



## IN DIESEM KAPITEL

Die Wissenschaft von der Chemie definieren

Einen Überblick über Bereiche der Chemie erhalten

Überall ist Chemie

# Kapitel 1

## Was ist Chemie und warum sollte man darüber etwas wissen?

**W**enn Sie einen Kurs in Chemie belegen, werden Sie dieses Kapitel möglicherweise auslassen und direkt zu dem Thema springen wollen, mit dem Sie Schwierigkeiten haben. Aber falls Sie dieses Buch gekauft haben, um zu entscheiden, ob Sie einen Kurs in Chemie überhaupt erst belegen sollen oder ob es vielleicht Spaß macht, etwas Neues zu entdecken, möchte ich Sie ermutigen, dieses Kapitel durchzulesen. Ich schaffe hier die Voraussetzungen für den Rest des Buches, indem ich Ihnen zeige, was Chemie eigentlich ist, was Chemiker so tun und warum Sie an Chemie wirklich interessiert sein sollten.

Mir macht Chemie richtig Spaß. Sie ist viel mehr als nur eine bloße Sammlung von Fakten. Ich finde es faszinierend zu beobachten, wie chemische Veränderungen stattfinden. Mich begeistert es, bislang Unbekanntes herauszufinden, Messgeräte zu benutzen, um die Sinne zu erweitern, Voraussagen zu machen und zu begreifen, warum sie richtig oder falsch sind. Alles fängt hier mit den Grundlagen an – herzlich willkommen in der faszinierenden Welt der Chemie.

## Was ist genau Chemie?

Einfach ausgedrückt, behandelt dieser ganze Zweig der Wissenschaft alles über Materie, die irgendetwas ist, das Masse hat und Platz einnimmt. Chemie bedeutet, die Zusammensetzung und die Eigenschaften von Materie zu untersuchen – und die Veränderungen zu betrachten, denen sie ausgesetzt ist.



## 30 TEIL I Grundlegende Konzepte der Chemie

Chemie kommt hauptsächlich dort ins Spiel, wo Veränderungen stattfinden. Materie besteht entweder aus reinen Substanzen oder aus Mischungen davon. Die Verwandlung von einer Substanz in eine andere nennen die Chemiker *chemische Änderung* oder *chemische Reaktion*. Wenn diese stattfindet, ist das ein Höhepunkt im Leben des Chemikers, denn dann entsteht etwas gänzlich Neues (siehe Kapitel 2 zu den Details hierzu).

### Zweige der Chemie

Chemie ist so umfassend, dass sie anfänglich in verschiedene Spezialbereiche unterteilt wurde. Heute jedoch gibt es ein hohes Maß an Überlappung zwischen den verschiedenen Bereichen der Chemie, genau wie bei anderen Fachgebieten auch. Hier sind die traditionellen Bereiche der Chemie:

- ✓ **Analytische Chemie:** Dieser Zweig befasst sich mit der Analyse von Substanzen. Hier versucht man herauszufinden, welche Substanzen eine Mischung enthält (qualitative Analyse) oder wie viel von der einen oder anderen Substanz darin enthalten ist (quantitative Analyse). In der analytischen Chemie kommen viele verschiedene Laborinstrumente zum Einsatz.
- ✓ **Biochemie:** Dieser Zweig ist auf lebende Organismen spezialisiert. Biochemiker studieren die chemischen Reaktionen, die auf molekularer Ebene in einem Organismus stattfinden – der Ebene, in der die Dinge mit bloßem Auge nicht mehr wahrgenommen werden können. Biochemiker studieren Prozesse wie Verdauung, Stoffwechsel, Fortpflanzung, Atmung usw. Manchmal ist es schwierig, zwischen einem Biochemiker und einem Molekularbiologen zu unterscheiden, weil beide ihre Systeme auf einer mikroskopischen Ebene studieren. Dabei konzentriert sich der Biochemiker allerdings mehr auf die (chemischen) Reaktionen, die dort ablaufen.
- ✓ **Biotechnik:** In diesem Bereich werden Chemie, Biochemie und Biologie kombiniert. Ziel ist die Durchführung von chemischen Reaktionen mit Mikroorganismen oder einfach nur freien Enzymen. Sie kennen alle sehr alte biotechnologische Verfahren, Bier und Käse werden nämlich damit hergestellt.
- ✓ **Anorganische Chemie:** Dieser Zweig befasst sich mit dem Studium anorganischer Verbindungen wie den Salzen. Er schließt das Studium über die Struktur und die Eigenschaften dieser Verbindungen ein. Dazu gehört auch das Studium der einzelnen Elemente. Anorganiker würden wahrscheinlich sagen, es handele sich um das Studium aller Verbindungen, die keinen Kohlenstoff enthalten – den überlassen sie den Organikern.

