

BONNER AKADEMISCHE REDEN

13

Die lebende Natur
als Quelle und Vorbild
für die Chemie

Rede
zum Antritt des Rektorates
der Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität in Bonn
am 6. November 1954

von
DR. BURCKHARDT HELFERICH
ord. Professor der Chemie

1955

PETER HANSTEIN VERLAG GmbH. BONN

„DIE LEBENDE NATUR ALS QUELLE UND
VORBILD FÜR DIE CHEMIE“

In der Geschichte der Universität Bonn ist es das fünfte Mal, daß ein Chemiker durch das Vertrauen der Kollegen zum Rektor unserer alma mater gewählt worden ist. In den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts war es Karl Gustav Bischof, der erste, der seit 1821 den damals neugegründeten Lehrstuhl für Chemie innehatte. Kékulé war Rektor im Jahre 1877/78. Anschütz bekleidete das Amt des Rektors 1915/16 und mein Vorgänger, Paul Pfeiffer, im Jahre 1931/32.

Ein Chemiker, der vor einem großen, gebildeten, aber chemisch nur zum geringen Teil ausgebildeten Kreis von seiner Wissenschaft sprechen soll, sieht sich einer ungewohnten und schwierigen Aufgabe gegenüber. Wollte er erzählen, was ihn an einer einzelnen Stelle der Front seiner Wissenschaft brennend interessiert, so wäre er sogar vielen seiner Fachgenossen langweilig oder unverständlich. Die Sprache, an die er gewöhnt ist in Worten und in Zeichen — den chemischen Formeln — ist zwar über die ganze Erde den Chemikern aller Völker verständlich, stößt aber bei Nicht-Chemikern, auch des

eigenen Volkes und der eigenen Sprache, auf wenig Gegenliebe. Versuche, die sonst zum Verständnis chemischer wie überhaupt naturwissenschaftlicher Vorträge entscheidend beitragen können, sind mir heute vorzuführen versagt. Ja, nicht einmal Tafel und Kreide oder die Projektion von Bildern zur Erläuterung des Gesagten ist am Platze. Es ist, wie wenn ein Musiker vor nicht-musikalischen Menschen sprechen muß, dabei aber weder vorspielen darf, noch die Kenntnis von Noten und Melodien voraussetzen kann.

Um diesen Schwierigkeiten wenigstens einigermaßen zu entgehen, wird mein Vortrag im wesentlichen Geschichtliches aus meiner Wissenschaft bringen. Zustatten kommt mir heute, im Gegensatz zu früheren Zeiten, daß die Ergebnisse chemisch-wissenschaftlicher Forschung sehr populär, fast zu populär geworden sind. Wenn auch die Wege der „Schwarzen Kunst“ der Adepten heute wie zur Zeit der Alchimisten, selbst dem gebildeten Publikum meist verschlossen sind, so spielen diese Ergebnisse im täglichen Leben der zivilisatorisch hochentwickelten Völker eine so große Rolle, daß wohl jeder von Ihnen fast täglich damit in Berührung kommt.

„Die Natur als Quelle und Vorbild für die Chemie!“

Nach einem Rat von Wilhelm Busch soll ein Teil einer guten Rede allen unverständlich bleiben. Bei dem gewählten Thema hoffe ich, diesen Teil möglichst klein zu halten. Aber es ist für eine kurze Stunde noch zu weit gefaßt. Denn zur Natur gehört die uns umgebende leblose wie die lebendige Welt, gehört unsere Erde mit Ober-

fläche und Inhalt genau so wie die Sterne und der ganze Weltraum, soweit er mit Materie erfüllt ist. So will ich mich noch enger fassen und zu Ihnen sprechen über „Die lebende Natur als Quelle und Vorbild für die Chemie“.

Frühere Jahrhunderte haben für die chemische Kenntnis von Substanzen der lebenden Natur nur wenig beigetragen. Die Welt der Steine, der Metalle, der Erze, der Erden war leichter zu bearbeiten. In vielen Fällen liefert diese Welt schon Substanzen großer chemischer Reinheit, z. B. in schönen Kristallen. Außerdem liegt diesen Entdeckungen das uralte Bestreben zugrunde, diese Substanzen, vor allem die Metalle, zu gewinnen und zu verwerten. Nur ganz vereinzelt tauchen Entdeckungen auf, die auch Substanzen der lebenden Natur in einer gewissen chemischen Einheitlichkeit und Reinheit beschreiben. Es waren dies vorwiegend solche Stoffe, die sich durch besondere Eigenschaften aufdrängten, Duftstoffe, Farben, süßschmeckende Verbindungen wie Zucker und schließlich auch Fette, die durch ihre besondere Eigenschaft, vor allem der Wasserunlöslichkeit, leicht abzusondern und zu reinigen waren. Denn mit nur sehr seltenen Ausnahmen liefert die lebende Natur im heutigen Sinne chemisch einheitliche Verbindungen, sondern meist sehr komplizierte Gemische. Immerhin wird schon 1615 von dem Italiener Fabriccio Bartoletti aus Bologna der Milchzucker beschrieben. Um 1620 gewinnt Turquet de Mayerne durch Erhitzen Benzoesäure aus dem Benzoe-harz. Glauber, dessen 350. Geburtstag wir in diesem Jahre

feiern, entdeckt 1657 den kristallisierten Traubenzucker aus Rosinen, aus Honig und aus eingedicktem Most. 1660 stellt Nicolaus leFèbre das Senföl aus Senf her. 1747 entdeckt Marggraf den Rohrzucker in der Runkelrübe. 1729 wurde durch Boerhave und später noch einmal 1773 durch Rouelle der Harnstoff im Harn gefunden.

