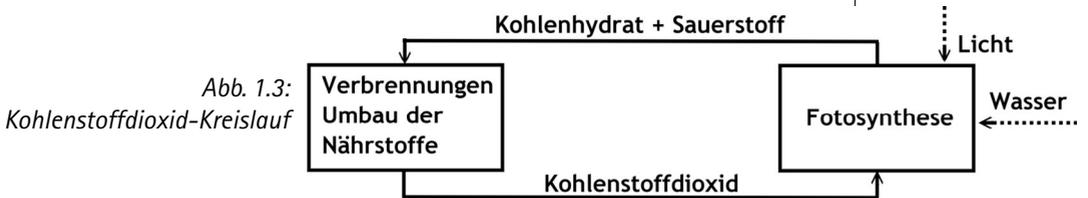


Wohin man blickt – Stoffe!



den: Dieser Anstieg ist höchstwahrscheinlich die Hauptursache für die zunehmende Erderwärmung (Treibhauseffekt). Es wird von Lebewesen bei der Umwandlung von Nährstoffen erzeugt. Ein Erwachsener gibt täglich etwa 360 Liter davon (über 700 Gramm) an die Umwelt ab, bei schwerer körperlicher Arbeit auch erheblich mehr. Ein Mittelklassewagen erzeugt zwischen 140 und 200 Gramm Kohlenstoffdioxid pro Kilometer(!). In großen Mengen entsteht es bei der Verbrennung von Holz, Kohle und Erdölprodukten. Andererseits sind grüne Pflanzen mit Hilfe des Sonnenlichts in der Lage, aus diesem scheinbar nutzlosen Gas etwas sehr Wertvolles herzustellen: Zucker, ein Kohlenhydrat. Das ist der wichtigste chemische Vorgang auf diesem Planeten Erde (wegen der Mitwirkung des Lichts nennt man ihn *Fotosynthese*), denn er ist die Grundlage für fast alle Lebensformen.



Bei der Fotosynthese werden durch die Energie des Sonnenlichts Kohlenhydrate erzeugt. Ohne die Fotosynthese gäbe es fast kein Leben auf der Erde. Durch den Verbrauch von Kohlenstoffdioxid bremst die Fotosynthese den Treibhauseffekt.



Die Aufgabe des Chemikers

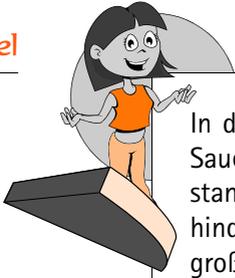
Aber offenbar reicht dieser Vorgang nicht mehr aus, um die steigenden Kohlenstoffdioxidmengen zu bewältigen. Der Chemiker wird nach Wegen suchen, Kohlenstoffdioxid auf andere Weise »unschädlich« zu machen. Dazu muss er aber diese Substanz sehr gut kennen lernen. Er muss ihr Vorkommen, ihre Entstehung und ihre Eigenschaften erforschen, so genau wie möglich – ein »Steckbrief« dieser Substanz muss erstellt werden, wie bei der Kriminalpolizei.

Vorläufiger Steckbrief von Kohlenstoffdioxid (auch Kohlendioxid genannt):

Farb- und geruchloses Gas, schwerer als Luft, wasserlöslich, in der Luft zu 0,03% enthalten (ab 5% Vergiftungserscheinungen), in großen Mengen im Wasser der Weltmeere gelöst, flammenerstickend, wird bei $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ fest.



1



In der Luft ist sie gemischt mit den Hauptbestandteilen Stickstoff und Sauerstoff enthalten. Sie kann durch Sauerstoffkontakt aus allen Substanzen entstehen, die Kohlenstoff enthalten. Der Chemiker möchte verhindern, dass zu viel davon in die Luft kommt, z.B. aus den Schornsteinen großer Kohlekraftwerke. Das entstehende Kohlenstoffdioxid soll so gut es geht noch im Schornstein abgefangen, also aus dem Abgasgemisch herausgetrennt werden. Das gelingt durch Einleitung in Kalkwasser: Unser Sorgenkind bindet sich in Form von Kalkstein und kann so z.B. als Baustoff weitere Verwendung finden.

