

482

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

GEORG-MARIA SCHWAB

Die Erkenntniskrise der Chemie
und ihre Überwindung

FESTREDE

MÜNCHEN 1959

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

DIE ERKENNTNISKRISE DER CHEMIE
UND IHRE ÜBERWINDUNG

FESTREDE

*gehalten in der öffentlichen Sitzung
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in München am 6. Dezember 1958*

von

GEORG-MARIA SCHWAB

MÜNCHEN 1959

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

Hochansehnliche Festversammlung!

Der große Chemiker Justus von Liebig, Präsident unserer Akademie von 1859 bis 1873, schrieb im Jahre 1865 an seinen Freund Wöhler in Göttingen: „Diese Geburtstagssitzungen in der Akademie, in denen man sich wenden und drehen muß, um das Alte in neuer Form zu sagen, sind mir höchst peinlich. Ich klage über die Flüchtigkeit der Zeit.“ Und in der Tat:

Die Aufgabe, bei der festlichen Veranstaltung einer so ehrwürdigen Akademie einen Festvortrag zu halten, ist eine außerordentlich ehrenvolle, aber ihrem Wesen nach eigentlich eine unlösbare Aufgabe. Soll doch der Redner sowohl den gelehrten Mitgliedern etwas bringen, wie auch gleichzeitig den in anderen Gebieten des Lebens, von der Verwaltung und dem Gottesdienst bis zum Hauswesen und der Säuglingspflege erfahrenen Gästen der Akademie verständlich bleiben, ja er soll ihnen sogar die Anliegen der Akademie näherbringen. Er soll ferner von den beiden Klassen der Akademie, der philosophisch-historischen und der mathematisch-naturwissenschaftlichen nicht nur verstanden, sondern mit Interesse und Gewinn gehört werden. Ich habe mir daher vorgenommen, von einem Grenzgebiet zu sprechen, wo die beiden Richtungen der Wissenschaft sich treffen. Deren sind viele: Wenn ich an mein engeres Gebiet, die Chemie, denke, so könnte ich von den Diensten sprechen, die die analytische Untersuchung antiker Funde der Archäologie leistet oder die Röntgenanalyse der Gemälde der Kunstgeschichte. Ich könnte aber auch von den zahlreichen sprachkundlichen Problemen der chemischen Terminologie sprechen oder von den Problemen der

Chemiegeschichte. Die einzige Schwierigkeit dabei wäre, daß ich naturwissenschaftliche Begriffe, die heute immer noch nicht zum Gemeingut der Gebildeten gehören (wie Gabelsberger dies von der Stenographie verlangt hat) erklären müßte. Diese Schwierigkeit kann überwunden werden; man möchte fast sagen, daß sie heutzutage allzuoft überwunden wird in einem Popularisationsrausch der Naturwissenschaften, insbesondere der Atom- und Kernphysik. Ich möchte das alles nicht tun, sondern vielmehr etwas in die psychologischen und erkenntnistheoretischen Voraussetzungen der chemischen Forschung hineinsteigen, bis zu dem Punkt, wo diese Forschung anfängt, nicht mehr mit den eigenen Methoden auszukommen und versteckte Anleihen bei ihren Schwestern von der anderen Klasse, den Geisteswissenschaften, zu machen. Denn es ist an dem, wie mir scheinen will und wie ich heute auseinandersetzen möchte.

Die Chemie rühmt sich, eine exakte Naturwissenschaft zu sein; was das heißt, erfahren wir am besten von den Physikern, die ja in der Naturwissenschaft die Exaktheit gepachtet haben. Kirchhoff sagte: „Erklären heißt, ungewohnte Unverständlichkeiten auf gewohnte Unverständlichkeiten zurückführen“, und Mach sagte: „Physik ist das Bestreben, die Sinnesempfindungen so einfach wie möglich zu beschreiben“. Alles das ist natürlich gespielte Bescheidenheit, und in Wirklichkeit haben sich diese und andere großen Physiker immer bemüht, die Zusammenhänge zwischen den Naturerscheinungen aufzufinden und quantitativ zu formulieren. Solche Zusammenhänge sind zwar zunächst empirisch; sie müssen aber zwecks ihrer Auffindung immer kausal aufgefaßt werden. Sie heißen Naturgesetze. Eine exakte Wissenschaft ist eine solche, die solche Gesetze kennt. Auch die Biologie ist zur exakten Naturwissenschaft geworden, seit sie die Vererbungslehre fand. Hat nun die Chemie solche Gesetze?