Diesen vereinzelt Entdeckungen steht eine große Fülle von Entdeckungen im Gebiet der Substanzen der leblosen Welt, der anorganischen Chemie, auch in diesen Jahrhunderten gegenüber.

Systematisch und bewußt hat wohl als Erster und mit großem Erfolg Karl Wilhelm Scheele nach Substanzen der lebenden Natur gesucht. Scheele ist in dem damals schwedischen Stralsund 1742 als Sohn nicht besonders begüterter Eltern geboren. Er wurde Apotheker, eine Ausbildung, die damals wie heute als Lehrling begann, aber damals ohne Hochschulstudium vollendet werden konnte. Er ist dann sein ganzes Leben lang in Schweden als Apotheker tätig gewesen. Scheele war eine echte, große Forschernatur. Er war neben seinem Berufe aus Freude am Forschen dauernd tätig, und wir verdanken ihm eine große Anzahl wichtiger Entdeckungen auf allen Gebieten der Chemie. Es gelang ihm, als Substanzen der lebenden Natur Blausäure, Weinsäure, Zitronensäure, Apfelsäure, Milchsäure, Harnsäure und Glycerin zu isolieren, Substanzen, die auch heute noch Interesse im Gebiet der Chemie und Physiologie besitzen. Es gelangen ihm diese wichtigen Entdeckungen in der kurzen Spanne von 1769 bis 1783. Ihm folgten weitere Chemiker, von

denen nur einige besonders wichtige genannt seien: Ser-türner isolierte 1805 das Morphin in ziemlich reiner Form, Vauquelin 1809 das Nicotin, Robiquet und Colin 1826 das kristallisierte Allizarin, das schon seit Jahr-hunderten als wertvoller roter Farbstoff für Baumwolle bekannt war.

Inzwischen war in der theoretischen Behandlung chemi-scher Fragen ein großer Fortschritt erzielt worden. Ele-mente und Atome, früher nur mehr oder weniger vage Begriffe, waren durch experimentelle Erfahrungen scharf definiert. Analysen-Methoden waren ausgearbeitet, die es erlaubten, chemische Substanzen, Verbindungen auf ihre summarische quantitative Zusammensetzung zu unter-suchen und das Resultat dieser Untersuchungen in einer Summenformel niederzulegen. Diese summarische Ana-lysen-Methode war vor allem durch die Arbeiten von Dumas und von Liebig auch auf die aus der lebenden Natur gewonnenen Substanzen ausgedehnt worden. Gegenüber seinen Molekülen war damit der Chemiker etwa in der Lage eines Altertumsforschers, der aus den Trümmern eines vollständig in seine Bausteine zerfalle-nen Bauwerks abzählen kann, wieviel gelbe, rote und braune Ziegelsteine das Gebäude gebildet haben, der aber über die Art der Zusammensetzung dieser Bausteine, also über das Gebäude selbst, als Ganzes nichts aussagen kann. Während bis dahin die Isolierung reiner, einheit-licher Substanzen das Ziel chemischer Arbeiten war, konnte man nun auf Grund dieser quantitativen A n a l y s e angeben, aus welchen Atomarten und wieviel

einzelnen Atomen das Molekül einer reinen chemisch einheitlichen Verbindung zusammengesetzt ist.

Aber immer noch klaffte zwischen den Substanzen der nicht lebenden Natur und den Substanzen, die aus lebenden Organismen gewonnen waren, eine große Kluft. Jene konnte man ohne Zuhilfenahme der Retorte nicht nur ineinander umwandeln, sondern auch aus einfacheren Verbindungen, ja oft aus den Elementen selbst ohne Zuhilfenahme eines lebenden Organismus herstellen. Diese, die Substanzen der lebenden Natur, konnte man in der Retorte wohl chemisch verändern und abbauen, es war aber in keinem Fall bis dahin gelungen, sie ohne Zuhilfenahme des Lebens aus einfacheren Verbindungen oder gar aus den Elementen selbst aufzubauen. So waren damals die anorganische Chemie und die organische Chemie theoretisch scharf getrennt. In der Woehlerschen Übersetzung eines Lehrbuches der organischen Chemie von Berzelius, 1827, ist dieser Unterschied folgendermaßen ausgedrückt: „Das Wesen des lebenden Körpers ist nicht in seinen unorganischen Elementen gegründet, sondern in etwas anderem. Dieses Etwas, welches wir Lebenskraft nennen, liegt gänzlich außerhalb den unorganischen Elementen.“ Der Glaube daran, daß nur diese Lebenskraft imstande sei, die Substanzen der lebenden Natur aus einfacheren Verbindungen herzustellen, und der auch von der Philosophie der damaligen Zeit vertreten wurde, war auch bei den Chemikern, auch bei Berzelius, festgewurzelt, „fester“ — um wieder mit Woehlers Worten zu sprechen —, „als daß wir jemals hoffen

könnten, es zu wagen, organische Stoffe künstlich hervorzubringen und... die Analyse durch die Synthese zu bestätigen.“