Was sind denn eigentlich Verbindungen und Elemente? Hier geht es sozusagen um die Anatomie der Materie. Materie besteht entweder aus reinen Substanzen oder Mischungen reiner Substanzen. Substanzen selbst bestehen entweder aus Elementen oder Verbindungen daraus. (Kapitel 2 gliedert die Anatomie der Materie. Und wie bei allen Dingen der Zergliederung ist es am besten, vorbereitet zu sein – mit einer Nasenklammer und leerem Magen.)





## KAPITEL 1 Was ist Chemie und warum sollte man darüber etwas wissen? 31

- ✓ **Organische Chemie:** Dies ist das Studium des Kohlenstoffs und seiner Verbindungen. Es ist wahrscheinlich der organisierteste Bereich der Chemie – aus gutem Grund. Es gibt Millionen organische Verbindungen und tausende, die jedes Jahr neu entdeckt oder erzeugt werden. Wirtschaftszweige wie die Kunststoffindustrie, die Ölindustrie und die Pharmaindustrie verlassen sich auf Organiker.
- ✓ **Physikalische Chemie:** Dieser Zweig analysiert, wie und warum sich ein chemisches System so verhält, wie es das tut. Physikalische Chemiker studieren die physikalischen Eigenschaften und das physikalische Verhalten der Materie und versuchen, Modelle und Theorien zu entwickeln, die dieses Verhalten beschreiben.

### Was ist Wissenschaft?

Wissenschaft ist viel mehr als eine Sammlung von Fakten, Zahlen, Kurven und Schreiftischen. Wissenschaft ist eine Methode, das physische Universum zu prüfen. Es ist eine spezielle Art, Fragen zu stellen und zu beantworten. Wissenschaft wird am besten durch die Persönlichkeit der Wissenschaftler selbst beschrieben: Sie sind skeptisch – sie müssen ja in der Lage sein, Phänomene zu prüfen. Und sie halten die Ergebnisse ihrer Experimente vorläufig fest und warten darauf, dass ein anderer Wissenschaftler sie widerlegt. Was nicht getestet werden kann, ist keine Wissenschaft. Wissenschaftler wundern sich, wollen das »Warum« herausfinden, und sie experimentieren – in dieser Beziehung sind sie wie kleine Kinder. Vielleicht ist dies eine gute Definition von Wissenschaftlern – sie sind Erwachsene, die die Wunder der Natur und den Wunsch zu lernen nie aus den Augen verloren haben.



### Makroskopische und mikroskopische Perspektive

Die meisten Chemiker, die ich kenne, arbeiten wie selbstverständlich in zwei Welten. Die eine ist die makroskopische Welt, die Sie und ich wahrnehmen, fühlen und berühren. Dies ist die Welt der fleckigen Laborkittel, in der man Dinge wie Natriumchlorid abwägt, um Dinge wie Wasserstoffgas zu schaffen. Dies ist die Welt der Versuche oder das, was einige Nichtwissenschaftler die »wirkliche Welt« nennen.