Wir können mit Ja antworten. Es sind das z. B. die Stöchiometrie und das Periodensystem. Stöchiometrie heißt, daß die chemischen Elemente in den Verbindungen immer in einem ganz

bestimmten Verhältnis vorhanden sind, nämlich in dem Gewichtsverhältnis ihrer Atome. Diese Gewichtsverhältnisse sind also eine Art Kochrezepte, die die Natur benutzt, um chemische Verbindungen entstehen zu lassen. Das Periodensystem andererseits bedeutet, daß die chemischen Elemente sich nach ihren Eigenschaften in eine Tabelle einordnen lassen, in der ähnliche Eigenschaften periodisch wiederkehren. Ein periodisches System wäre z. B. der Stundenplan einer Schulklasse, weil bestimmte Lehrstunden ähnlichen Inhalts jede Woche wiederkehren. Bei Kenntnis der beiden erwähnten chemischen Grundgesetze können wir bereits eine ganz erstaunliche Zahl chemischer Tatsachen einheitlich beschreiben, z. B. eine systematische Aufstellung aller binären Verbindungen nach Grimm oder aller Wasserstoffverbindungen nach Wiberg machen. Wir können ferner – und das ist bezeichnend für die Chemie – unsere Grundgesetze auf andere zurückführen, die der Physik angehören und von denen heute jeder fleißige Zeitungsleser schon gehört hat, nämlich auf die Gesetze des Atombaus, also die Gesetze, die die Elektronen des Atoms mit den Atomkernen verbinden und die Gesetze, die die Bausteine der Atomkerne wieder in den Kernen zusammenhalten. So scheint es, und man hat das lange geglaubt, daß die Chemie eigentlich keine selbständige Existenz als Wissenschaft mehr habe, sondern in der Physik aufgehe, so wie Bismarck einst glaubte, „Preußen gehe fortan in Deutschland auf“. In Wirklichkeit ist ja für eine lange Zeit Deutschland in den preußischen Zielen aufgegangen, und zum Teil ist es dann auch mit der Physik so gewesen, daß sie weitgehend in gewissen Zweigen zur Hilfswissenschaft für die Lösung chemischer Probleme geworden ist. Aber davon wollen wir heute nicht sprechen. Wir wollen uns vielmehr fragen, wie weit wirklich die Chemie nur ein Zweig der Physik ist, und was sie zu tun hat, um eine selbständige Wissenschaft zu bleiben.

Am besten diskutieren wir das an zwei konkreten Beispielen; das eine möchte ich aus der Zeit der glanzvollsten Entwicklung der Chemie nehmen und das andere aus einer modernen Entwicklung, an der ich persönlich einigen Anteil nehmen durfte. Es