Für dieses Dogma kam schon ein Jahr später eine katastrophale Entdeckung, deren Tragweite und Bedeutung allerdings erst sehr allmählich erkannt wurde: Anfang 1828 schreibt der gleiche, damals 28jährige Friedrich Woehler an seinen Lehrer und Freund Berzelius, bei dem er kurz vorher ein Jahr gearbeitet hatte: „Ich muß Ihnen erzählen, daß ich Harnstoff machen kann, ohne dazu ein Tier, sei es Mensch oder Hund, nötig zu haben.“ Und er fügt die Frage hinzu: „Kann man die künstliche Bildung von Harnstoff als ein Beispiel von Bildung einer organischen Substanz aus einer unorganischen ansehen?“ Die Woehlersche Entdeckung war ausgesprochen eine Zufallsentdeckung, die Folge eines mißglückten Experimentes. Woehler wollte vermutlich nur das Ammoniumsalz der Cyansäure herstellen, eine Substanz, deren Gewinnung auch für die damalige Zeit theoretisch folgerichtig auf dem von Woehler beschrittenen Wege möglich war (und möglich ist). Man ist vielleicht geneigt, solche Zufallsentdeckungen als ein minderes Verdienst des Entdeckers anzusehen. Es mag sein, daß es dem Experimentator zunächst mehr Freude macht, ein von ihm vorausgerechnetes oder vorausgeahntes Ergebnis zu finden. Mir scheint es mindestens gleichwertig, wenn nicht sogar verdienstvoller, aus unerwarteten Ergebnissen mißglückter Experimente die richtige Schlußfolgerung zu ziehen und nicht achtlos an ihnen vorbeizugehen. Unerwartetes und

Neues läßt sich nicht vorausberechnen. Es muß als naturgegeben erkannt werden und öffnet dann oft das Tor zu neuen Erfahrungen, denen sich nachträglich auch die Theorie beugen muß.

Es ist interessant, was Berzelius, der fest an die damalige Definition der Lebenskraft glaubte, Woehler geantwortet hat: „Nachdem man seine Unsterblichkeit beim Urin angefangen hat, ist wohl aller Grund vorhanden, die Himmelfahrt in demselben Gegenstand zu vollenden... Es ist eine recht wichtige und hübsche Entdeckung, die Herr Doktor gemacht haben.“

Auf die Frage der Lebenskraft geht Berzelius in seiner Antwort überhaupt nicht ein. Und so legt auch Woehler diese Auswertung seiner Entdeckung zunächst beiseite, um so mehr, als die Ausgangsmaterialien für seine Synthese, Cyansäure und Ammoniak, damals auch nur als Zeretzungsprodukte von Substanzen der lebenden Natur galten.

Es mußten erst mehr derartige Synthesen gefunden werden, um den Glauben an diese besondere synthetische Fähigkeit der Lebenskraft zu erschüttern. 1845 führte Hermann Kolbe die Synthese der Essigsäure aus den Elementen durch. Ihm war es voll bewußt — und er schreibt es auch in seiner Arbeit —, daß damit die Synthese einer aus der lebenden Natur stammenden Substanz ohne Zuhilfenahme der Lebenskraft erreicht war. Aber er erkennt die Bedeutung der 17 Jahre älteren Harnstoffsynthese von Woehler an, mit dem Unterschied, daß er Woehlers Resultat als ungewollt, sein Resultat aber mit

Recht als bewußt, beabsichtigt hinstellt: „Woehler ging aus, ein Eselein zu suchen (das Ammoniumcyanat) und fand ein Königreich.“ In seinem Lehrbuch der organischen Chemie schreibt Kolbe (1853): „Mit dieser wichtigen Entdeckung (der Harnstoffsynthese Woehlers) war die natürliche Scheidewand, welche bis dahin die organischen Verbindungen von den unorganischen trennte, gefallen... und einer Klassifikation der chemischen Verbindungen in organische und anorganische — in ihrer früheren Bedeutung — fehlte daher der naturgemäße Grund.“ Man muß sich fragen, warum trotzdem systematisch auch heute noch anorganische und organische Chemie getrennt geführt werden. Mit einem gewissen Recht lebt die alte Begründung für diese Trennung auch heute noch weiter. Denn sehr viele Verbindungen der organischen Chemie, nach der heutigen Definition der Kohlenstoffverbindungen, spielen im lebenden Organismus eine große Rolle. Außerdem hat diese Trennung praktische, wenn auch sehr äußerliche Gründe. Denn die Zahl der heute bekannten Kohlenstoffverbindungen übertrifft die Zahl der bekannten Verbindungen aller anderen Elemente zusammen genommen um ein Vielfaches... Mir scheint aber, daß die systematische und nur noch sehr äußerlich definierte Trennung in anorganische und organische Chemie mehr denn je im Schwinden begriffen ist. Ein großes Grenzgebiet kohlenstoffhaltiger, aber sehr willkürlich der anorganischen Chemie zugerechneter Verbindungen hat sich entwickelt. Ionen und ihre Reaktionen, die lange Zeit eine Domäne der anorganischen Chemie waren und große

