnlicher Kristallgitter ebenso abgestuft wie die entsprechenden Gitterenergien, die man bei der vollkommenen Zerteilung der betreffenden Kristallgitter in gasförmige Jonen aufwenden muß.

Wenn in dem Vorausgehenden bei aller Würdigung der historischen Entwicklung gegen eine strenge Scheidung der heutigen Physik und Chemie schließlich eine Reihe von erheblichen Bedenken zutage traten, so erhebt sich die Frage, ob man nicht einen möglichst sachlich gegliederten Überblick über dieses physikalisch-chemische Grenzgebiet geben kann. Tatsächlich dürfte dies heute bereits in verhältnismäßig befriedigender Weise möglich sein, wenn man die den Physiker und den Chemiker gleicherweise bekannten Vorstellungen über den Aufbau der Materie zugrundegelegt.

Die im nachstehenden Schema zum Ausdruck kommende Übereinanderordnung soll zunächst besagen, daß man sich nach den bisherigen Erfahrungen jeweils den höheren Baustein aus mehreren gleich- oder ungleichartigen elementareren Bausteinen, also die homogenen Phasen aus Molekeln, diese aus Atomen, diese wiederum aus noch einfacheren Elementarbausteinen der Materie aufgebaut denkt. Dieser meist steigende Kompliziertheit der Bausteine aufweisende Zusammenhang kommt

Aufbau der Materie

Baustufe	Aufgebaut aus:	Beispiele	Beispiele entsprech. Kräfte u. Energien	Beispiele entspr. Gesetzmäßigkeiten
Mehrphasensystem (heterogenes System)	2 od. mehreren reinen oder Mischphasen (Mehrkomponentensysteme)	Galvanische Kette: Cu | Zn | Zn⁺⁺ ⁺⁺Cu⁺⁺ | Cu (EMK)	chemisches Potential EMK	Phasenregel
↑	2(3) Phasen einer Molekel: Einkomponenten-System	Eis/Wasser	Grenzflächenkräfte, Oberflächenkräfte	Elektrochemische Gesetze
Molekelverband (homogene Phase)	verschiedenen Molekeln: Mischphase	Feste Lösung, flüss. Lösung, Gasgemisch	Solvatationskräfte	Kinetische Theorie, Thermodynamische Gesetze
↑	gleichen Molekeln: reine Phase	fester Körper, Kristall, Flüssigkeit, reales Gas, Dampf, ideales Gas	anzieh. u. richtende Gitterkräfte, anziehende van der Waals'sche Kräfte, prakt. keine anzieh. Kräfte	Gittertheorie, Gasgesetze
Molekel	verschied. Atomen: Molekel einer Verbindung: heteropolar / homöopolar	Na Cl – Molekel, CH_4 – " "		
↑	gleichen Atomen: Molekel eines Elements	H_2 – Molekel	chemische oder Valenzkräfte	Gesetze d. einfachen u. multiplen Proportionen
Atom	Kern (Protonen, Elektronen), Elektronenhülle: neutral	Na – Atom		
↑	Ion: geladen	Cl^- – Ion	Innerat omare Energie, elektrische Kräfte, Energiequanten	
Elementarladung		Neutron, Elektron ⊖, ⊕		Quantenbedingungen

Wärme Energie

in verschiedenen bekannten Regelmäßigkeiten zum Ausdruck, die allerdings nur Durchschnittsurteile darstellen, also auch Ausnahmen enthalten können.

Was z. B. die experimentell festgestellten Dimensionen der einzelnen Baustufen anbelangt, so nimmt im allgemeinen die Größe der Bausteine beim Übergang von niedrigeren zu höheren Stufen zu. Im besonderen ist dabei unter einer Phase die Mindestzahl der Moleküle gemeint, die zum Bestand einer Phase gehören. Unmittelbar oder mit gewöhnlichen experimetellen Hilfsmitteln (Mikroskop, Ultramikroskop) sind herab bis zu Ausmaßen von etwa 10^{-6} cm im allgemeinen nur Phasen- und Mehrphasensysteme erkennbar. Doch verfügt man heute auch über einige genügend feine Hilfsmittel, um die ursprünglich nur theoretisch erschlossenen Atome oder Molekeln von der Größenordnung von 10^{-8} cm, ja auch noch einzelne elementarere Bausteine (Elektronen) von schätzungsweise 10^{-12}, ja 10^{-16} cm Durchmesser wenigstens in ihrer Wirkung erfassen zu können. So kann man die von zerfallenden radioaktiven Atomkernen abgeschleuderten einzelnen α-Teilchen in Form der wundervollen

Erscheinung der auf dem Leuchtschirm eines Spintariskopes erzeugten sichtbaren Lichtblitze beobachten.