ist bezeichnend, daß ich bei beiden Beispielen oft das Wort „Elektronen“ benutzen werde, denn Chemie ist, physikalisch gesehen, die Lehre von dem Verhalten der Elektronen in den Atomen und Molekeln. Unser erstes Beispiel ist die organische Chemie, das zweite die heterogene Katalyse. Organische Chemie heißt Chemie der Kohlenstoffverbindungen. Heterogene Katalyse heißt Reaktionsbeschleunigung an Oberflächen. Die erste ist die Grundlage all der künstlichen Farbstoffe, Arzneimittel, Fasern und Kunststoffe, die den windigen Boden unserer heutigen Zivilisation ausmachen. Die heterogene Katalyse wiederum ist die Grundlage für die Herstellung vieler Produkte, die diese Zivilisation ernähren, so der Düngemittel, der Kraft- und Treibstoffe, und leider auch der Schieß- und Sprengstoffe. Auf beiden Gebieten sind nun die chemischen Naturgesetze nicht mehr so streng, so exakt, so quantitativ wie die beiden eben genannten, und doch hat die Chemie auf beiden Gebieten staunenswerte Leistungen aufzuweisen. Das kommt nämlich daher, daß man hierfür nicht Gesetze braucht, sondern Regeln. Die organische Chemie hat durch jahrzehntelange Erfahrung einen ganzen Schatz solcher Regeln gefunden. Zum Teil lassen sich auch früher unabhängige Regeln in übergeordnete Regeln zusammenfassen. Solche Regeln bestehen etwa für den Zusammenhang zwischen dem Aufbau eines Moleküls und seinen chemischen Reaktionen oder für den Aufbau und die Farbe eines Farbstoffes, manchmal sogar für Aufbau und medizinische Wirkung. Regeln bestehen gleichermaßen für die Wirksamkeit bestimmter Stoffe als Katalysatoren bei der Treibstoff- oder Margarine-Herstellung; sie betreffen z. B. die Stellung im Periodensystem oder die Kristallstruktur eines Körpers. Sogar recht komplizierte chemische Tatsachen, die ich hier gar nicht aufführen kann, lassen sich solchen Regeln unterordnen.

Der nächste logische Schritt wäre nun natürlich die Zurückführung aller dieser Regeln auf physikalische Gesetze, genau so, wie wir das mit den beiden Grundgesetzen der Chemie vorhin

gemacht haben. Wenn man das aber versucht, dann zeigt sich sofort, daß es nicht geht, oder vielmehr, daß es nicht quantitativ geht. Es zeigt sich nämlich, daß jedesmal eine ganze Anzahl von physikalischen Gesetzen und physikalischen Erscheinungen in Anspruch genommen und kombiniert werden muß, um eine recht einfache chemische Tatsache zurückzuführen oder zu verstehen. Bei der einfachsten chemischen Verbindung aus 2 Wasserstoffatomen ist das noch einigermaßen quantitativ gelungen. Eine Kombination von elektrischen Kräften und Quantentheorie war dazu nötig. Bei den vielen chemischen Bindungen innerhalb eines organischen Moleküls aber, und sei es nur das einfache Benzol, geht es schon nicht mehr so schön, und wenn wir gar das chemische Verhalten der verschiedenen Teile eines größeren Moleküls gegenüber einem anderen Stoff beschreiben wollen, so versagen die physikalischen Gesetze leider fast völlig, weil wir nicht wissen, wie sie eigentlich zusammenwirken. Wir können dann nur noch in beschreibender Weise die physikalischen Zusammenhänge ausdrücken, etwa indem wir die Atome und Atomgruppen einer organischen Verbindung in Elektronen abdrängende und Elektronen ansaugende einteilen, und so die chemischen Regeln physikalisch verstehen, indem wir sie ohne strenge Zahlenbeziehungen eben in physikalische Regeln verwandeln.

Ähnlich steht es mit dem Zusammenspiel chemischer Stoffe mit den festen Katalysatoren bei der heterogenen Katalyse. Wir haben in den letzten $1\frac{1}{2}$ Jahrzehnten chemische Regeln experimentell ausarbeiten können, die schon sehr nach Physik riechen und die aus den früher angeführten chemischen Katalyse-Regeln physikalische Regeln – nicht Gesetze – gemacht haben. Wir wissen heute in vielen Fällen, daß die katalytische Fähigkeit eines festen Körpers energetisch meßbar ist und daß die dabei gemessene „Aktivierungsenergie“ von dem mehr oder weniger hohen Gehalt des Festkörpers an beweglichen Elektronen oder in anderen Fällen an leeren Elektronen-Plätzen bestimmt wird. Aber quantitative Zusammenhänge im strengen Sinne haben wir eigentlich nicht. In beiden Fällen, bei der organischen Chemie und bei der heterogenen Katalyse, versagt also die streng logische

Methode der physikalischen Ansätze, und es bleibt nur die Aufstellung physikalischer Regeln übrig.