Teile dieser Chemie beherrschen, haben in steigendem Maße zur Erklärung organisch-chemischer Reaktionen Bedeutung gewonnen. Im lebenden Organismus selbst spielen nicht nur die Kohlenstoffverbindungen, sondern auch eine große Zahl von Verbindungen und Salzen anderer Elemente eine entscheidende Rolle. Die Gesetze der Physik und der physikalischen Chemie gelten naturgemäß für beide Gebiete, mögen sie auch bei den oft komplizierteren Fällen der organischen Chemie schwieriger zu erkennen und anzuwenden sein. Wir sollten uns hüten, die Trennung zwischen anorganischer und organischer Chemie zu weit zu treiben — z. B. durch unnötige Aufteilung von Lehrstühlen —, um nicht die fruchtbare Verbindung zu verlieren, die sich als geistiges Band um die ganze Chemie schlingt.

Es ist offenbar vor allem für die Philosophen und die philosophisch orientierten Naturforscher des vorigen Jahrhunderts sehr schwer und schmerzlich gewesen, die alte Definition der Lebenskraft aufzugeben, zumal sie für viele nicht nur eine naturwissenschaftliche, sondern eine religiöse Frage war. So schreibt Gotthilf Heinrich von Schubert, der einmal von anderer Seite als der frömmste der damaligen Naturforscher bezeichnet wurde, in seiner Naturlehre im Jahre 1853, also vor nur 100 Jahren: „Denn obgleich die Chemie durch den Zauber ihrer Kunst die meisten ihrer Verbindungen der Grundstoffe, aus denen die unorganischen Körper bestehen, nachmachen, aus ihren Elementen zusammensetzen und dies wieder von einander scheiden kann, vermag sie doch weder Mehl

noch Wein, weder Öl noch Zucker, noch weniger aber Fleisch, sowie alle anderen organischen Gebilde des Tier- oder Pflanzenleibes aus den einfachen Elementen wieder zusammen zu fügen...“ Inzwischen sind Öl und Zucker der Totalsynthese des Chemikers zugänglich geworden. Ob heute schon synthetische Weine unserem Geschmack ganz entsprechen, ist freilich fraglich. Ein synthetischer Braten oder Brot aus synthetischem Mehl ist noch keinem von uns vorgesetzt worden.

Was durch die Synthesen von Woehler, von Kolbe und heute von vielen anderen erreicht ist und was nicht erreicht ist, drückt Liebig im 23. seiner chemischen Briefe (1859) aus: „Und so wird es ihm (dem intelligenten Willen des Chemikers) gelingen, Chinin, Coffein, die Farbstoffe der Gewächse und alle Verbindungen zu erzeugen, welche keine vitalen, sondern nur chemische Eigenschaften besitzen, deren kleinste Teile sich zu Kristallen ordnen, deren Form und Gestalt eine nichtorganische Kraft bestimmt. Aber nie wird es der Chemie gelingen, eine Zelle, eine Muskelfaser, einen Nerv, mit einem Wort einen der wirklich organischen, mit vitalen Eigenschaften begabten Teile des Organismus oder gar diesen selbst in ihrem Laboratorium darzustellen.“

Auch von ganz anderer Seite hat die alte Definition der Lebenskraft eine schwere, grundsätzliche Erschütterung erlitten. Der junge Helmholtz hat noch als Student in seinem letzten Studienjahr nachgewiesen, daß diese Definition der Lebenskraft „jedem lebenden Körper die Natur eines Perpetuum mobile beilegt“. Die Definition der

Lebenskraft mußte in der bisherigen Form aufgegeben werden.

War man damit dem Geheimnis des Lebens wesentlich nähergekommen? War damit gar der religiöse Glaube irgendwie tangiert oder angegriffen? Sicherlich nicht, weder damals noch heute. Selbst wenn es gelänge, ein natürliches Eiweiß, ein Protein, außerhalb der Zelle künstlich aufzubauen, wäre damit die künstliche Erzeugung des Lebens, wie es in maßloser Übertreibung einmal von nichtchemischer Seite behauptet wurde, nicht entfernt erreicht. Hermann Kolbe, dem ja selbst die Synthese der Essigsäure ohne Lebenskraft, d. h. im Reagenzglas, aus leblosem Material gelang, war ein gläubiger Christ. In seinem großen Hörsaal in Leipzig hatte er, allen deutlich und eindringlich sichtbar, die Worte stehen: „Gott hat alles nach Maß, Zahl und Gewicht geordnet.“ Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Forschung, die verstandesmäßig zu beweisen sind, können den wahren, religiösen Glauben nicht erschüttern!