Ferner wird mit steigender Kompliziertheit die Zahl der auf den einzelnen Baustufen vorkommenden verschiedenen Vertreter immer größer. Während wir heute nur die vier Elementarteilchen Neutron, Proton, positives und negatives Elektron kennen, gibt es größenordnungsmäßig hundert verschiedene Arten von Atomkernen und Atomen (im energieärmsten Zustand), die uns im periodischen System der Elemente und ihrer Isotope bekannt sind. Die Zahl der bisher bekannten Moleküle beläuft sich nach den Sammelwerken der anorganisch- und organisch-chemischen Verbindungen auf größenordnungsmäßig einige 100000. Noch größer ist die Zahl der reinen Einzel-Phasen, da jede Molekülart in verschiedenen Phasenarten, insbesondere sogar in mehreren Formen des festen Zustandes vorkommen kann. Geradezu unendlich groß aber ist die Zahl der Mehrphasensysteme, die sich aus einer oder mehreren Molekelarten und damit aus mehreren reinen oder Mischphasen bilden können.

Weiterhin wissen wir heute auf Grund experimenteller Befunde verhältnismäßig gut Bescheid über die Natur und Stärke der spezifischen Kräfte, die den jeweiligen Zusammenhalt zwischen den niedrigeren Bausteinen eines nächsthöheren Bausteines bewirken.

Hier aber lassen sich interessante theoretische Zusammenhänge zwischen den zu verschiedenen Baustufen gehörenden Kräften erwarten und tatsächlich feststellen: je höher die Baustufe, um so geringer ist im allgemeinen die betreffende, auf vergleichbare Vorgänge bezogene Bindungsfestigkeit, um so kleiner sind die bei Aufhebung dieser Bindungen auftretenden Bindungsenergien. So entsprechen die zur elementarsten Stufe gehörenden Umwandlungen von Elementarteilchen in Lichtquanten Energieumsätzen bis zu 10^9 Elektronen-Volt, natürliche und künstliche Kernumwandlungen sind verknüpft mit Energiebeträgen von 10^6 e-Volt, die mit dem Entfernen von inneren, am festesten an das Atom gebundenen Elektronen einhergehenden harten Röntgenstrahlen erfordern einen Energieaufwand von größenordnungsmäßig 10^4 e-Volt, die Ablösung der am leichtesten an die Atome gebundenen Elektronen und die

damit zusammenhängenden Valenzkräfte im Molekül sind durch Energiebeträge z. B. von 10 e-Volt gekennzeichnet, während bloße Umwandlungen von Phasen (Verdampfen) bereits mit Energieumsätzen von rund 1 e-Volt und weniger vor sich gehen. All diese Energiebeträge sind Durchschnittswerte und können erheblich nach oben und unten schwanken.

Wichtig ist die theoretische Klärung, die dieses Schema für die Ordnung einer großen Reihe von experimentell gesicherten Gesetzmäßigkeiten in Form ihrer Zusammenfassung zu zusammengehörenden Teilwissensgebieten und in Form gewisser theoretischer Beziehungen derselben untereinander bieten kann. Zunächst kann man ohne Schwierigkeit auf jeder Stufe bestimmte Gesetzmäßigkeiten angeben, die die Eigenschaften und Wirkungsweise des betreffenden Bausteines unter den verschiedenen Bedingungen, d. h. vor allem unter den Einfluß verschiedener Energien kennzeichnen. Einerseits gehört es nun zu den bekanntesten, typisch physikalisch-chemischen Betrachtungsweisen, wenn man innerhalb dieser Gebiete bestimmte, durch spezifische Kräfte bedingte Vorgänge an diesen Bausteinen einer Stufe in ihrer Abhängigkeit von der verschiedenen Art der Bausteine miteinander vergleicht. So kann man etwa die Reichweite d. h. den primären Inhalt an kinetischer Energie der α-Strahlen für verschiedene radioaktive Atomkerne, oder die Ionisierungsspannung für eine Reihe von Atomen, oder die Dissoziationsenergie für verschiedene, ähnlich gebaute Moleküle, oder den Siedepunkt für verschiedene reine Flüssigkeiten tabellarisch oder graphisch zusammenstellen und aus diesen Vergleichen Schlüsse zu ziehen versuchen. Ferner kann man alle Kenntnisse und Gesetzmäßigkeiten, die zu den Bausteinen einer Stufe gehören, definitionsmäßig zu entsprechenden „Teilwissenschaften“ dieser Stufe zusammenfassen und so von einer „Lehre der Elementarbausteine“, einer „Atomlehre“, einer „Molekellehre“, einer „Phasenlehre“ sprechen. Vorwiegend meint man damit jeweils die Kenntnisse, die sich auf die betreffenden isoliert gedachten, einzelnen Bausteine und auf die an ihnen vor sich gehenden Prozesse beziehen.