Chemie oder Physik

Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Kraftstoff, Kunststoff, Farbstoff – immer wieder dieser Begriff »Stoff«! Wir wollen ihn künftig so verwenden: Eine Substanz besteht aus (reinen oder gemischten) Stoffen, und diese Stoffe bilden einen »Körper«. Ein solcher Körper wäre beispielsweise ein aufgeblasener Luftballon. Er besteht aus den Stoffen Gummi und Luft, wobei die Luft ihrerseits ein Stoffgemisch ist. Warum diese Abgrenzung zwischen Stoffen und Körpern? Ganz einfach, weil hier eine Grenzlinie zur anderen großen Naturwissenschaft verläuft, zur Physik. Für den Chemiker stehen die *Stoffe* im Vordergrund, für den Physiker die Eigenschaften und das Verhalten von *Körpern*, insbesondere ihre *Energie*. Beispiel Fußball: Der Chemiker fragt z.B. nach den Eigenschaften der Kunststoffe, aus denen dieser besteht. Der Physiker hat andere Fragen: Wie weit fliegt der Fußball, wenn er mit einer bestimmten »Wucht« getreten wird? Unter welchem Winkel sollte er abgeschlagen werden, damit er möglichst weit fliegt? Wie verhält es sich also mit der *Energie* des Fußballs unter bestimmten Bedingungen?

Physik:
Energie?



Chemie:
Stoffe?

Abb. 1.4: Physik und Chemie des Fußballs

Aber natürlich ist diese Abgrenzung nicht ganz eindeutig. Energie spielt auch in der Chemie eine große Rolle, und der Physiker kann stoffliche Eigenschaften nicht vernachlässigen, wenn er das Verhalten von Körpern

Wohin man blickt – Stoffe!

studiert. Deshalb muss jeder gute Chemiker auch etwas von Physik verstehen und umgekehrt.

Chemie untersucht Stoffe – Physik untersucht Körper

Stoffe umgeben uns in unendlicher Vielfalt. Müll, Abwasser, Luft, Abgase, Lebensmittel, Gesteine sind typische Beispiele von Stoffgemischen. In vielen Fällen hat der Chemiker die Aufgabe, solche Gemische zu trennen (Recycling, Abwasser- und Abgasreinigung, Erzgewinnung).

Bestandteil	Anteil (%)
Bioabfälle	31
Papier/Pappe/Kartonagen	13
Glas	12
Kunststoffe	10
Metalle	5
Textilien	4
Mineralstoffe	4
Verbundstoffe	3
Holz	2
Schadstoffbelastete Abfälle	1
Sonstiges	15

Der reine Stoff

Andere Stoffe gelten zwar als »rein« – z.B. Metalle (Eisen, Aluminium usw.), Halbleiter (Silizium), Zucker, Salz, Arzneimittelwirkstoffe – sind es aber in Wirklichkeit gar nicht. Es gibt ein Gebiet der Chemie, das sich auf die Untersuchung der Zusammensetzung und den Nachweis von Stoffen spezialisiert hat: die analytische Chemie. Sie ist mit modernen Methoden in der Lage, auch äußerst geringe Verunreinigungen nachzuweisen. So



*Tabelle 1.1:
Hausmüllanalyse
2000/2001 der
Landeshaupt-
stadt Magdeburg
(Sachsen-An-
halt). Gesamt-
Müllmenge pro
Jahr 54.500 t.*

1



kann z.B. das Umweltgift Blei in manchen Lebensmitteln noch nachgewiesen werden, wenn es nur zum fünfzigmillionsten Teil enthalten ist (20 ppb, also »parts per billion«, Anteile pro Milliarde).



Steckbrief Blei: Häufigkeit in der Erdrinde 0,0018%, schweres und sehr weiches Metall, sehr giftig, Verwendung: Bleikabel, Akkumulatoren, Strahlenschutz usw.

Bestimmte Bestandteile des Benzins (Antiklopffmittel) können in Wasser nachgewiesen werden, wenn sich nur der hundertmillionste Teil davon in einem Liter gelöst hat – das sind 0,00001 Gramm. Oder anders ausgedrückt: In 100.000 Liter Wasser kann man noch ein Gramm dieser Antiklopffmittel nachweisen! Man spricht von der »Nachweisgrenze«: Wenn man nichts findet, heißt das noch lange nicht, dass es keine Verunreinigung gibt – sie liegt dann eben unter der Nachweisgrenze.



