

ANGEWANDTE CHEMIE

HERAUSGEGEBEN VON DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER

64. Jahrgang · Nr. 7 · Seite 177-208 · 7. April 1952

FORTSETZUNG DER ZEITSCHRIFT »DIE CHEMIE«

Bedeutung und Aufgaben der analytischen Chemie

Von Dr. B. WURZSCHMITT

Leiter des Untersuchungslaboratoriums der BASF, Ludwigshafen/Rh.¹⁾

In den USA, sie stellt heute fast die Hälfte der Weltchemieproduktion, lief kürzlich eine Presse-Kampagne: „*Chemistry touches everything, nothing escapes it*“. Es sollte gezeigt werden, daß die Chemie heute bereits in alle Lebensbereiche eingedrungen ist, und daß praktisch jede Industrie letztlich auf der Chemie beruht, daß wir im „Zeitalter der Chemie“ leben. Jede industrielle Produktion kann nur dann wirtschaftlich und konkurrenzfähig arbeiten, wenn sie in allen ihren Stadien eingehend analytisch kontrolliert wird. Die Prüfung setzt ein bei der Auswahl und Überwachung der Rohstoffe, parallel mit der Ermittlung der günstigsten Zusammensetzung der Materialien und ihrer ständigen Sicherung für die Apparaturen, Hilfsmittel und Verpackungsstoffe, läuft weiter über eine ebenso eingehende Untersuchung der Zwischenprodukte, Fertigerzeugnisse und Abfallstoffe und endet erst, wenn festgestellt ist, wie dafür gesorgt werden muß, daß die Ware auch nach langem Transport und Lagern, selbst bei ungünstigen klimatischen Verhältnissen einwandfrei in die Hände des Verbrauchers gelangt. Auf einigen anderen Wegen der analytischen Kontrolle liegen die Überwachung der Luft in den Arbeitsräumen und ihre Freihaltung von gesundheitsschädlichen Stoffen, die Prüfung der Aufnahme giftiger Stoffe durch die Atmung oder durch die Haut und ihre Ausscheidung, sowie Prüfungen bei der Energieerzeugung.

Die Forschung von heute ist die Technik von morgen

Ohne großzügig vom Staat geförderte Grundlagenforschung an den Hochschulen und Forschungsinstituten und ohne Bereitstellung sehr erheblicher Mittel aus dem Produktionserlös der Industrie für ausgedehnte, in der Hauptsache zweckgebundene Forschung wird kein Land im scharfen Konkurrenzkampf auf die Dauer bestehen. Gerade die Forschung aber bedarf eines sehr gut organisierten, sicher und schnell arbeitenden analytischen Apparates.

Interessant sind die Mitteilungen, die ein Vertreter der amerikanischen Farbenindustrie kürzlich machte: „Von jeden verdienten 100 \$ dieses Industriezweiges werden 1,62 \$ für Forschungsaufgaben ausgegeben. Dieser Betrag wird für folgende Einzelzwecke verwendet: 55 c für Analysen und Kontrollen der Rohstoffe, Verfahren und Fertigprodukte, 62 c für die Verbesserung, 39 c für die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren, 6 c für Grundlagenforschung. Außerdem geben die Gesellschaften durchschnittlich 1 c je 100 verdienten \$ für Forschungen außerhalb ihrer eigenen Laboratorien aus²⁾.

¹⁾ Vortr. am 31. 5. 1951 anlaßl. der Gründung der GDCh-Fachgruppe „Analyse und Mikrochemie“ in Frankfurt/M.

²⁾ Chem.-Ing.-Technik 23, 55 [1951].

Aber nicht nur Forschung und Industrie sind auf die analytische Chemie angewiesen. In höherem Maße, als man gemeinhin annimmt, trifft dies auch für unsere Ernährungswirtschaft zu. Ohne Boden- und Pflanzenuntersuchung keine richtige Düngung und damit keine vollen Erträge in der Landwirtschaft.

Auf rund $\frac{1}{5}$ ihres Gesamtwertes schätzt man die Verluste an Lebensmitteln durch zu raschen Abbau, Fäulnis, Schwund, Schädlinge usw. Wissenschaft und Forschung bemühen sich diese Werte zu erhalten durch Bereitstellung von Frischhalte-, Konservierungs-, Unkraut- und Schädlingsbekämpfungsmitteln, Wuchsstoffen, Antioxydantien usw.