Zwischen diese reinen „Teilwissenschaften“ lassen sich interessanterweise theoretische d. h. logische und physikalische

Zusammenhänge nachweisen: Genau so, wie die komplizierteren Bausteine aus einfacheren zusammengesetzt sind, indem die letzteren durch entsprechende spezifische Kräfte zusammengehalten werden, sollten demnach die Eigenschaften der komplizierten Gebilde durch das Zusammenwirken der Eigenschaften der nächst niederen Bausteine bedingt sein. Demnach sollten sich im Idealfall diese die Eigenschaften der höheren Stufe betreffenden Gesetzmäßigkeiten qualitativ und quantitativ aus denen der nächst niederen Stufe theoretisch ableiten lassen. Mit anderen Worten: diese Teilwissenschaften der höheren Stufe sollten stets als Spezial- oder Tochterwissenschaften der Teilwissenschaft der nächst niederen Stufe gelten und letztere, vom Standpunkt der ersteren aus gesehen, als Hilfswissenschaften angesprochen werden können. Wenn man auch in dieser Hinsicht bei weitem noch nicht am Endziel ist und dieses vielleicht nie ganz erreichen wird, so sind andererseits doch jedem Fachmann genügend Beispiele bekannt, die im Grunde genommen diesem logischen, theoretisch und praktisch wichtigen Idealziel entsprechen. So sind theoretische Ansätze bekannt, die die Aufbauprinzipien der Atome und die Zerfallsgesetze der Atomkerne aus den für die Anordnung von Elementarteilchen geltenden Quantenbedingungen zu erklären versuchen, oder solche, die die Bindungsenergie zwischen den zwei Ionen eines heteropolaren Moleküls aus der Ionisierungsenergie des Kations, der Elektronenaffinität des Anions und den Kraftgesetzen der elektrischen Anziehung und Abstoßung zwischen diesen beiden Ionen zu berechnen gestatten. Bekannt ist, daß die Zustandsgleichung einer Gasphase aus der statistischen Verteilung der kinetischen Energie auf die einzelnen Molekeln bestimmter Maße, Größe und evtl. Affinität abgeleitet werden kann, indem man die Stoßgesetze auf die Einzelstöße der Molekeln auf die Phasengrenze sowie auf die Stöße zwischen mehreren Molekeln innerhalb der Gasphase anwendet; und schließlich läßt sich die elektromotorische Kraft bestimmter Vierphasensysteme, der galvanischen Ketten, mit allen Feinheiten herleiten aus bestimmten thermodynamischen und elektrischen Eigenheiten der beteiligten Einzelphasen.

Diese stufenweise theoretische Abhängigkeit dieser Teilwissenschaften drängt unwillkürlich einen Vergleich mit einem

alten Problem der Philosophie auf, die ja ihrer Natur nach stets den Überblick über das gesamte Wissen zu wahren hat. Gerade infolge der im Laufe ihrer Geschichte immer weiter gehenden Abspaltung von Einzelwissenschaften hat sie es als eine ihrer Aufgaben, als diejenige der „Wissenschaftslehre“ betrachtet, die mehr oder weniger selbständig gewordenen Einzelwissenschaften wenigstens so gut es geht in ein System zu bringen. Als Zweck ist ganz klar formuliert worden, daß z. B. das Studium jeder „Klasse“ sich auf die Kenntnisse der vorhergehenden „Klasse“ stützt, und zugleich die Grundlage für das Studium der nächsten Klasse gibt: sicherlich ein für praktische Fragen (Unterrichtsorganisation, Einteilung eines Buchinhalts oder einer Büchersammlung) wichtiges Ziel. Es ist vielleicht kein Zufall, daß sich neben den vielen Philosophen vom Fach auch der Altmeister der physikalischen Chemie, Wilhelm Ostwald, der sich also von Berufswegen viel mit solchen Grenzgebietsfragen beschäftigen mußte, für das Problem der Wissenschaftslehre interessiert hat. Er hat mehrfach einem System den Vorzug gegeben und diesem Ausdruck verliehen, das auf ein solches von A. Comtes zurückgeht und das er unter der Bezeichnung „Wissenschaftspyramide“ folgendermaßen formulierte:

