

# 1

## Einleitung

### 1.1

#### Analytische Chemie – Historisches

Chemisches Wissen gab es schon in der Antike. So konnten die Ägypter dank ihrer Kenntnisse die Körper der Pharaonen und anderer hoher Würdenträger durch Einbalsamierung konservieren. Griechische Philosophen, wie Plato (428–347 v. Chr.), Aristoteles (384–322 v. Chr.) oder Empedokles begannen nach Regeln zu suchen, um natürliche Vorgänge zu erklären. Plato glaubte daran, dass sich verschiedene Atome durch ihre Beschaffenheit unterscheiden. Danach könnten auch Atome eines Elements durch Modifikation ihrer Gestalt in solche eines anderen Elements umgewandelt werden. Aristoteles postulierte, alle Elemente und die daraus gebildeten Stoffe seien aus einer Art Ursubstanz zusammengesetzt, die jedoch im Laufe der Zeit unterschiedliche Beschaffenheit, wie Gestalt oder Farbe, annehmen könne. Nach der Vorstellung von Empedokles, der etwa zwischen 490 und 430 v. Chr. lebte, bestehen alle Stoffe aus vier Elementen, nämlich Feuer, Erde, Wasser und Luft.

Die Alchemisten im Mittelalter suchten nach einem Material, mit dessen Hilfe die Umwandlung unedler Metalle in Gold oder Silber am schnellsten, einfachsten und mit der besten Ausbeute durchgeführt werden konnte: der Stein des Weisen. Die Fähigkeit, den Stein der Weisen herzustellen, wurde allgemein als göttlicher Gnadenakt angesehen. Selbst wenn jemand eine funktionierende Vorschrift besäße, würde diese ohne göttliche Mitwirkung nutzlos sein.

Die Phlogiston-Theorie wurde von dem deutschen Arzt und Chemiker Georg Ernst Stahl (1660–1734) 1697 erarbeitet. Hiernach sei in allen brennbaren Gegenständen Phlogiston (griech. *phlox*, die Flamme). Beim Verbrennen bzw. beim Verkalken (oxidieren) entweiche dieses als gasförmiges Etwas, und ein Stoff verbrenne umso leichter, je mehr Phlogiston er enthalte. Phlogiston war eine hypothetische Materie, mit der man verfahren konnte, ohne sie nachweisen zu müssen. Diese Behauptung wurde auf alle in der Natur vorkommenden Verbrennungserscheinungen angewandt und beherrschte fast hundert Jahre lang das Denken der Chemiker.

Zum naturwissenschaftlichen Gesichtspunkt kam die spirituelle Betrachtungsweise. Aristoteles stellte den vier Elementen ein fünftes, überirdisches an die Seite: Die Quintessenz als innerster Wesenskern aller Substanzen, dem eine erhaltende

oder heilende Kraft eigen war. Quintessenzen waren stoffliche Essenzen, welche die einem Körper eigenen effektiven Kräfte bzw. Qualitäten in sich vereinten. Sie wurden durch Extraktion, d. h. durch Abspalten aller unwirksamen bzw. verunreinigten Bestandteile, erhalten. Der Mikrokosmos-Makrokosmos-Gedanke besagte das alles, was sich im Universum (Makrokosmos) abspielt, seine Entsprechung und Auswirkung auch auf der Erde (Mikrokosmos) hat. Bereits in der babylonischen Sternkunde wurden die Planeten mit bestimmten Werkstoffen verknüpft (z. B. Mond – Silber, Sonne – Gold). Die Konstellation der Planeten war wichtig für das Gelingen chemischer Reaktionen.

In der Renaissance starteten die Versuche zur Erneuerung der Chemie. Man wollte sie nach und nach von allem befreien, was sich nicht mit einer rationalen Grundhaltung vereinbaren ließ. Die Goldmacherei und der mit ihr verbundene Wunderglaube, die Astrologie und die magischen Mittel waren mit einer auf Erkenntnis und Vernunft gegründeten Chemie unvereinbar. Immer mehr Chemiker kehrten sich von der Alchemie ab und bekämpften sie schließlich. Die Chemiker erhoben die Erforschung und die Kritik der Denkfähigkeit, die Vernunft, zum obersten Rechtssprecher über die Wahrheit einer Theorie.