Es ist — wegen der universalen Notwendigkeit der analytischen Orientierung für fast alle Zweige der Naturwissenschaft — unmöglich, sie alle hier aufzuzählen.

Es sei daher nur noch an die vielen biologischen, physiologischen und medizinischen Probleme, an die Überwachung unserer Lebensmittel, des Trinkwassers, die Gewerbehygiene, die Aufgaben der forensischen Chemie, der Kulturgeschichtsforschung usw. erinnert. Die großen Fortschritte der letzten Jahre auf dem Gebiete der Kunststoffe, der Kunstfasern, der Acetylenchemie, der Antibiotika und anderer Arzneimittel usw. wären ohne die Hilfe der analytischen Chemie nicht oder wenigstens nicht in diesem Tempo zu erzielen gewesen.

Analyse und analytischer Chemiker

Es erscheint mir nun zweckmäßig, die Begriffe „Analytische Chemie“ und „Analytiker“ bzw. „analytischer Chemiker“ festzulegen.

Ich möchte „Analytische Chemie“ wie folgt definieren: „Analytische Chemie“ ist die Spezialisierung eines sowohl in anorganischer als auch organischer Chemie sehr gut ausgebildeten Chemikers, der daneben die Nachbargebiete, zum mindesten Physik, physikalische Chemie, Mineralogie und Biologie genügend beherrscht, auf die Untersuchung von Stoffen und Stoffgemischen mit allen chemischen und physikalisch-chemischen Methoden. Sein Ziel ist es, Aufschluß über ihre Natur, ihre Zusammensetzung und Konstitution und ihr Verhalten bei der Untersuchung zu gewinnen.

Es hat sich im Sprachgebrauch allmählich so herausgebildet, daß wir unter „Analytiker“ jeden verstehen, der eine Analyse — und sei sie noch so einfach und kochbuch- und routinemäßig auszuführen — macht. In diesem Sinne sind Stoffprüfer und analytisch arbeitende Chemiewerker, Chemiefachwerker, Laboranten und Laboratoriumstechniker auch „Analytiker“. In den industriellen analytischen Laboratorien werden sogar fast alle Analysen von diesen „Analytikern“ ausgeführt, und von den 1941 in den großen

analytischen Zentrallaboratorien der ehem. I.G. Farbenindustrie beschäftigten 1200 Personen waren nur 85 = 7 % „analytische Chemiker“ im Sinne meiner Definition. Man muß also zwischen den Funktionen eines Laboratoriumstechnikers und eines analytischen Chemikers scharf trennen.

Es sei noch eine Stellungnahme zu diesem Problem angeführt. *R. Bouling*, Barnes, sagt im Februar 1948 in „Analytical Chemistry“ etwa: „In den frühesten Tagen der modernen Chemie war sie ganz analytisch. Die analytische Chemie war so die Grundlage des chemischen Fortschritts geworden. Die Forscher, die sich mit der Zusammensetzung der Welt befaßten, in der sie lebten, mußten sich ausschließlich mit der analytischen Aufklärung unbekannter Substanzen befassen. Erst mit der Auffindung der ersten Synthese einer organischen Substanz durch Wöhler begann die Ära der synthetischen organischen Chemie. Das Pendel schlug aber dann so weit nach der anderen Seite, daß die analytische Chemie fast ganz von der Bildfläche verschwand. Nur in bestimmten Schulen und in bestimmten Laboratorien wurde weiter analytisch geforscht. Glücklicherweise hat nunmehr das Pendel seine normale Schwingung wieder erreicht, und der analytische Chemiker beginnt sein come back.“

Für die deutschen Verhältnisse stimmt das nicht. Schon nach dem ersten Weltkrieg beginnend, hat die deutsche Industrie den Wert der analytischen Chemie einschließlich der Mikromethodik klar erkennend, ihre analytischen Laboratorien stark ausgebaut. Sie schätzt ihre analytischen Chemiker genau so wie die Forschungs- und Betriebschemiker. Die Betriebsausgaben der analytischen Zentrallaboratorien der ehem. I.G.-Farbenindustrie betragen damals schon etwa 6—7 Mill. Mark jährlich und stiegen bis Kriegsende noch weiter an.