An dieser Stufenleiter interessiert hier vor allem, daß die Physik als logische Grundlage der Chemie angesehen wird. Im Sinne der Idealforderung der Wissenschaftslehre sollten also alle Gesetze der Chemie theoretisch aus denen der Physik ab-

leitbar sein. So richtig dies in einzelnen Fällen erscheinen mag (Ableitbarkeit der chemischen Valenzkräfte aus atomphysikalischen Gesetzen), so viele Ausnahmen lassen sich hierfür angeben (Verständnis der „physikalisch“ genannten Härte der Kristalle auf Grund chemischer Valenzkräfte) und man dürfte schon deshalb mit den heutigen Begriffen der „Physik“ und der „Chemie“ schlechthin nicht zu dem gewünschten Ziele kommen, weil diese Begriffe hierzu selbst erst einmal klar umrissen werden müßten. Auch die Gegenüberstellung der sich auf alle Baustufen erstreckenden Energie- und Stofflehre führt hier nicht klar zum Ziel, wenn man nicht nur die eine Tatsache ins Auge faßt, daß heute die Materie als Sonderform der Energie aufgefaßt werden kann. Umso stärker drängt sich aber der Vergleich des Ideales der Wissenschaftslehre mit den oben in Anlehnung an die Baustufen der Materie angedeuteten stufenweise zusammenhängenden Teilwissenschaften auf. Hier ist die theoretische Forderung der Wissenschaftslehre in bemerkenswerten Ansätzen, wie oben angedeutet, tatsächlich schon heute erfüllt. Man kann wohl in Analogie hierzu vermuten, daß Schwierigkeiten, die sich auch auf anderen Stufen des obigen historischen Systems der Wissenschaftslehre finden werden, sich vermeiden oder wenigstens vermindern lassen, wenn man in ähnlicher Weise auch hier rein historische Begriffe ersetzt durch ähnliche neue Begriffe, die sich definitionsmäßig an die jeweils betrachteten stufenweise immer komplizierter werdenden Gegenstände der betreffenden Wissenschaften anlehnen. Hierher dürfte etwa die „Stufenleiter“ der biologisch wichtigen Elemente, z. B. Zelle, Gewebe, Organ, Einzellebewesen, Gesellschaft gehören.

Was nun die experimentelle Grundlage der Kenntnisse in den einzelnen Teilen des Grenzgebietes zwischen „Energie“ und „Stofflehre“ anbelangt, so wäre es zweifellos das idealste, wenn man auf jeder Baustufe mit einzelnen Bausteinen, also mit einem einzelnen Elektron, einem Atom, einem Molekül oder einem Molekelverband experimentieren und so die entsprechenden Kräfte und Vorgänge untersuchen könnte. Diese Forderung ist weitgehend erfüllt bezüglich der Untersuchungsmöglichkeit der Erscheinungen an Ein- und Mehrphasensystemen, nicht aber, was die einzelnen Molekeln, Atome und die Elementarbausteine anbelangt. Hier können, von ganz

wenigen aber sehr wichtigen Ausnahmen abgesehen, in denen, wie schon oben gesagt, wenigstens die Wirkung einzelner solcher Gebilde in wirklichen Elementarprozessen beobachtbar ist, die betreffenden elementaren Bausteine wegen ihrer geringen Ausmaße nicht einmalig, sondern nur in vielfacher Häufung in den makroskopischen Mehrphasensystemen beobachtet werden. So kann z. B. der Chemiker die Zerlegung der J_2-Molekel in zwei Jodatome nicht etwa im Einzelprozeß, sondern bis heute nur in einer z. B. rund 10^{20} Jodmolekeln enthaltenden Gasphase an Hand ihrer Druck-Volumen-Verhältnisse oder an optischen oder elektrischen Eigenschaften untersuchen, indem er ihre Dissoziation durch starke Temperaturerhöhung begünstigt. Die Komplikation, mit der man dabei rechnen muß, ist deshalb von entscheidender Bedeutung, weil der Experimentator fast stets versuchen muß, aus solchen beobachtbaren makroskopischen Phasenvorgängen zu den Aussagen über die Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten der einzelnen Atome und Molekeln zu gelangen. So betrachtet, mag es dem Fernertehenden vielleicht manchmal als ein Wunder erscheinen, daß es naturwissenschaftlicher Forschungsgeist gelernt hat, aus solchen komplizierten Erscheinungen mit wachsender Sicherheit auch streng quantitative Schlüsse auf Bau und Vorgänge in atomaren Dimensionen zu ziehen.