Nun kann man argumentieren – und das ist im Prinzip richtig – daß die Schwierigkeiten heute nur noch methodischer Art sind und daß wir an sich genau wissen, wie wir mit den physikalischen Gesetzen zu operieren hätten, um sie bis zu einem chemischen Ergebnis durchzuexerzieren, daß aber hierfür der Rechenaufwand unermäßig groß wäre. Das ist zweifellos richtig, und zwar in beiden Fällen. Schon um die Elektronenverteilung in einem einfachen Molekül, wie dem des Wassers näherungsweise auszurechnen, kann man etwa 25 Druckseiten mit Rechnung füllen, und dasselbe gilt für die Elektronenverteilung in einem Festkörper, etwa einem Metall. Nun ist aber die Natur sicher im Grunde einfach, und die Komplikation beruht nur darauf, daß unser Gehirn für solche Aufgaben eben nicht gemacht ist. Der Schöpfer oder die natürliche Selektion hat uns ein Denkvermögen gegeben, das viel geeigneter zum Kartoffelanbau ist, als zur Molekular-Physik. Der Schöpfer selbst hat sicher eine einfachere Mathematik besessen.

Eine Milderung erfährt diese etwas verzweifelte Situation unserer chemischen Erkenntnis durch die Schaffung von mechanischen und elektrischen Rechenautomaten, sogenannten künstlichen Gehirnen. Dies sind von unserem Geist erschaffene Maschinen, die Operationen unserer Mathematik ausführen, aber viel, viel rascher als wir selbst. Jene 25 Druckseiten können automatisch in wenigen Minuten durchgerechnet werden, und es besteht Grund zu der Annahme, daß wir Probleme wie das Benzolmolekül oder eine Wechselwirkung zwischen dem Wasserstoff und einem Katalysator mit einer Maschine in erträglichen Zeiten rechnen lassen könnten. Damit wäre dann doch die Chemie nicht nur grundsätzlich, sondern sogar praktisch vollständig auf die Physik zurückführbar? Sicherlich werden sich auf diesem Wege in der nahen Zukunft noch wichtige Fortschritte erzielen lassen.

Zwei Bedenken stehen dieser Entwicklung aber entgegen, Bedenken, die unsere Lage nun doch zu einer Erkenntniskrise werden lassen. Das eine ist die große Schwierigkeit, einer solchen Maschine das richtige Programm einzufüttern, denn sie kann ja nur ausführen, was wir konzipiert haben. Es ist zu befürchten, daß für ein echtes chemisches Problem, für das wir die Physik in Anspruch nehmen wollen, häufig schon das Programmieren komplizierter wäre, als daß wir es leisten könnten oder doch komplizierter, als die Bedeutung der Einzelfrage es rechtfertigt. Und das andere Problem ist, ob das Resultat der Maschine wirklich noch das ist, was wir Erkenntnis nennen. Wenn zwischen den klar erkannten Ansätzen, von denen wir ausgehen, und dem Rechenergebnis, das wir wieder klar verstehen können, ein Chaos liegt, das nur die Maschine meistern kann, dann kann man wohl nicht mehr sagen, daß wir eine Gedankenkette vor unserem geistigen Auge haben, die wir überschauen. Wir können gewiß mit dem Ergebnis solcher Rechnungen die Natur technisch meistern, neue chemische Produkte und neue Verfahren schaffen, dieses aber nur, ohne daß wir sie eigentlich recht verstanden haben. Es ist interessant zu bemerken, daß an diesem Punkt Technik und Wissenschaft sich auseinanderzuleben beginnen und daß die Technisierung der Naturwissenschaft zu einer Technik führt, die nicht mehr das Erkennen zur Voraussetzung hat.

Bevor wir weitergehen, lohnt es sich zu betonen, daß diese erkenntniskritische Situation nicht allein der Chemie eigen ist, sondern auf einer höheren, oder auch, wenn Sie wollen, tieferen Ebene auch der Biologie. Dort handelt es sich darum, die biologischen Gesetzmäßigkeiten der Vererbung, der Determination, des Wachstums auf chemische Gesetzmäßigkeiten zurückzuführen. Groß sind die Erfolge auf diesem Wege gewesen. Der Zusammenhang zwischen den Genen der Zellkerne, den Hormonen der Körperflüssigkeiten und den Enzymen der Zellen scheint immer klarer auf. Aber selbst, wenn wir diesen Zusammenhang in einem chemischen Apparat, der Rechenmaschine vergleichbar, rekonstruiert haben, haben wir dann das Leben verstanden? Sicherlich nicht.