Als Aufgaben der analytischen Chemie und damit auch des analytischen Chemikers betrachte ich:

- 1) Die Unterstützung der Hochschul- und der Industrieforschung bei der Untersuchung der von den Forschern synthetisierten neuen Substanzen und bei der Aufklärung der Natur unbekannter Naturstoffe.
- 2) Die Erhöhung der Produktionsausbeuten und damit Verbilligung der Erzeugung durch laufende Untersuchungen.
- 3) Die Erleichterung der Einführung neuer Fabrikationsmethoden.
- 4) Die Erhöhung der Sicherheit des Betriebes und der Belegschaft.
- 5) Die Ausarbeitung schneller und einfacher, auch von Betriebsarbeitern nach kurzer Anlernung ausführbarer Betriebsanalysemethoden.
- 6) Die Verwendung aller Fortschritte der Wissenschaft und Technik zur Ausarbeitung zuverlässiger, universeller und schneller Methoden für allgemeine Bestimmung einerseits und spezifischer Methoden mit hoher Empfindlichkeit für möglichst viele Einzelpersonen aller bekannten Verbindungsklassen andererseits.
- 7) Heranziehung eines guten Nachwuchses an Hilfskräften und schließlich,
- 8) Einflußnahme auf die Ausbildung des akademischen Nachwuchses an analytischen Chemikern.

Die Möglichkeiten der analytischen Chemie und ihrer Hilfsmittel sind ungeheuer groß. Fast alle Operationen, die der synthetische Chemiker anwendet, sind auch zur Lösung analytischer Probleme brauchbar und angewandt worden.

Die Physiker haben zusammen mit der optischen und elektrischen Industrie ihre physikalischen Methoden ausgebaut, verfeinert und praktisch „narrenfest“ gemacht. Man kann die erforderlichen Apparate heute in betriebssicheren Industriemodellen kaufen. (Polarographen, moderne Spektrographen, Röntgenspektrographen, Ultrarotschreiber und Ultrarotspektrographen, Raman- und Massenspektrographen, Spektrophotometer, Mikroskope mit Polarisation, Dunkelfeld- und Phasenkontrastverfahren und Elektronenmikroskope).

Zahlreiche chemische Reaktionen konnten für die Zwecke der analytischen Chemie ausgebaut und spezifisch gemacht werden.

Die Verwendung anorganischer und organischer Ionen austauscher, die elektrometrischen Methoden, die Luminzenzanalyse, die Flammenspektroskopie, die Absorp-

tionsanalyse, die Papierchromatographie, die Thermogravimetrie, die Methoden, die auf der Messung der Dielektrizitätskonstante bzw. der Anwendung von Ultraschall beruhen, die Beobachtung aller Schmelzvorgänge unter dem Mikroskop, die Analyse durch Kernumwandlung, die mikrobiologischen und biologischen Methoden, die automatischen Mikromethoden der Mikroanalyse, die Molekulardestillation, die Kolorimeter und p_H -Meßgeräte, die Gegenstromextraktion, die Ausschüttungsverfahren usw. seien nur erwähnt mit dem Hinweis, daß manche von ihnen noch den Nachweis und die Bestimmung von Mengen von $1 \cdot 10^{-11}$ g gestatten.

Ursprünglich waren die Chemiker nicht so spezialisiert wie heute. Sie waren ihre eigenen Glasbläser, Chemikalienlieferanten, Gerätebauer und Analytiker. Heute ist es schon nötig, daß der analytische Chemiker sich wieder spezialisiert, z. B. auf Mikrochemie, Spektroskopie usw. Und doch ist es erforderlich, daß wenigstens eine größere Anzahl von analytischen Chemikern den allgemeinen Überblick behält. Die Zeit, sich diesen zu verschaffen, muß er dadurch gewinnen, daß er für immer wiederkehrende analytische Aufgaben Hilfskräfte verwendet, denen er durch bis ins kleinste ausgearbeitete und festgelegte Untersuchungsmethoden die analytische Arbeit leicht und einfach macht. Dasselbe gilt für die Bedienung der speziellen Apparaturen. Die Hauptaufgabe des analytischen Chemikers bleibt heute die Leitung der Laboratorien, ihre Organisation und die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter, das Eingreifen bei neuen und schwierigen Aufgaben, die Verfolgung der Literatur, die Nachprüfung von dort neu beschriebenen und nicht zuletzt die Ausarbeitung neuer Methoden. Chemiker mit abgeschlossener Hochschulbildung sollten im analytischen Laboratorium nur dort beschäftigt werden, wo ihre Tätigkeit nicht von Technikern, Laboranten oder Arbeitern übernommen werden kann.