Glücklicherweise liegen die Verhältnisse nicht immer ungünstig. Erstens kann man in manchen Fällen nachweisen, daß die atomaren Vorgänge durch die vielfache Häufung keine oder keine wesentlichen Änderungen erfahren. Dann kann man aus der allein beobachtbaren Gesamtwirkung streng auf den einzelnen atomaren Vorgang schließen. So ist etwa die Wellenlänge mancher harter Röntgenstrahlen, z. B. der sogenannten K_a-Linie eines Kupferkristalles, praktisch ohne weiteres als kennzeichnend für den Energiebetrag eines im einzelnen Kupferatom vor sich gehend gedachten Einzelprozesses anzusehen; oder, die zeitliche Veränderlichkeit der radioaktiven Strahlung einer beliebig großen Salzmenge eines bestimmten radioaktiven Stoffes kann meist unmittelbar als Maß der Zerfallswahrscheinlichkeit jedes einzelnen der betreffenden Atomkerne angesehen werden. Zweitens sind in manchen Fällen bei gleichzeitigem Zusammenwirken vieler Elementareigen-

schaften oder Elementarvorgänge die makroskopischen Befunde zwar wesentlich von dieser Häufung beeinflußt, aber glücklicherweise in Form einer einfachen Summierung. Dann kann man aus solchen sogenannten additiven Beobachtungsdaten, wie im Falle der Masse, leicht auf die betreffenden atomaren Eigenschaften schließen, wenn man nur als entscheidende Größe die entsprechende Häufungszahl kennt. Hier liegt die große Bedeutung der Auffindung der sog. Loschmidtschen Zahl $N = 6{,}06 \cdot 10^{23}$, die die Zahl der Molekeln in der vom Chemiker und vom Physiker oft verwendeten Menge eines Moles angibt.

In den meisten Fällen sind jedoch mit der Häufung von Einzelprozessen vor allem in flüssigen und festen Phasen so erhebliche Komplikationen verknüpft, daß es bisher nur teilweise gelungen ist, aus den Gesamtbeobachtungsdaten herauszuschälen, welcher Teil davon auf Elementar-Prozesse und -Eigenschaften zurückzuführen ist, und welche Überlagerungen diese durch die Häufung erfahren. Es scheint so, als ob der Unterschied zwischen den rein auftretenden und additiven atomaren Eigenschaften einerseits und den komplizierteren Eigenschaften andererseits mit der schon erwähnten Abstufung der durchschnittlichen Bindungsenergiebeträge zusammenhängt und zwar derart, daß dann weniger Komplikationen eintreten und umgekehrt die makroskopischen Erscheinungen einwandfreier zu Aussagen über die elementaren Prozesse verwendet werden können, wenn der auf der elementareren Stufe sich abspielende Prozeß, z. B. eine Kernumwandlung, mit einer vielfach intensiveren Energieumsetzung verbunden ist als die zu höheren Stufen gehörenden zusätzlichen Prozesse.

Man kann nun aus diesem Überblick gewisse praktische Folgerungen für die Forschungsmethodik ziehen. Wenn auch viele Untersuchungen, nicht zuletzt dank den Forderungen der Technik z. B. in der Elektrotechnik, sich auch in Zukunft mit weitgehend reinen Energieumwandlungen, in rein „physikalischer“ Richtung, befassen werden, andere wieder sich weitgehend präparativ im Sinne der alten reinen Chemie beschäftigen dürften (Farbenchemie, Pharmazeutica), so wird doch ein erheblicher Teil, wahrscheinlich allmählich noch zu-