»Acetylsalicylsäure reinst, Gehalt > 99,5%« (Angaben auf einem Chemikalien-Etikett; es handelt sich um den Wirkstoff von Aspirin-Tabletten)

Den völlig reinen Stoff, der mit keinem anderen Stoff verunreinigt ist, gibt es also nur theoretisch. Für viele Anwendungsbereiche wäre er sehr wünschenswert, beispielsweise im Arzneimittelbereich oder in der Halbleiterindustrie. Die Steigerung des Reinheitsgrades chemischer Produkte ist deshalb eine immerwährende, sehr anspruchsvolle Aufgabe der Chemie.

Wegen der enormen methodischen Fortschritte in der Analytik lassen sich in menschlichem Blut oder in der Muttermilch heute mehr Stoffe nachweisen als noch vor einigen Jahren. Aus wissenschaftlicher Sicht ist diese Tatsache nicht überraschend, da der Mensch durch Atmung und Ernährung in einem ständigen Stoffaustausch mit seiner Umgebung steht. Moderne Biomonitoring-Verfahren erlauben heute den Nachweis eines Tropfens einer Substanz gelöst in 100.000 Litern, was etwa dem Fassungsvermögen eines Eisenbahnkesselwagens entspricht. Romanowski: »Das Aufspüren synthetischer Substanzen in so geringen Konzentrationen wie Millionstel (ppm) oder sogar Milliardstel Gramm (ppb) je Gramm ist nicht automatisch mit einem gesundheitlichen Risiko gleichzusetzen. Darin sind sich Wissen-



schaft und Behörden weitgehend einig.» (Aus einer Stellungnahme des Verbandes der chemischen Industrie e. V., VCI, vom 6.10.2005)

Aufgaben der Chemie

Die bisher näher beschriebenen Aufgaben der Chemie können wir so zusammenfassen (und in Kapitel 2 vertiefen):

- ◇ Untersuchung von Stoffeigenschaften
- ◇ Nachweis von Stoffen
- ◇ Trennung/Reinigung von Stoffgemischen

Aber zur Chemie gehört noch viel mehr als »nur« die Reinigung und Zerlegung von Stoffgemischen sowie die Untersuchung und der Nachweis von Stoffen, die bereits auf natürlichen Wegen entstanden sind. Chemie kann mehr: In *chemischen Reaktionen* werden ganz gezielt *neue Stoffe* erzeugt. In aller Regel entstehen sie aus mehreren, teils einfacheren Stoffen oder können in solche zerlegt werden. Man spricht deshalb von *chemischen Verbindungen*. Manche davon gab es bereits in der Natur, z.B. Vitamine. Die chemische Produktion deckt hier den gestiegenen Bedarf, der sich aus dem Bevölkerungswachstum ergibt. Andere Stoffe werden ganz gezielt und maßgeschneidert für technische, medizinische oder Konsumzwecke hergestellt, z.B. Reinigungsmittel, Malaria-Präparate oder Lippenstiftfarben. Und oft werden gefährliche Stoffe durch chemische Reaktionen unschädlich gemacht (Beispiel: Abgasreinigung). Mit diesem riesigen Gebiet der chemischen Verbindungen und Reaktionen werden wir uns jetzt näher befassen.

Wenn das Essen anbrennt: Chemische Reaktionen

Das haben wir alle schon mal erlebt: Fett wird in der Pfanne überhitzt, ein beißender Geruch entsteht und verursacht Kopfschmerzen. Der Stoff Fett (eigentlich ein Gemisch sehr ähnlicher chemischer Verbindungen, der »Triglyceride«) wird durch die Hitze zunächst in einfachere Stoffe zerlegt: Glycerin und Fettsäuren. Glycerin (das der Chemiker korrekt *Glycerol* nennt) kennen wir als Hautpflegemittel; es hat völlig andere Eigenschaften als unser Bratfett! Noch mehr gilt das für die Produkte der anschließenden chemischen Reaktion: Aus Glycerol entsteht Wasser und Acrolein – dieses giftige Gas verursacht den Kopfschmerz.