Wir rekapitulieren also, daß wir mit unseren auf physikalische Regeln zurückgeführten chemischen Regeln höhere Werte in der Hand halten, als es die Kombinationen der physikalischen Gesetze selbst wären. Ja es hat sich sogar gezeigt, daß die vermeintlich strenge Anwendung vereinfachter physikalischer Gesetze auf chemische Sachverhalte in die Irre führen kann, eben weil sie nicht exakt möglich ist. Viele Fehlschlüsse sind in der organischen Chemie schon vorgekommen, weil die elektronischen Gesichtspunkte nicht mit dem richtigen Feingefühl angewendet worden sind. Fehlschlüsse sind auch in der Lehre von der Katalyse gemacht worden, als man einfach die Gesetze der elektrischen Felder ohne die gebührende, aber noch nicht mögliche Berücksichtigung der Quantentheorie auf die Aktivierungsenergie anwenden wollte. Wir stehen also vor einer Erkenntniskrise insofern, als der ganz exakte Weg, die als gültig erkannten physikalischen Gesetze miteinander zu kombinieren und in lückenloser Logik auf chemische Probleme anzuwenden, nicht gangbar ist. Es bleibt uns nur der etwas unsichere Schatz der Regeln, die Ergebnisse nur liefern, wenn man sie richtig anwendet, und die in die Irre führen können, wenn man das Rezept nicht beherrscht. Wahrlich eine kritische Lage.

Wie nun aber die physikalischen Regeln richtig anwenden, d. h. so, daß sie die Natur getreu beschreiben? Dazu gehört natürlich eine genaue Kenntnis der physikalischen Gesetze in ihrer Tragweite und ihrem Sinn. Es gehört aber mehr dazu, nämlich, eben weil wir die strengen Zusammenhänge nicht kennen, das Abwägen mit Feingefühl oder Instinkt.

Und damit sind wir auf einmal auf einem Boden, der dem Naturforscher gewöhnlich recht heiß vorkommt und den er lieber dem Kollegen aus der ersten Klasse überläßt, nämlich auf dem Boden der Intuition. Welche Angst die Naturwissenschaftler vor ihr haben, und besonders in der Zeit des ausgehenden 19. Jahrhunderts gehabt haben, das hat Wilhelm Ostwald treffend zum Ausdruck gebracht, als er schrieb: „Die Entdeckung kann man

organisieren, und das Entdecken kann man lernen wie das Radeln“. Er machte sich über die „Anhänger der Intuition beim schöpferischen Menschen“ lustig, sogar als diese ihn selbst als genial bezeichneten. Ja, er glaubte, sogar in der Kunst Schönheit durch Anwendung exakter Gesetze systematisch erzeugen zu können. Seine so entstandenen Bilder und noch mehr die von ihm in seinen „Lebenslinien“ synthetisierten Gedichte beweisen allerdings das Gegenteil. Wer je Gelegenheit hatte, einem Künstler – gleich welcher Sparte, bei der Arbeit zuzusehen, der weiß, daß der Künstler nicht konstruiert, sondern in den entscheidenden Stadien seiner Arbeit gebiert, wie das Haupt des Zeus oder wie eine Mutter. Wer je selbst versucht hat, zu malen oder zu dichten, der mag das in bescheidenem Maße auch selbst erfahren haben.