nehmenden Umfanges, sich auf dem Grenzgebiet bewegen, in dem, um zum Erfolg zu kommen, sowohl die energetische als auch die stoffliche Seite, also das typisch „Physikalisch-Chemische“ beachtet werden muß. Hier ist kaum noch ein Unterschied zwischen Physik und Chemie zu finden, was ja auch heute bereits den tatsächlichen Verhältnissen entspricht, indem Forschungsrichtungen mancher physikalischer Institute an anderen Orten in den physikalisch-chemischen oder chemischen Instituten gepflegt werden. Bei der Bearbeitung solcher Grenzprobleme haben sich „physikalische“ oder „chemische“ Einseitigkeiten schon mehrfach in Form unfruchtbarer theoretischer Spekulationen oder mangelnder technischer Erfolge gerächt. So dürften bei experimentellen Untersuchungen an besonders komplizierten Mehrphasensystemen ausreichend genaue Kenntnisse von den einzelnen Baustufen und ihren Veränderungen, Umwandlungen notwendig sein, weil nur dann erkannt werden kann, welche Baustufe, von oben nach unten gesehen, bei dem betreffenden Vorgang noch eine Änderung oder vollkommene Umwandlung erfährt und welche als solche noch erhalten bleibt. Beispielsweise hat die Klärung der technisch wichtigen und interessanten sogenannten Gleichrichterwirkung eine gewisse praktische Förderung erfahren, als nicht nur die makroskopischen elektrischen, d. h. energetischen, Eigenschaften der betreffenden Phasen sondern auch die möglichen Molekelumwandlungen berücksichtigt wurden.

Auch rein theoretische Fortschritte bezüglich der Vorgänge einer bestimmten Baustufe lassen sich nicht erwarten, wenn nicht die im oben angegebenen Sinn nächst niedere Baustufe ausreichend bekannt ist. So wurden die Eigenschaften der reinen Phasen, z. B. der Gase, Kristalle, erst verständlich, als man Näheres über die einzelnen Molekeln kannte; und für die chemischen Valenzkräfte in den Molekeln fand man erst dann brauchbare Erklärungen, als der Bau und damit die Eigenschaften des einzelnen Atomes genauer bekannt geworden waren. Wo solche genaueren theoretischen Vorstellungen über einzelne Erscheinungen noch fehlen, wird man sich zweckmäßig zunächst auf bloß vergleichende Betrachtungen der Erscheinungen beschränken, die theoretisch auf die gleichen nächst elementareren Kräfte und Bausteine zurückgehen. So kann man die zu reinen

flüssigen Phasen gehörenden Daten, etwa die Verdampfungswärmen, die Oberflächenenergien, und die kritischen Daten einer Reihe von Molekelarten auch ohne vorliegende exakte Theorie miteinander vergleichen, da sehr wahrscheinlich alle diese Phaseneigenschaften auf die gleichen spezifischen Molekeleigenschaften, etwa auf ihre Größe und Anziehungskräfte zurückgehen. Für solche vergleichende Betrachtungen ergeben sich aus dem obigen Überblick über die Baustufen der Materie sicher brauchbare Anregungen.

Wesentlich komplizierter liegen sich aus dem Vorhergehenden ergebende Unterrichtsfragen auf diesem Grenzgebiet im weitesten Sinn. Hier müssen außer den rein wissenschaftlichen systematischen Fragen noch pädagogische Gesichtspunkte für die Gliederung des Lehrstoffes, z. B. einer Vorlesung oder eines Lehrbuches, Berücksichtigung finden. In der Beurteilung des Umfanges des Lehrstoffes sind zu berücksichtigen die kulturellen Belange des Staates, die Ausbildungsanforderungen der Wirtschaft, nicht zuletzt auch die Finanzkraft der öffentlichen Hand. Auch die Neigungen und die Leistungsfähigkeit sowohl der Lehrenden als auch der normal vorgebildeten Lernenden können nicht übersehen werden. Da zwischen all diesen, örtlich und zeitlich oft verschiedenen Faktoren ein nicht einfacher Ausgleich geschaffen werden muß, kann eine erschöpfende Behandlung der daraus folgenden Fragen nicht in diesem Rahmen erfolgen.