Parallel zur Chemie entwickelten sich in der Analytischen Chemie eigene experimentelle Fertigkeiten. Die erste quantitative Bestimmung in der Chemie wurde von A.L. Lavoisier (1743–1794) durchgeführt und bereits im 19. Jahrhundert war die Analytische Chemie ein etabliertes Teilgebiet der Chemie. W. Ostwald beschrieb in einem 1894 erschienenen Buch „Die wissenschaftlichen Grundlagen der Analytischen Chemie“. Er führte in diesem Buch Dissoziationskonstanten, Löslichkeitsprodukt, Ionenprodukt, Wasserstoffionenkonzentration und Indikatorgleichgewichte in die Analytische Chemie ein.

Die Analytik bestimmt heute als Querschnittsdisziplin mit über den Erfolg in Wissenschaft, Technik und Medizin. Zuerst beschränkten sich die analytischen Untersuchungen auf die Zusammensetzung von Stoffen bzw. von Stoffgemischen in Bezug auf ihre Hauptbestandteile. Später kamen Verfahren dazu, mit denen Spuren, d. h. kleinste Beimengungen eines Elements oder einer chemischen Verbindung, analysiert werden können. Auch die Aufklärung der Struktur von Molekülen und Festkörpern wurde ein wichtiges Arbeitsfeld des Analytikers.

## 1.2

### **Analytische Chemie und ihre Rolle in der heutigen Gesellschaft**

Analytik ist eine interdisziplinäre wissenschaftliche Fachrichtung, deren stoffbezogener Bereich als „Analytische Chemie“ bezeichnet wird. Zu den Ergebnissen der Analytik gehören die Begriffe Menge und Güte, Quantität und Qualität. Stofflich-analytische Problemstellungen sind allgegenwärtig und ergeben sich keineswegs nur in den naturwissenschaftlichen Disziplinen. Vielmehr dominiert oftmals die Analytik bereits in der industriellen Wertschöpfungskette. Immer mehr Qualitätsmerkmale werden Produkten und Prozessen zugeordnet, was zu einer zunehmenden Dominanz der Analytik in allen Lebensbereichen führt. Unsere Gesellschaft

fordert anstelle empirischer oder nur traditioneller Grundlagen für allgemeine oder industrielle Entscheidungen analytisch abgesicherte Daten und Urteile. So wird etwa die medizinische Diagnostik immer mehr von Methoden der analytischen und bioanalytischen Chemie geprägt. Stichworte wie Lebensmittelsicherheit oder Wasserbelastung, Treibhausgase oder Dopingtests, Genanalysen oder Echtheitsnachweise sind für jeden Bürger erkennbar mit den Leistungen der Analytischen Chemie verknüpft. Gute Analytik schafft Vertrauen und ist damit auch Voraussetzung für erfolgreiche Produktion und Vermarktung.

Verantwortliche politische und wirtschaftliche Entscheidungen fußen schon länger auf ökologischen, d. h. aber umweltanalytischen Erkenntnissen. Noch wichtiger wird zukünftig das Konzept der Nachhaltigkeit (sustainability), das in noch höherem Maße analytische Kompetenz einfordert als jedes Konzept menschlichen Handelns zuvor. Kurz: Immer mehr ideologische, medizinische, juristische und wirtschaftliche Entscheidungen beruhen auf analytischen Daten. Das betrifft sowohl die staatliche Kontrolle von Schutzgütern wie Gesundheit, Umwelt, Sicherheit und Ressourcen als auch die Steuerung des Handels und der Wirtschaftsprozesse. Ebenso basiert der entscheidende Entwicklungsschub für Hochtechnologien (Mikrochips, hochfeste Werkstoffe, medizinische Diagnostik) immer auf einer hochentwickelten Analytik.