Aber Chemiker arbeiten auch in der mikroskopischen Welt, die Sie und ich nicht direkt sehen, fühlen oder berühren können. Hier arbeiten Chemiker mit Theorien und Modellen. Sie können das Volumen und den Druck eines Gases in der makroskopischen Welt messen, aber sie müssen die Messungen geistig in die mikroskopische Welt übersetzen, wie klein die Gaspartikel auch sind.

Wissenschaftler sind oft daran gewöhnt, zwischen diesen beiden Welten hin und her zu wechseln, ohne dies überhaupt zu bemerken. Eine Beobachtung in der makroskopischen Welt führt zu einer auf die mikroskopische Welt bezogenen Idee und umgekehrt. Man könnte meinen, ein solcher Fluss von Ideen müsse irritierend sein. Aber sobald Sie die Chemie etwas besser kennenlernen wird auch Ihnen das ganz in Fleisch und Blut übergehen.





## 32 TEIL I Grundlegende Konzepte der Chemie

### Reine und angewandte Chemie

In der reinen Chemie sind Chemiker frei, das zu tun, wofür sich die Forschung auch immer interessiert – oder welchen Forschungsauftrag auch immer sie bekommen. Hier erwartet eigentlich niemand, dass sich irgendetwas auch praktisch anwenden lässt. Der Forscher will einfach »wissen um des Wissens willen«. Diese Art von Forschung (oft auch Grundlagenforschung genannt) wird am häufigsten an Schulen und Universitäten durchgeführt. Der Chemiker setzt Studenten und Graduierte für die Forschung ein. Diese Arbeit ist Teil der beruflichen Ausbildung des Studenten. Der Forscher veröffentlicht seine Ergebnisse in Fachzeitschriften, damit andere Chemiker diese prüfen und ggf. widerlegen können. Geld ist fast immer ein Problem, weil das Experimentieren, die Chemikalien und die Ausrüstung ziemlich teuer sind.

In angewandter Chemie arbeiten Chemiker normalerweise für private Unternehmen oder an Forschungsinstituten, die mit Unternehmen zusammenarbeiten. Ihre Forschung ist auf ein sehr bestimmtes, vom Unternehmen gesetztes kurzfristiges Ziel gerichtet – Produktverbesserung oder die Entwicklung einer krankheitsresistenten Maissorte zum Beispiel. Normalerweise ist bei angewandter Chemie mehr Geld für Ausrüstung und Instrumente verfügbar, aber hier gibt es den Druck, den Zielen des Unternehmens zu dienen.

Diese beiden Arten der Chemie, rein und angewandt, besitzen dieselben grundsätzlichen Unterschiede wie Wissenschaft und Technik. In der Wissenschaft ist das Ziel einfach der Erwerb von Wissen – praktische Anwendung davon muss es nicht unbedingt geben. Wissenschaft ist einfach Wissen um des Wissens willen. Technik ist die Anwendung der Wissenschaft in Richtung eines sehr bestimmten Ziels.

In unserer Gesellschaft ist für Wissenschaft und Technik gleichermaßen Platz – ebenso für die zwei Arten der Chemie. Der reine Chemiker generiert Daten und Informationen, die dann vom »angewandten« Chemiker genutzt werden. Beide Arten von Chemikern haben ihre eigenen Stärken und Probleme. Tatsächlich werden viele Universitäten wegen der geringeren Forschungsmittel immer mehr in das Entwickeln von gewinnträchtigen Patenten involviert und für Technologietransfers in den privaten Sektor bezahlt.