Inzwischen reifte in der Chemie eine neue und vertiefte Anschauung über den Bau chemischer Moleküle heran, zu der gerade auch das Studium der organischen Substanzen wesentlich beigetragen hat, die Strukturchemie. Man hatte sich zunächst durch die summarische Analyse begnügen müssen, Art und Zahl der einzelnen Atome, Bausteine eines Moleküls, anzugeben. Diese summarische Analyse zerschlägt den Bau des Moleküls vollständig. Über die Reihenfolge der Atome im Molekül, über ihren Zusammenhang, über den Feinbau der Oberfläche der Moleküle,

über die Hohlräume, die von diesen Oberflächen umschlossen werden, über die Gestalt des Moleküls konnte die summarische Analyse nichts aussagen. In jahrzehntelanger, an Irrtümern reicher Arbeit haben die Chemiker, allen voran Kékulé, es gelernt, auch über den atomaren Bau und über die Gestalt der Moleküle im Raum definierte und gesicherte Aussagen zu machen.

Um in dem oben gegebenen Vergleich zu bleiben: Der Altertumsforscher weiß nun recht genau, wie sein Gebäude außen und innen aufgebaut war, von dem er bisher nur die Zahl und Art der Bausteine gekannt hat. Es ist dies eine der erstaunlichsten Leistungen der Chemie, vor allem, wenn man bedenkt, daß diese atomaren und heute auch subatomaren Bausteine des Moleküls so klein sind, daß selbst das Elektronenmikroskop sie nicht einzeln sichtbar machen kann und nur im Feldelektronen-Mikroskop einige der größten und größten dieser winzigen Bausteine sichtbar werden.

Damit war für die Untersuchung chemischer Verbindungen, vor allem auch der zahllosen organischen Verbindungen und ganz besonders derer, die die lebende Natur uns liefert, eine neue, lösbare Aufgabe gestellt. Neben die Isolierung, die summarische Analyse und die gelegentliche Synthese trat die Erforschung der atomaren Struktur des räumlichen Baus und der Gestalt der Moleküle. Auf der einen Seite wird die Erforschung dieser Dinge für das Verständnis der chemischen und der physiologischen Eigenschaften der Substanzen immer wichtiger. Auf der anderen Seite erleichtert die Kenntnis der Struktur, die

man durch schrittweisen Abbau und Umbau der Moleküle erzielt, auch ihre Synthese.

Die letzten Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts sind reich an Erfolgen auf diesem Gebiet. Zwei jahrhunderte-lang bekannte Naturfarbstoffe, Alizarin und Indigo, wurden bis zur technischen Synthese erforscht, jenes in wenigen Jahren durch Graebe und Liebermann, dieser durch mühevollen Arbeit von A. von Bayer und seinen Mitarbeitern in der Hochschule und in der Industrie. Von der ersten Veröffentlichung Bayers auf diesem Gebiet bis zur ersten Synthese hat es 15 Jahre gedauert! Es wäre für Bayer sicher nicht leicht gewesen, einer geldgebenden Organisation, z. B. der Forschungsgemeinschaft, regelmäßig geeignete Berichte über seine Forschungsarbeiten vorzulegen. Sicher ist die Synthese dieser Farbstoffe und ebenso der vielen tausend weiteren künstlichen Farbstoffe in erster Linie durch ihre gewaltigen wirtschaftlichen Erfolge veranlaßt worden. Aber darf man nicht fragen, ob die Schaffung dieser Farben, die nach Menge und Art weit über das hinausgeht, was die Natur uns liefert, auch eine Bereicherung für den Menschen darstellt? Man muß diese Frage wohl bejahen, denn der Wunsch nach Farben, dem die Natur an vielen Stellen der Pflanzen- und Tierwelt durch ihre Schöpfung entspricht, steckt auch als dringendes Begehren im Menschen, der einfachen wie der sog. zivilisierten Völker. Vielleicht ist gerade für diejenigen, die in einem farbenärmeren, rauhen Klima leben, Farbigkeit ihrer Umgebung ein Gewinn, der ihre geistige Haltung entscheidend beeinflußt.

Das Emporblühen einer Industrie der chemischen Farben hat noch eine andere für die Stoffe der lebenden Natur wichtige Folge gehabt. Substanzen und Methoden dieser Industrie machten es möglich, auch medizinisch und pharmazeutisch wichtige Produkte der lebenden Natur in reicherm Maße dem Mediziner zur Verfügung zu stellen und darüber hinaus der Natur fremde Pharmaka zu gewinnen.