Dasselbe oder Ähnliches sollte gelten in der Wissenschaft. Zunächst besonders in den Wissenschaften, die sich mit dem Menschen und den Werken seines Geistes beschäftigen, den sogenannten „Geisteswissenschaften“. Streng physikalische Gesetze über den Menscheng Geist, sein Verhalten und seine Leistungen gibt es nicht – Gottseidank nicht. Der Kunsthistoriker muß sich in den Künstler oder in seine ganze Epoche einfühlen, der Historiker in ein Volk oder in eine geschichtliche Persönlichkeit, der Sprachforscher in den nicht faßbaren Geist einer Sprache, der Philosoph in die Hintergründe und Ausläufer einer Idee, der Theologe endlich in den Willen Gottes. Die Erkenntnisse, die so gewonnen werden – oft blitzartig, zunächst aber nebelhaft –, müssen dann natürlich unterbaut werden durch möglichst exakte Forschung, müssen geprüft werden, ob sie sich den früher erkannten Tatsachen und Gesetzmäßigkeiten einfügen – aber wären sie je aus diesen Regeln allein logisch erschlossen worden?

Sollte es in den Naturwissenschaften grundsätzlich anders sein müssen, oder können wir bei den Geisteswissenschaftlern in die Lehre gehen? Das Feingefühl für das Zusammenwirken der physikalischen Einflüsse in der Chemie, von dem wir vorher sprachen, kann nicht durch Rechnen erworben werden, wie wir sahen. Es kann wohl durch Erfahrung verfeinert werden, aber bei begnadeten Forschern ist es angeboren. Ein organischer

Chemiker von den Ausmaßen eines Heinrich Wieland wußte ohne Physik, wie eine Molekül-Formel aussehen würde oder was das Ergebnis einer bestimmten Reaktion sein würde. Auch er hat dann seine Vorstellungen durch exakte Versuche unterbaut und bewiesen; aber nie hätten diese Versuche allein oder rationale Überlegungen allein ihm seine bewundernswerten Ergebnisse geliefert. Und was die Katalyse betrifft, so könnte ich den Stuhl noch angeben, auf dem die Idee des elektronischen Mechanismus zuerst aufdämmerte, die dann in jahrelangen Versuchen immer wieder bewiesen werden mußte und konnte. Hier in München hat Justus v. Liebig als Präsident unserer Akademie im Jahre 1865 in der Festsitzung am Geburtstag des Königs eine Rede „über den Ursprung der Ideen in der Naturwissenschaft“ gehalten und hat darin bereits zum Ausdruck gebracht, daß die Ideen unabhängig von den Tatsachen im Kopfe des Forschers entstünden. Und Liebig mußte es wahrlich wissen!

Die Geschichte der Wissenschaft kennt viele Beispiele von Eingebungen, die wissenschaftliche Probleme gelöst haben, teils als freundliche Anekdoten, teils als verbürgte Tatsachen. Die letzteren sind allerdings seltener, weil gedankliche Irrwege und Umwege und ihre Lösung gewöhnlich nicht mit publiziert werden. Freundliche Anekdoten sind z. B. die folgenden: Als Newton in seinem Garten spazieren ging, da fiel ein Apfel vom Baum, und diese einfache Beobachtung erweckte in ihm die Vorstellung von der Massenanziehung der Erde und von der bewegenden Kraft. Als Robert Mayer in Soerabaja das Wellenspiel auf der Rheede beobachtete, dämmerte ihm das Gesetz von der Erhaltung der Energie, und als Kékulé mit dem Omnibus am Londoner Zoo vorbeifuhr, sah er die Affen einen Reigen tanzen, und das erweckte in ihm die Vorstellung von der Ringstruktur des Benzols.

Verbürgt wissen wir, daß Nernst den Dritten Hauptsatz der Wärmelehre fand, als er vergessen hatte, die untere Grenze an ein Integral zu schreiben, und daß Priestley den Sauerstoff entgegen dem Ostwald'schen Schema entdeckte, obgleich er ganz falsche Vorstellungen vom Wesen der Verbrennung hatte. Die Beispiele, wo solche Eingebungen den Gang der wissenschaft-

lichen Entwicklung maßgebend beeinflußt haben, ließen sich beliebig vermehren.

Nun wollen wir aber maßhalten und nicht in den Irrtum des Dichters verfallen, der geschrieben hat:

Laß die Moleküle rasen,
Was sie auch zusammenknobeln,
Laß das Tüfteln, laß das Hobeln,
Heilig halte die Ekstasen.