### Was macht nun der Chemiker den lieben langen Tag?

Sie können die Aktivitäten eines Chemikers in verschiedene Kategorien einteilen:

- ✓ **Chemiker analysieren Substanzen.** Sie stellen fest, was und wie viel davon in einer Substanz vorhanden ist. Sie analysieren Feststoffe, Flüssigkeiten und Gase. Vielleicht geht es gerade darum, den Wirkstoff in einer Pflanze zu finden, vielleicht werden auch gerade Bleirückstände in Trinkwasser untersucht.
- ✓ **Chemiker schaffen oder synthetisieren neue Substanzen.** Vielleicht werden Mittel und Wege gesucht, einen Naturstoff künstlich zu erzeugen, vielleicht soll aber auch eine Verbindung synthetisiert werden, die es so in der Natur nicht gibt. Vielleicht soll





## KAPITEL 1 Was ist Chemie und warum sollte man darüber etwas wissen? 33

in großen Mengen Insulin produziert werden, oder ein neuer Kunststoff, eine Tablette oder eine Farbe. Vielleicht wird auch nach einem neuen, effizienteren Verfahrensprozess gesucht, um ein bereits bestehendes Produkt noch rascher herstellen zu können.

- ✓ **Chemiker schaffen Modelle und testen die Vorhersagekraft von Theorien.** Dieser Bereich der Chemie wird als *theoretische Chemie* bezeichnet. Chemiker, die in diesem Zweig der Chemie arbeiten, benutzen Computer, um chemische Systeme zu modellieren. Ihre Welt ist die der Mathematik und der Computer. Manche dieser Chemiker besitzen nicht einmal einen Laborkittel.
- ✓ **Chemiker messen die physikalischen Eigenschaften von Substanzen.** Sie messen die Schmelz- und Siedepunkte neuer Verbindungen. Sie können die Stärke eines neuen Polymerstrangs messen oder die Oktanzahl von Benzin bestimmen.

### Die wissenschaftliche Methode

Wissenschaftliche Methodik wird normalerweise als die Art beschrieben, wie Wissenschaftler vorgehen, die Welt um sie herum zu prüfen. Tatsächlich gibt es keine wissenschaftliche Methode, die ausnahmslos angewendet wird, aber die, die ich hier behandle, beschreibt die meisten kritischen Schritte, die Wissenschaftler früher oder später hinter sich bringen müssen.

Wissenschaftler machen Beobachtungen und beachten Fakten, die irgendetwas im Universum betreffen. Die Beobachtungen können eine Frage oder ein Problem hervorbringen, das der Forscher dann lösen will. Er kommt zu einer Hypothese, einer versuchsweisen Erklärung, die mit den Beobachtungen übereinstimmt. Der Forscher entwirft dann Experimente, um die Hypothese zu testen. Dieser Versuch generiert Beobachtungen oder Fakten, die verwendet werden können, um dann eine andere Hypothese zu generieren oder die vorhandene zu modifizieren. Dann werden weitere Versuche angestellt, und so setzt sich dieser Kreislauf fort.

Werden Wissenschaften ernsthaft betrieben, nimmt dieser Kreislauf niemals ein Ende. Ebenso wie Wissenschaftler in ihren fachlichen Fähigkeiten immer fortgeschrittener werden und immer bessere Messinstrumente ersinnen und bauen, werden Hypothesen stets aufs Neue geprüft. Dennoch können aus diesem Kreislauf neue Dinge erwachsen: Vielleicht wird ein neues, bislang unbekanntes Gesetz entdeckt! Ein Gesetz ist eine Verallgemeinerung dessen, was im jeweils untersuchten wissenschaftlichen System geschieht. Und ebenso wie die Gesetze aus der Juristerei, müssen auch wissenschaftliche Gesetze manchmal, wenn neue Fakten vorliegen, modifiziert werden. Eine bisherige Arbeitshypothese kann auch zu einem Modell oder gar einer Theorie aufsteigen: Mit einem Modell beschreibt man, was geschieht, mit einer Theorie versucht man zu erklären, warum es geschieht. Eine Theorie besitzt also immer noch eine gewisse Ähnlichkeit mit einer Hypothese, basiert aber auf ungleich mehr Beobachtungen und/oder Messdaten. Eine gute Theorie gestattet auch Prognosen. Lässt sich zu dieser Theorie ein gutes Modell entwickeln, gestattet auch dieses Voraussagen, die dann mithilfe weiterer Experimente überprüft werden müssen. Die Beobachtungen, die sich aus diesen Experimenten ergebene, können dann wieder dazu verwendet werden, das Modell (oder gar die Theorie) zu verfeinern – und schon wieder stecken wir mitten im Kreislauf. Wann das Ganze endet? – Niemals.