Coffein (Thein), Theobromin (aus dem Kakao), Harnsäure, Coniin, das erste pflanzliche Alkaloid, dessen Synthese gelang, Klarstellung des Molekülbaus vom Campher — übrigens in Bonn durch Bredt erzielt —, die Synthese einfacher Zucker sind einige wenige Beispiele aus der großen Zahl. Manche dieser Arbeiten haben wirtschaftliche Verwertung, vor allem auch medizinische Anwendung gefunden. Viele von ihnen, so interessant sie wissenschaftlich sind, haben diese Folgen nicht oder noch nicht gehabt. Zum Teil sind es schon recht kompliziert zusammengesetzte Substanzen, und ihre Umwandlungen, ihr Abbau, ihr Umbau und ihre Synthese haben die Kenntnisse und die Fähigkeiten der Chemie gewaltig bereichert. Wie der Bau von Wohnungen und Behausungen von naturgegebenen Höhlen zum behaglichen Wohnhaus der heutigen Zeit oder zum modernen Zweckbau, z. B. einer Universitätsbibliothek, sich entwickelt hat, so ist auch die Fähigkeit des Chemikers von der Untersuchung einfacher, naturgebener Substanzen, der Kenntnis ihres Baues und der Möglichkeit ihres Aufbaues bis zu immer komplizierteren Molekülen fortgeschritten und wird dies noch weiter tun.

Die Arbeit des Chemikers bei diesen Fragen ist keine leichte. Dank der vielfältigen Erfahrung sind zwar für das Arbeiten im unbekanntem Gebiet der Chemie, besser gesagt an der Grenze des Unbekannten, zahlreiche Analogieschlüsse möglich, mit deren Hilfe man planen und vorausahnen, aber nur in sehr wenigen Fällen genau vorausberechnen kann. Die Arbeit ähnelt zwar der des Ingenieurs, der aus bekannten Bauelementen nach bekannten Methoden ein Gebäude errichtet, eine Brücke baut. Aber ganz stimmt der Vergleich nicht, denn für den Chemiker ist auch heute noch vieles in seiner Arbeit nicht exakt zu konstruieren. Er ist bei den kleinen und größeren Schritten seiner Experimente immer wieder auf den Versuch, auf das Probieren angewiesen und muß beim Überwinden von Fehlschlägen eine ungewöhnliche Zähigkeit und Energie besitzen. Kein Wunder, daß er oft in die Irre geht oder Umwege macht, die sich später als unnötig erweisen. Für ihn gilt, was Helmholtz auch für das Arbeiten auf theoretischem Gebiet gesagt hat: „Ich mußte mich vergleichen mit einem Bergsteiger, der, ohne den Weg zu kennen, langsam und mühselig hinaufklimmt, oft umkehren muß, weil er nicht weiter kann, der bald durch Überlegung, bald durch Zufall neue Wegspuren entdeckt, die ihn wieder ein Stück vorwärts leiten, und endlich, wenn er sein Ziel erreicht, zu seiner Beschämung einen königlichen Weg findet, auf dem er hätte hinauffahren können, wenn er gescheit genug gewesen wäre, den richtigen Anfang zu finden.“ Zeit und Arbeitskraft sind auch heute noch Vorbedingung für erfolgreiche chemische

Arbeit und nicht zuletzt eine ausreichende Anzahl von Chemikern, die sich, in Gruppen zusammengefaßt, unter Leitung Einzelner, aber doch frei und selbständig arbeitend, mit Begeisterung ihrer Aufgabe widmen. Was als „Neuentdeckung“ uns heute anempfohlen wird, das „Arbeitsteam“, besteht in Deutschland schon seit langem in der Familie, die der Doktorvater in Gestalt seiner Doktoranden und Assistenten um sich sammelt. Solchen Arbeitsfamilien verdanken wir auch Erfolge auf immer komplizierteren Naturstoffgebieten.

Wilhelm Küster hat 1912 die erste, heute noch mit nur kleinen Änderungen gültige Formel und Struktur des Blutfarbstoffes, des Hämins, aufgestellt und damit den Weg geebnet, auf dem Hans Fischer mit einer großen Zahl von Mitarbeitern im Laufe von Jahren schließlich, zusammen mit K. Zeile, die Synthese im Jahre 1929 bewerkstelligen konnte. Bei dem anderen massenweise von der lebenden Natur produzierten Farbstoff, dem Chlorophyll, sind wir heute noch nicht soweit, wenn auch sein Bau und seine Struktur schon recht genau bekannt sind. Auch diese beiden Naturfarbstoffe, die selbst zum Anfärben von Geweben oder anderem Material so gut wie nicht geeignet sind, haben das Gebiet der künstlich verwertbaren Farbstoffe bereichert. Eine Zufallsentdeckung wurde von Lindstead zur Synthese der besonders wertvollen Phtalocyanine ausgebaut. Die Beständigkeit der Moleküle dieser Substanzen ist erstaunlich. Noch bei 400 bis 500 Grad zersetzen sie sich nicht, im Gegensatz zu den meisten anderen organischen Substanzen. Dieser

Beständigkeit ist es zu danken, daß wir die einzelnen Moleküle dieser Phtalocyanine im Feldelektronen-Mikroskop von Müller sichtbar machen können, und zwar als kleine, vierblättrige Kleeblätter, so wie es die Strukturanalyse des Chemikers verlangt.