Wir wollen nicht auf die Ekstasen warten, die uns die Früchte in den Schoß fallen lassen, ohne daß wir etwas dazu täten. Wir wollen uns nicht der höhnischen Kritik Mephisto's aussetzen, der Faust schilt:

Ein überirdisches Vergnügen,
In Nacht und Tau auf den Gebirgen liegen. . .
Der Erde Mark mit Ahnungsdrang durchwühlen,
Alle sechs Tagwerk im Busen fühlen. . .
Verschwunden ganz der Erdensohn,
Und dann die ganze Intuition —
Ich darf nicht sagen, wie — zu schließen.

Wir wissen, daß die wissenschaftlichen Eingebungen nicht dem Faulpelz morgens beim Rasieren einfallen, sondern daß die Prädisposition zu guten Einfällen, daß die Fähigkeit zum Einfühlen in die Tatsachen erarbeitet sein wollen. Newton hatte mit dem Problem der Gravitation, Kékulé mit dem Benzolproblem, Nernst mit dem Wesen der Wärme und Temperatur jahrelang gerungen, und Priestley hatte mit Gasen jahrelang experimentiert, als ihnen der göttliche Funke zu Hilfe kam. Das ist auch ganz natürlich so und muß ganz besonders bei der vorher geschilderten Situation der Chemie so sein. Wie kann uns ein rettender Einfall oder auch nur ein richtiges Gefühl für das Zusammenwirken der physikalischen Gesetze in den chemischen Vorgängen kommen, wenn wir diese Gesetze nicht genau gelernt haben, wenn wir die Problemlage nicht kennen und nicht über sie nachgedacht haben?

Wer immer strebend sich bemüht,
Den können wir erlösen.

Das ist ein wichtigerer Satz in der Wissenschaft als der andere:

Es irrt der Mensch, solange er strebt.

Gerade, wenn wir beim Künstler in die Lehre gehen wollen, so müssen wir auch die harte Arbeit, das Ringen mit dem Problem von ihm lernen.

Es wird oft über die „Schulwissenschaft“ gescholten und sogar gespottet, die auf Grund verknöchelter Theorien den frischen Hauch des Genies nicht verspüren wolle und die bedeutenden Entdeckungen der Schuster und Schneider nicht anerkennen wolle. Nun, solche Entdeckungen sind in letzter Zeit immer seltener geworden, eben weil heutzutage zum Entdecken die notwendige Voraussetzung eben die Schule der Wissenschaft und das ehrliche Erarbeiten ihrer Ergebnisse und ihrer Gesetze ist. Und gerade die Schulwissenschaft unserer Hochschulen und Akademien hätte ihre glanzvolle Geschichte nicht, wenn nicht die Intuition vieler großer und kleiner, aber fleißiger Forscher gewirkt hätte.

Was ich sagen möchte, ist, daß der Verzicht auf eine exakte mathematische Chemie, so betrachtet, kein Verzicht ist, sondern eine Hoffnung, dahingehend, daß die Eigengesetzlichkeit der chemischen Mannigfaltigkeit nur durch eine Kombination von sorgfältiger theoretischer und experimenteller Arbeit mit glücklichen Einfällen und dem, was wir das „chemische Gefühl“ nennen, erfaßt, verstanden und beherrscht werden kann. All dieses mag aus dem Munde eines physikalischen Chemikers überraschend klingen; aber vielleicht ist es gerade die Beschäftigung mit diesem Grenzgebiet zwischen Physik und Chemie, die auch die Grenzen des Grenzgebietes klarer erkennen läßt.

Vor Wochen, als ich noch mit heutigem Vortrag schwanger ging, da habe ich in einem Hotel, halb zum Scherz, die Bibel

aufgeschlagen, die dort auflag. Sie mögen es Intuition, Sie mögen es Zufall nennen, wir wollen nicht so vermessen sein, es Gnade zu nennen, kurz, mein erster Blick fiel auf einen Satz, mit dem Sie mich bitte schließen lassen. Er steht im 77. Psalm als 7. Vers: „Ich denke des Nachts an mein Saitenspiel und rede mit meinem Herzen, denn mein Geist muß forschen“.