## 34 TEIL I Grundlegende Konzepte der Chemie

# Und wo arbeiten Chemiker tatsächlich?

Vielleicht glauben Sie, Chemiker treffe man nur in einem muffigen Labor an, wo sie für irgendeine große Chemiefirma arbeiten. Chemiker haben jedoch eine Vielzahl von Aufgaben in einer großen Vielfalt von Arbeitsstellen:

- ✓ **Chemiker in der Qualitätskontrolle:** Diese Chemiker analysieren Rohstoffe, Zwischenprodukte und Endprodukte, um sicherzustellen, dass deren Reinheit in den vorgeschriebenen Rahmen fällt. Sie bieten dem Kunden auch technische Unterstützung oder analysieren zurückgegebene Produkte. Viele dieser Chemiker lösen oft Probleme bereits innerhalb des Herstellungsprozesses.
- ✓ **Industriechemiker:** Chemiker in diesem Beruf führen eine große Zahl physikalischer und chemischer Tests durch. Sie können neue Produkte entwickeln, aber auch vorhandene Produkte verbessern. Manche von ihnen arbeiten eng mit Kunden zusammen, um den Bedarf an sehr speziellen Produkten zu decken. Ferner liefern sie technischen Kundensupport.
- ✓ **Vertriebschemiker:** Chemiker können als Vertreter für Gesellschaften arbeiten, die Chemikalien oder Pharmaka verkaufen. Sie können ihre Kunden besuchen und sie über neu entwickelte Produkte informieren. Oft helfen sie auch ihren Kunden, Probleme zu lösen.
- ✓ **Gerichtschemiker (Forensische Chemiker):** Diese Chemiker analysieren Proben von Tatorten (sogenannte Asservate) oder prüfen auf Spuren von Medikamenten oder Drogen (z. B. im Blut). Sie treten auch bei Gericht als Sachverständige auf.
- ✓ **Umweltchemiker:** Diese Chemiker können für Kläranlagen, ein Umweltamt, die Energiebehörde oder ähnliche Einrichtungen arbeiten. Diese Art der Arbeit zieht Leute an, die Chemie mögen, aber auch gerne in die Natur hinausgehen: Oft holen sie sich ihre Proben einfach selbst.
- ✓ **Restauration von Kunst und historischen Arbeiten:** Manche Chemiker restaurieren Bilder oder Statuen oder entlarven Fälschungen. Nehmen Kunstwerke Schaden, arbeiten diese Chemiker daran, dieses Kulturerbe zu erhalten.
- ✓ **Chemielehrer:** Chemiker, die als Pädagogen arbeiten, lehren Physik und Chemie an öffentlichen Schulen. Oder auch an Hochschulen und Universitäten. Professoren betreiben Forschung und arbeiten oft mit Studenten und Doktoranden zusammen.

Diese sind nur einige der Berufe, in denen sich Chemiker wiederfinden können. Ich habe dabei noch nicht einmal die Juristerei, die Medizin, technische Dokumentation, Unternehmensberatung oder gar die Politik genannt. Chemiker sind an fast jedem Aspekt der Gesellschaft beteiligt. Einige Chemiker schreiben sogar Bücher.

Wenn Sie nicht daran interessiert sind, Chemiker zu werden, warum sollten Sie trotzdem an Chemie interessiert sein? (Die Antwort ist wahrscheinlich »um eine Prüfung zu bestehen«.) Chemie ist ein integraler Bestandteil unserer täglichen Welt; etwas über Chemie zu wissen hilft, mit unserer alltäglichen technischen und chemischen Umwelt besser zurechtzukommen.