Die moderne analytische Chemie beruht also auf der guten und reibungslosen Zusammenarbeit zwischen relativ wenigen vollakademisch ausgebildeten und auf analytische Chemie spezialisierten Chemikern und einer großen Anzahl spezialisierter, gut ausgebildeter und erfahrener Techniker, Laboranten und Hilfskräfte. Die Industrie ist — wenigstens in den größeren Werken — dazu übergegangen, sich diese Mitarbeiter selbst heranzuziehen. Auf die Dauer wird es sich aber als zweckmäßig erweisen, diese Ausbildung auf die Hochschulen zu verlagern. Da die beiden Gruppen nach ihrer Ausbildung doch eng zusammenarbeiten müssen, ist es unerlässlich, daß dies schon bei der Ausbildung beginnt. Ich stelle mir diese gemeinsame Ausbildung etwa wie folgt vor: Zunächst einmal an einem größeren Hochschulort — besonders geeignet wäre ein solcher, an dem sich eine Technische Hochschule und eine Universität, vielleicht auch noch ein Max-Planck-Institut und in ihrem Umkreis auch größere Industrie befindet — wird ein „Institut für analytische Chemie“ errichtet. Sein Leiter wird ein erfahrener analytischer Forscher und Lehrer sein. Das Institut verfügt zusätzlich über eine größere Anzahl gut ausgebildeter, erfahrener Techniker und Laboranten. Ausgerüstet ist es mit den modernsten Apparaturen und Einrichtungen. Die Einrichtungskosten und vielleicht auch einen Teil der laufenden Kosten des Institutes übernimmt der Staat. Es führt im Lohn gegen Berechnung der Unkosten analytische Aufträge der am Hochschulort befindlichen wissenschaftlichen Institute, natürlich auch von anderen Instituten und Hochschulen, sowie von der umliegenden interessierten Industrie durch und deckt mit diesen Einnahmen den restlichen Teil seiner Ausgaben.

Auf der Basis der sich dabei einstellenden, vielseitigen analytischen Tätigkeit über das ganze Gebiet der Chemie hinweg ergibt sich für den Institutsleiter und seine Assistenten ein weites fruchtbare Gebiet für die analytische Forschung und die praktische Arbeit. Die nach mehrsemestriger Tätigkeit vom Institut abgehenden Assistenten (graduate analyst) werden von der Industrie außerordentlich gesucht sein. Diejenigen, die Neigung zur wissenschaftlichen Laufbahn haben, werden den akademischen Nachwuchs für das Lehrfach der analytischen Chemie stellen. Da, wie ich schon oben ausführte, das Studium der analytischen Chemie ein auf das Grundstudium der Chemie aufgesetztes Spezialstudium sein soll, werden als Assistenten Chemiker mit abgeschlossenem Chemiestudium be-

beschäftigt. Die an dem Institut tätigen analytischen Laboranten und Techniker (undergraduate analyst) werden nach mehrjähriger Tätigkeit am Institut ebenfalls sicher in der Industrie gute Arbeitsmöglichkeit und entsprechende Bezahlung finden. Ihr Nachschub erfolgt im allgemeinen durch die Aufnahme von Laboranten-Lehrlingen mit guter Volksschulbildung, gelegentlich auch durch Abiturienten oder Chemie-Studierende, denen bei guter Qualifikation die Mittel zum Weiterstudium nicht mehr zur Verfügung stehen und am Institut über den Laboranten hinweg zum analytischen Techniker ausgebildet werden. Auch von ihnen wird ein bestimmter Prozentsatz beim Institut als Stamm-Ausbilder verbleiben und dort eine Lebensstellung finden.

Eingeg. am 14. August 1951 [A 380]

Über Fortschritte und Probleme der analytischen Chemie

Von Prof. Dr. WERNER FISCHER

Institut für anorganische Chemie der Technischen Hochschule Hannover¹).

Die analytische Chemie hat sich heute zu einer selbständigen Disziplin innerhalb der Chemie entwickelt. In krassem Mißverhältnis hierzu steht der Mangel an geeigneten Ausbildungsstätten, der neben anderen Ursachen zu einer Krise der analytischen Chemie geführt hat; Möglichkeiten der Abhilfe werden besprochen. — An Hand einer ausgewählten Übersicht über Fortschritte und Entwicklungstendenzen wird ein Bild des Umfanges, der Vielseitigkeit und Leistungsfähigkeit der modernen analytischen Chemie skizziert.