Der deutsche Hochschulunterricht in den exakten Naturwissenschaften hat es dank seiner innerhalb und außerhalb Deutschlands anerkannten Leistungen nicht nötig, erst zu beweisen, daß er im Grunde nicht schlecht fundiert ist. Das hindert aber nicht, daß er entsprechend den Fortschritten der Wissenschaft manche Verbesserungsmöglichkeiten aufweisen kann. In diesem Sinne möge gerade heute, wo manche solcher Mängel abgestellt werden sollen, einige Anregungen kurz angefügt werden, die sich auf den Unterricht in Physik, in Chemie und vor allem in dem Grenzgebiet der Physikalischen Chemie beziehen und auf Grund der vorstehenden Ausführungen über die Eigenart und Bedeutung des Aufbauschemas der Materie verstehen lassen.

Es gibt heute keinen Physiker mehr, der nicht ausreichend darüber unterrichtet wäre, daß die ursprünglich ziemlich unabhängig voneinander gefundenen Energiearten nicht vollkommen verschiedener Natur sind, sondern sich in eine Art Systematik der Energien einordnen lassen, in der einerseits die träge Masse (für Mechanik, Wärme, Akustik) und andererseits das elektromagnetische Feld (für elektrische, magnetische und optische Erscheinungen) die zentralen Ausgangspunkte darstellen. Nach neueren theoretisch physikalischen Erkenntnissen (Feldgleichungen) scheinen sich sogar diese beiden Zweige auf dieselbe Wurzel zurückführen zu lassen. Ebenso ist es heute im Chemie-Unterricht selbstverständlich, daß der in Form des periodischen Systems mögliche Überblick über die verschiedenen Elemente, Atome und die Systematik der chemischen Verbindungen, d. h. der Molekeln, vor allem in Form der sehr weit ausgearbeiteten Systeme der organischen Stoffe, mehr oder weniger ausführlich dem Unterricht zugrunde gelegt werden. Weniger häufig trifft man brauchbare Ansätze, die eine klare Übersicht über die auch sehr umfangreichen und ebenso wichtigen Ein- und Mehrphasensysteme vermitteln; dabei dürfte manches hiervon wegen der unmittelbaren experimentellen Zugänglichkeit für den Chemiker mindestens ebenso wichtig sein wie gewisse, sicher sehr interessante neue theoretische Erkenntnisse über den Atombau.

Mit wenigstens ebenso großem Vorteil dürfte man aber Nutzen ziehen können von dem noch allgemeineren Überblick über das Grenzgebiet der Physik und Chemie, wie er sich in Form des Baustufenschemas der Materie und der darin zum Ausdruck kommenden theoretischen und experimentellen stofflichen und energetischen Zusammenhänge darbietet. Diese gedankliche Basis kann dem Physiker und dem Chemiker der verschiedenen Schattierungen wie auch anderen an den exakten Naturwissenschaften Interessierten, z. B. dem Naturwissenschaftler, auch dem Mediziner, geboten werden, mit mehr Vorteil für das Verständnis der allgemeinen Zusammenhänge vielleicht, als manche Einzelheit, die er doch nicht immer im Gedächtnis behält. Dieser Vorschlag entspricht im übrigen den heute bisweilen durch das Wort „Zusammenschau“ gekennzeichneten Wünschen, die,

richtig verstanden, mit Recht gerade heute wieder erhoben werden, um den Gefahren eines zu einseitigen Spezialistentums zu begegnen. Man wird stets tüchtige Arbeitskräfte auf den Spezialgebieten und dazu Spezialausbildung benötigen, die ergänzt wird durch ein gewisses Verständnis der heute wieder etwas mehr betonten technischen und volkswirtschaftlichen Grundfragen. Aber, eine unentbehrliche Voraussetzung dafür ist von jeher, von verantwortungsbewußter Seite stets anerkannt, eine gute, selbstverständlich auf dem Boden der Erfahrung fußende Allgemeinausbildung gewesen. Die Hochschule wird ihre Aufgabe kaum darin erblicken, Nur-Physiker und Nur-Chemiker auszubilden, die sich womöglich schon gegenseitig nicht mehr recht verstehen und daher erst recht nichts von den anderen, nicht „zum Examen gehörenden“ naturwissenschaftlichen Fächern glauben verstehen zu müssen. Da das obige Schema der Bausteine der Materie zweifellos dem Verständnis der allgemeinen wissenschaftlichen Grundlagen nützt, erscheint es wünschenswert, daß in Anlehnung an dieses Schema der Physiker etwas mehr Chemie und der Chemiker etwas mehr Physik beherrscht als in glücklicherweise wohl vergangenen Zeiten, in denen das „Nebenfach“, wenn nicht sogar das Hauptfach, bisweilen zugunsten anderer Interessen in den ersten Semestern vernachlässigt wurde.