Die zunehmende Globalisierung und das fortschreitende Zusammenwachsen Europas haben Handelshemmnisse an den Grenzen der Länder abgebaut. Ziel ist es, einen freien und ungehinderten Verkehr von Produkten und Dienstleistungen zu ermöglichen. Damit wird es jedoch nötiger denn je, die Qualität der Waren transparent zu machen. Denn erst begleitende Informationen über die Zusammensetzung, Reinheit oder Zuverlässigkeit einer Ware machen diese zu einem verkaufsfähigen Produkt.

Um länderübergreifend ein einheitliches Vorgehen bei der Gewinnung analytischer Informationen zu gewährleisten, sind auf internationaler Ebene Richtlinien wie etwa Good Laboratory Practices (GLP), Good Manufacturing Practices (GMP) oder Normen für gutes analytisches Arbeiten (z. B. EN ISO 17025) eingeführt worden.

Die oben genannten Aspekte machen deutlich, dass Analytik fundamentale Bedeutung besitzt, die weiterhin zunehmen wird. Die Analytik ist eine Gemeinschaftsaufgabe von verschiedenen Partnern. Dazu gehören vor allem die Hochschulen, die Industrie, die Analytiklaboratorien, die Geräteindustrie sowie die Behörden. Daher benötigt Europa zukünftig mehr denn je entsprechend qualifizierte Analytikerinnen und Analytiker, Laboratorien, Ausbildungs- und Forschungsstätten.

An nur 43% der deutschen Universitäten mit Fachbereichen oder Fakultäten Chemie gibt es nach einer Analyse der Gesellschaft deutscher Chemiker (GDCh) das Fach „Analytische Chemie“; in etwa der Hälfte der Fälle ist es mit dem Fach „Anorganische Chemie“ verknüpft, da traditionell die Chemieanfänger anhand einfacher analytischer Laboraufgaben in das Fach Chemie eingeführt wurden. Einer Querschnittsdisziplin wie der Analytischen Chemie, mit zunehmenden For-

schungsaufgaben im gesamten Bereich der Materialwissenschaft, der Lebenswissenschaft und der Medizin, schadet eine solche falsche Zu- oder Unterordnung.

Das Konzept der Nachhaltigkeit, wie es auch im Verhaltenskodex der GDCh (<http://www.gdch.de/gdch/satzung.htm> – letzter Aufruf 22.1.2010), eine zentrale Position einnimmt, erfordert eine erweiterte Konzeption der Lehre:

„Über den schwierigen Gegenstand der Naturwissenschaften hinaus die Erziehung zur Berücksichtigung von Folgewirkungen von Erkenntnissen und deren materieller Umsetzung. Hierin liegt eine der anspruchsvollsten Aufgaben der Hochschulen, die hohes chemisch-analytisches Verständnis vermitteln muss. Die Fachbereiche/Fakultäten für Chemie und die Hochschulleitungen werden aufgefordert, die Analytische Chemie bei der Fort- und Neuentwicklung der Curricula zu stärken und deren interdisziplinäre Funktion zu sichern und zu nutzen. (...) Die Forschungsförderung sollte deutliche Prioritäten setzen: Die chemisch-analytische Forschung ist darauf angewiesen, in der Methodenentwicklung eine Spitzenstellung einzunehmen und in der Anwendung ausdrücklich anspruchsvollste Themen zu bevorzugen. Nur eine qualitätsorientierte Forschungsförderung in stabilen interdisziplinären Forschungsstrukturen der Analytik schafft die Voraussetzungen, dass die Industrie (Gerätehersteller und Anwender) in immer weiteren Bereichen erfolgreich automatisierte oder bedienungstolerante zuverlässige Methoden anbietet, international vermarktet und nutzt.

Es liegt daher im langfristigen Interesse von Hochschule, Politik und Wirtschaft, starke Strukturen von Lehre und Forschung in Analytischer Chemie zu sichern.“

(Auszug aus: Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) – Memorandum Analytik 2003)

***Groß ist die Aufgabe, die vor mir steht, und bescheiden sind die Kenntnisse und Kräfte, die für ihre Bewältigung ausreichen sollen. Aber Aufgaben sind da, um gelöst zu werden.***

– W. Ostwald –