Auch bei den Kunststoffen, die sich heute immer weiter durchsetzen, haben das Studium und die Kenntnis von Stoffen der lebenden Natur eine entscheidende Rolle gespielt. Naturharze wie Kopal, Schellack und Bernstein sind Vorbilder. Der künstliche Kautschuk konnte nur auf Grund der Erkenntnisse am natürlichen Kautschuk gewonnen werden, wenn auch manche seiner guten Eigenschaften durch den synthetischen heute übertroffen sind. In der Seide, der Wolle und der Baumwolle hat uns die Natur Fasern geliefert, die von den künstlichen, halbsynthetischen oder vollsynthetischen höchstens in einzelnen Eigenschaften erreicht oder übertroffen werden. Den Spinnprozeß dieser Kunstfasern haben wir letzten Endes der Seidenraupe abgesehen, die diesen Prozeß in einer auch heute noch von der Chemie nicht erreichten Vollkommenheit vormacht.

Als eins der modernsten Beispiele für eine Substanz, die die lebende Natur liefert und deren Untersuchung bis zur Synthese geführt hat, mag das Cortison dienen. Es war schon eine große, mühevollte Leistung, diesen Stoff, der nur in winziger Menge als Wirkstoff an bestimmten Stellen des tierischen Körpers vorkommt, in einer Menge von wenigen Milligramm zu gewinnen. Eine Verwendung für medizinische Zwecke war wegen der geringen Menge

völlig ausgeschlossen. Man erhoffte sich von diesem Cortison in Amerika eine kriegswichtige Wirkung gegen den Schock der Flieger bei Sturzflügen. Unter dem Druck dieser Idee hat ein großer Arbeitskreis, in erster Linie unter Leitung von Everett Wallis, den wir die Freude hatten, im letzten Sommer als Gastprofessor in Bonn zu sehen, in erstaunlich kurzer Zeit eine Teilsynthese aus leichter zugänglichem Material über 35 einzelne Stufen hinweg erarbeitet und damit unter intensiver Mithilfe der Industrie dieses Material in fast beliebiger Menge dem Arzt zur Verfügung gestellt. Daß die ursprünglich geplante Verwendung ein Fehlschlag war, daß dagegen eine andere Wirkung, die gegen den Rheumatismus, gefunden wurde, erhöht noch die medizinische Bedeutung dieser Synthese eines sehr kompliziert zusammengesetzten Moleküls.

So schnell wie beim Cortison geht es nur, wenn ein besonderer Druck, in diesem Fall der des Krieges, hinter der Arbeit steht und wenn die Industrie von vornherein mit ihren gewaltigen technischen und finanziellen Mitteln hilft. Trotzdem wendet sich die Chemie der lebenden Substanzen immer mehr der Aufgabe zu, Verbindungen, die nur in winziger Menge im Körper vorkommen, aber eine entscheidende Rolle im chemisch-physiologischen Geschehen spielen, zu gewinnen, ihren Bau zu klären und, wenn es nützlich ist, die Synthese durchzuführen. Vor kurzem konnte A. Butenandt die Isolierung eines Stoffes mitteilen, der in Bruchteilen eines millionstel Gramms eine Made veranlaßt, sich zu verpuppen, der also ent-

scheidend in den Ablauf des physiologischen Geschehens eingreift. Butenandt hat mit seinen Mitarbeitern 11 Jahre sich um die Isolierung dieses Stoffes bemüht.

Aus Japan kommt die Kunde, daß es gelungen ist, Blutgruppensubstanzen, deren Isolierung und deren Bau schon einigermaßen bekannt war, auch synthetisch zu gewinnen. Die Kenntnis der Vitamine und Hormone, die wir der intensiven Zusammenarbeit von Medizinern und Chemikern verdanken, ist trotz anfänglicher Übertreibung aus dem Bereich unseres Wissens um die Substanzen der lebenden Natur nicht mehr fortzudenken. Auch auf dem Gebiet der Fermente, der Gene, d. h. der Vererbungsfaktoren und der krankheitserregenden Viren, hat die Chemie entscheidende Fortschritte gemacht.

Damit deutet sich eine neue Problemstellung für die Chemie der Substanzen des lebenden Organismus an. Nicht mehr Analyse, Struktur und Synthese der isolierten, chemisch einheitlichen Substanzen sind die alleinige Aufgabe, so wichtig sie auch für die Zukunft auf lange Zeit hinaus bleiben wird. Fast alle Synthesen dieser Stoffe im Reagenzglas und in der Retorte gehen Wege, die weit von der Synthese im lebenden Organismus entfernt sind. Die Synthese nach Methoden, die auch im lebenden Organismus eine Rolle spielen können und vielleicht spielen, ist ein Problem, das in einzelnen Fällen erfolgreich in Angriff genommen worden ist. Damit hängt der brennende Wunsch zusammen, nicht nur die einzelnen Substanzen zu kennen, die im lebenden Organismus eine Rolle spielen und aus ihm isoliert werden können, son-

dern über die Wechselwirkung dieser Substanzen im lebenden Organismus, über das chemisch-physiologische Geschehen im Leben selbst etwas zu erfahren. Die Erforschung der Statik geht in die Erforschung der Dynamik des Lebens über. Man bewundert nicht nur das fertige Gebäude einer Fabrik und die Produkte, die sie liefert, sondern man möchte auch über die Vorgänge in dieser Fabrik genauer unterrichtet werden. Man sucht nicht mehr nur nach den einzelnen mehr oder weniger komplizierten, isolierten Rädchen eines Uhrwerks, sondern man möchte wissen, wie diese Rädchen in der intakten, gehenden Uhr ineinandergreifen.