Praktisch gesprochen wäre wohl anzustreben, die Ausbildung des Physikers und die des Chemikers in den ersten Semestern etwas mehr einander anzugleichen, die gegenseitigen Lücken mehr ausfüllen, als es jetzt schon empfohlen, wenn auch nicht immer beachtet wird. Anschließend daran könnte dann zweckmäßig die etwas einheitlicher gestaltete Grundlage mit einem Überblick über das physikalisch-chemische Grenzgebiet in der Vorlesung und einem einsemestrigen physikalisch-chemischen Praktikum für Physiker und Chemiker unter Anlehnung an das erwähnte Baustufenschema ihren normalen Abschluß finden. Hierdurch würde wahrscheinlich die Leistungsfähigkeit im spezielleren Fachgebiet, bereits im anschließenden Spezialstudium, und für später das wünschenswerte gegenseitige Verständnis zwischen Physikern und Chemikern gefördert werden. Den höheren Semestern könnte wie bisher die Spezialausbildung der Physiker für die vorwiegend mathemathisch-energetischen

Probleme und der Chemiker für die vorwiegend organisch-präparative Richtung vorbehalten bleiben, die ungeachtet aller theoretischen Fortschritte auch heute große, vor allem biochemische Aufgaben zu erfüllen haben.

Was schließlich die Spezialausbildung auf dem schon heute recht großen Grenzgebiet der Physikalischen Chemie anbelangt, so dürfte wahrscheinlich die weitere Entwicklung der Unterrichtseinteilung etwa in der Richtung verlaufen, daß es neben dem heutigen Modus, nach dem es im Grunde vorwiegend physikalisch-chemisch interessierte Physiker und physikalisch-chemisch orientierte Chemiker gibt, auch einen beide Gebiete gleichmäßiger umfassenden Physikochemiker geben wird, der statt der für ihn etwas zu umfangreichen anorganischen und organischen Praktikas des reinen Chemikers vielleicht nur etwa 4 Semester systematisch ausgewählte chemische Laboratoriumstätigkeit, eine mehr mathematische, mehr theoretisch-physikalische, vor allem aber eine längere theoretische und praktische physikalisch-chemische Ausbildung als bisher erhalten wird. Daß gerade in letzterer Hinsicht diese Studienrichtung in höherem Maße als bisher auf die Herausarbeitung des Aufbaues der Materie gerichtet sein wird, daß hierzu Kernprozesse, Atombau, Molekelbau, Statistik, physikalische und vor allem chemische Kinetik und Thermodynamik, Ein- und Mehrphasenlehre gehören, bedarf nach obigen Darlegungen weiter keiner Begründung. Diese Unterrichtsaufgabe dürfte in Deutschland sogar als dringend bezeichnet werden können, was man allein schon daraus ersehen kann, daß wir zweifellos hierfür ausgezeichnete Tradition an manchen Instituten und vorzügliche Lehrbücher haben, daß aber in der Ausstattung mancher Physikalisch-Chemischer Institute und in der Gestaltung der entsprechenden Studienpläne und Promotionsordnungen zum Teil noch manche Mängel bestehen. In den Vereinigten Staaten ist in letzterer Hinsicht, in klarer Erkenntnis der Wichtigkeit, im vergangenen Jahrzehnt an mehreren Universitäten mehr getan worden als bei uns. Vielleicht ist es möglich, daß die zuständigen Stellen im neuen Deutschland, denen in dieser Hinsicht die Entscheidungen anvertraut sind, gelegentlich der jetzt im Gang befindlichen Reformpläne gewisse historisch verständliche, aber auf die Dauer gesehen verbesserungsbedürftige Ver-

hältnisse ändern und damit einer beachtenswerten Wissensrichtung die wünschenswerte verbesserte Entwicklungsmöglichkeit schaffen. Aller Wahrscheinlichkeit nach würde sich dies nicht nur in einer Befruchtung der verschiedenen Einzelwissenschaften, sondern auch, dank der Grenzgebietsnatur, in allgemeinwissenschaftlicher, weltanschaulich befruchtender Weise auswirken.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen

Jahr/Year: 1933-1934

Band/Volume: 65-66

Autor(en)/Author(s): Lange Erich

Artikel/Article: Grenzfragen der Physik, Chemie und Physikalischen Chemie 73-94