Um die Jahrhundertwende, nach dem beispiellosen Aufschwung der organischen Chemie, kam es zu einer Krise der anorganischen Chemie. Die Industrie, an ihrer Spitze *Carl Duisberg*, führte berechtigte Klage darüber, daß die jungen Chemiker, die ihr von den Universitäten zugeführt wurden, in anorganischer Chemie höchst unzulänglich ausgebildet waren. Um Abhilfe zu schaffen, richtete man in Göttingen einen Lehrstuhl für anorganische Chemie ein und berief *Gustav Tammann*. Ferner entsandte man akademische Nachwuchskräfte zu den wenigen Meistern dieses Faches, die es damals gab. Es ist bekannt, wie fruchtbar sich diese Maßnahmen auswirkten: *Tammann* schuf in Göttingen u. a. die moderne Metallkunde und es kam zur „Renaissance“ der anorganischen Chemie. Unbeeinflußt davon behielt die organische Chemie das Tempo ihrer Aufwärtsentwicklung bei und daneben entfaltete sich die seit *Wilhelm Ostwald* als selbständiges Lehr- und Forschungsgebiet anerkannte physikalische Chemie in reichem Maße.

Die Krise der analytischen Chemie

Nach dieser Entwicklung steht heute die analytische Chemie in einer Krise, die derjenigen der anorganischen Chemie vor 50 Jahren vergleichbar ist. Und zwar nicht nur in Deutschland. Vom 1. bis 3. Juni 1948 fand in Utrecht ein internationaler Kongreß für analytische Chemie² statt, an dem 340 Chemiker und Physiker aus 9 Ländern teilnahmen. In den einführenden Ansprachen wurde von Vertretern verschiedener Länder immer wieder betont, daß die analytische Ausbildung der Chemiker weit hinter den Erfordernissen der modernen Industrie zurückbleibe und ein Mangel an Analytikern bestehe. Dabei verfügt im Ausland heute jede größere Hochschule über eine planmäßige Professur für analytische Chemie, die T.H. Delft z. B. sogar über 2 Ordinariate für dieses Fach. In Deutschland aber wurden kurz nach bzw. vor Kriegsende

die beiden einzigen analytischen Lehrstühle, der von *Otto Hönigschmid* und der von *Wilhelm Boettger*, bei ihrer Neubesetzung in Professuren für biologische bzw. physikalische Chemie umgewandelt. Erfreulicherweise ist die Unhaltbarkeit dieses Zustandes inzwischen erkannt worden und so haben einige Länderministerien an 3 oder 4 deutschen Hochschulen den Wünschen der Fakultäten entsprechend wenigstens Extraordinariate für analytische Chemie geschaffen.

Der Mangel an Analytikern hat aber seine Ursache nicht nur in den Verhältnissen an den Hochschulen. In Utrecht wurde darauf hingewiesen, daß die Stellung eines Analytikers in der Industrie, solange er nur als Diener der Produktion und der Forschung gilt, für aufstrebende Nachwuchskräfte nicht sehr anziehend wirkt. Deshalb wurden von *C. J. van Nieuwenburg*, *G. Charlot* u. a. folgende Forderungen erhoben: Man entlaste den analytischen Chemiker von der Routinearbeit, die Aufgabe der Laboranten ist; man gebe ihm mehr Zeit, damit er die Literatur verfolgen und analytisch-chemische Forschungsarbeit leisten kann. Und was das Wichtigste zu sein scheint: man lasse den Analytiker enger mit dem Betriebs- und Forschungchemiker zusammenarbeiten. Diese Forderungen werden zwar in der deutschen Industrie zu einem Teil bereits beachtet, aber es sollte dies in noch weiterem Umfange geschehen. Damit würden viele Vorteile erzielt: Der Forscher und der Betriebsleiter würden besser übersehen, was sie vom Analytiker erwarten können und welche Schlüsse sie aus dem Analysenergebnis ziehen bzw. nicht ziehen dürfen. Der Analytiker andererseits würde geeigneter Methoden anwenden oder ausarbeiten können, als wenn ihm, wie oft geklagt wird, eine Substanz, deren Herkunft und Verwendungszweck ihm verborgen bleiben, übergeben wird, z. B. mit dem lakonischen Auftrag: Schwefel-Gehalt bestimmen. Vor allem aber würde er sich als gleicher unter gleichen fühlen, und damit wäre der zweite Teil des Nachwuchstproblems gelöst.

¹) Plenarvortrag auf der GDCh-Hauptversammlung Köln, 27.9.1951.
²) Verhandlungsbericht: *Analyt. Chim. Acta*, 2, 417-854 [1948].