So ist für die Chemie auch heute noch die lebende Natur eine schier unerschöpfliche Quelle und ein Vorbild für einen großen und wichtigen Teil ihrer Forschung.

An dieser Forschung waren und sind Naturforscher und Chemiker vieler Völker beteiligt, ein internationales Parlament nach Schopenhauer der „Herren von Tiegel und Retorte“, eine Bezeichnung, die wir uns heute gerne gefallen lassen. Zu diesem Herrentum gehören träumerische Phantasie, kontrolliert durch den wachen Verstand und durch das mit geschickter Hand angestellte und richtig gedeutete Experiment. Die Mitglieder dieses Parlamentes sind nicht aus irgendeiner Wahl hervorgegangen, sondern haben sich in dem gemeinsamen Wissensdrang gefunden. Ihre Wege, ihre Anschauungen, ihre Sprache, ihre Ziele sind die gleichen, und diese Gleichheit verbindet sie über alle politischen Zustände und Grenzen hinweg. Lassen Sie uns noch einmal zurückkehren zu den allge-

mein menschlichen Fragen, an denen die Chemie mehr oder weniger beteiligt ist. Im Zeitalter der Alchimisten war es das Dogma vom Stein der Weisen, das weite Kreise der Menschheit beherrschte und vielen wohl auch Hoffnung und Trost brachte. Er sollte nicht nur den Traum nach Gold verwirklichen können, sondern auch Krankheiten heilen, ja sogar ewige Jugend verleihen. Aus Liebigs chemischen Briefen hören wir, daß Baco von Verulam, Luther, Spinoza und Leibniz an den Stein der Weisen glaubten. Die juristische Fakultät zu Leipzig erklärte 1580 in ihrem Urteil gegen David Beuther diesen für überführt der Kenntnis des Steins der Weisen. Die gleiche Fakultät hat in einem Rechtsstreit der Gräfin Anna Sophie von Erbach gegen ihren Gemahl Graf Friedrich Karl noch im Jahre 1725 ein Urteil gefällt, daß die Existenz des Steins der Weisen als sicher voraussetzt, der in diesem Falle Silbergeschirr in Gold verwandelt hatte. Was ist heute von diesem Dogma des Steins der Weisen geblieben? Trotzdem wir heute willkürlich Elementumwandlungen durchführen können, trotzdem wir viele Krankheiten heilen und bessern können, denen man früher machtlos gegenüberstand, trotzdem durch die Kunst der Medizin die Menschen länger jung bleiben und im Durchschnitt ein höheres Lebensalter erreichen, der Stein der Weisen spielt dabei keine Rolle mehr und ist aus der Weltanschauung verschwunden unter dem unerbittlichen Druck experimenteller Erfahrungen und ihrer klaren Deutung.

Auch die Lebenskraft hat einen Teil ihrer geheimnisvollen Macht eingebüßt, auch hier auf Grund experimenteller

Erfahrungen. Die chemische und naturwissenschaftliche Forschung hat bei diesem Punkt nicht Halt gemacht. Vieles, was noch vor nicht allzulanger Zeit für unmöglich gehalten wurde, ist Wirklichkeit geworden. Es ergreift einen mit Besorgnis, ja fast mit Schauer, wenn an männlichen Organismen die Merkmale des weiblichen Geschlechtes durch Gaben geeigneter Hormone experimentell erzeugt werden können und umgekehrt. Schon bahnt sich die Erkenntnis an, daß bei der Vererbung chemische Vorgänge und chemisch faßbare Substanzen eine entscheidende Rolle spielen. Wir stehen in dem erfolgversprechenden und heute schon erfolgreichen Ringen um die Kenntnis der chemischen und physikalischen Vorgänge im lebenden Organismus selbst.

Die Naturwissenschaft sucht nach verstandesmäßigen Beweisen. Wo dies nicht oder noch nicht vorhanden sind, muß sie sich mit Ungewißheit begnügen. Aber die Grenze zwischen dem, was die Chemie von der lebenden Natur und ihren Substanzen und Vorgängen weiß und beherrscht und dem, was sie nicht oder noch nicht weiß, wird immer weiter hinausgeschoben. Die Grenze zwischen den beiden Provinzen des Wissens und Könnens auf der einen Seite, des Nichtwissens auf der anderen Seite wandert. Wo diese Grenze einst liegen wird, wer kann es heute sagen? Sicher nicht der Chemiker. Auch er gleicht dem Wanderer im Dickicht, der außer nahen Zielen auch fernen zustrebt, aber nicht weiß, ob er sie je erreichen wird.