

Manfred Amann



# Chemie

für Kids



Chemie endlich richtig  
verstehen und sogar  
Spaß daran finden!





## **Hinweis des Verlages zum Urheberrecht und Digitalen Rechtemanagement (DRM)**

Der Verlag räumt Ihnen mit dem Kauf des ebooks das Recht ein, die Inhalte im Rahmen des geltenden Urheberrechts zu nutzen. Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Der Verlag schützt seine ebooks vor Missbrauch des Urheberrechts durch ein digitales Rechtemanagement. Bei Kauf im Webshop des Verlages werden die ebooks mit einem nicht sichtbaren digitalen Wasserzeichen individuell pro Nutzer signiert.

Bei Kauf in anderen ebook-Webshops erfolgt die Signatur durch die Shopbetreiber. Angaben zu diesem DRM finden Sie auf den Seiten der jeweiligen Anbieter.

Manfred Amann



# Chemie für Kids



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

ISBN 978-3-95845-723-2

1. Auflage 2019

[www.mitp.de](http://www.mitp.de)

E-Mail: [mitp-verlag@sigloch.de](mailto:mitp-verlag@sigloch.de)

Telefon: +49 7953 / 7189 - 079

Telefax: +49 7953 / 7189 - 082

© 2019 mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen

Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Lektorat: Katja Völpe

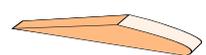
Satz und Layout: Ill-Satz, Husby, [www.drei-satz.de](http://www.drei-satz.de)



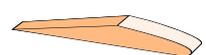
# Inhalt

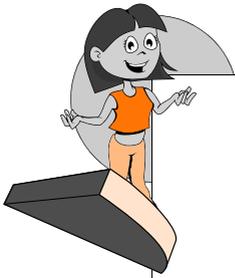
<b>Einleitung</b>	<b>9</b>
Zur Benutzung dieses Buches.....	10
 <b>Was machen die Chemiker eigentlich?</b>	 <b>13</b>
Wohin man blickt – Stoffe! .....	14
Wenn das Essen anbrennt: Chemische Reaktionen .....	19
Zusammenfassung.....	23
Aufgaben .....	24
 <b>Kalbsleberwurst, Milch und Schmutzwasser</b>	 <b>25</b>
Chemische und physikalische Vorgänge .....	26
Man sieht, was drin ist – heterogene Gemische.....	28
Völlig gleichartig – homogene Gemische .....	31
Zeige mir, wer du bist – Trennen mit System .....	34
Zusammenfassung.....	44
Aufgaben .....	45

1



2



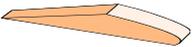


3



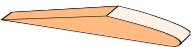
<b>Elemente – die »einfachsten« Stoffe</b>	<b>47</b>
Elemente und ihre Symbole.....	48
Nicht Metall – aber was sonst? .....	51
Metalle – die glänzenden Leiter .....	63
Die Clans der Elemente .....	72
Die Atomvorstellung von Dalton.....	79
Zusammenfassung .....	83
Aufgaben.....	83

4



<b>Reaktionen, Formeln und Gleichungen</b>	<b>85</b>
Woran erkennt man chemische Reaktionen?.....	86
Zusammenstoß mit Folgen – wann reagiert was?.....	88
Exotherm und endotherm – Wärme kommt, Wärme geht .....	94
Geschwindigkeit ist keine Zauberei .....	99
Auch Stoffe haben Verhältnisse .....	102
Formeln, nichts als Formeln ... ..	105
Die Jagd nach der Ausbeute .....	112
Zusammenfassung .....	115
Aufgaben.....	116

5

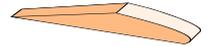


<b>Reise ins Innere der Atome</b>	<b>119</b>
Atome sind teilbar! .....	120
Das Kern-Hülle-Modell von Rutherford .....	125
Masse ist nicht alles – die Ordnungszahl.....	127
Das Kern-Schalen-Modell von Niels Bohr .....	132
Periodensystem, zum Zweiten.....	139
Reich mir die Hand fürs Leben ... ..	144
Zusammenfassung .....	156
Aufgaben.....	157



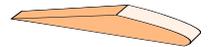
<b>Essig und Seifenlauge</b>	<b>159</b>
Säuren und Laugen – überall .....	160
Der nützliche Rotkohl .....	162
Säure, der Feind des Marmors .....	165
Von Spendern und Empfängern .....	169
pH – das »Gewicht des Wasserstoffs« .....	174
Schwefelsäure, Hydroxide und Salze .....	178
Zusammenfassung .....	182
Aufgaben .....	183

6



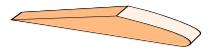
<b>Elektrizität und Chemie</b>	<b>185</b>
Oxidation mit Oxygenium .....	186
Oxidation auch ohne Oxygenium? .....	188
Metall-Ranking: die Spannungsreihe .....	193
Vom Froschschenkel zur Batterie .....	197
Die Brennstoffzelle – »saubere« Energie .....	200
Die Elektrolyse – nur unter Zwang! .....	202
Zusammenfassung .....	205
Aufgaben .....	205

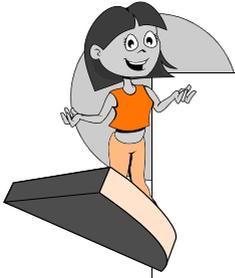
7



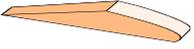
<b>Rechnen in der Chemie</b>	<b>207</b>
Von Portionen und Mengen .....	208
Wie viel Luft verbraucht das Benzin? .....	212
Das vergängliche Octan .....	215
Die idealen Gase .....	216
Zusammenfassung .....	218
Aufgaben .....	219

8



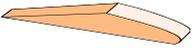


9



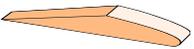
<b>C gleich organische Chemie</b>	<b>221</b>
Lebenskraft aus dem Reagenzglas .....	222
Von Ketten und Ringen .....	223
Kohlenwasserstoffe – verbrannt in alle Ewigkeit? .....	225
Wenn der Wein sauer wird .....	240
Kunststoffe – ohne sie geht nichts. ....	249
Zusammenfassung .....	253
Aufgaben. ....	254

10



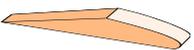
<b>Nahrung, Haushalt und Chemie</b>	<b>255</b>
Kohlenhydrate – nicht immer süß .....	256
Eiweiß – das 20-Buchstaben-Alphabet .....	263
Fett hat auch gute Seiten .....	268
Vom Fett zur Seife .....	273
Zusammenfassung .....	275
Aufgaben. ....	276

A



<b>Lösungen zu allen Kapiteln</b>	<b>279</b>
Kapitel 1: Was machen die Chemiker eigentlich? .....	279
Kapitel 2: Kalbsleberwurst und Schmutzwasser .....	280
Kapitel 3: Elemente – die »einfachsten« Stoffe .....	281
Kapitel 4: Reaktionen, Formeln und Gleichungen .....	282
Kapitel 5: Reise ins Innere der Atome .....	284
Kapitel 6: Essig und Seifenlauge. ....	285
Kapitel 7: Elektrizität und Chemie .....	286
Kapitel 8: Rechnen in der Chemie. ....	288
Kapitel 9: C gleich organische Chemie. ....	289
Kapitel 10: Nahrung, Haushalt und Chemie .....	291

B



<b>Verzeichnis der Elemente</b>	<b>293</b>
Angaben im PSE .....	294

8

<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>297</b>
-----------------------------	------------

---

# Einleitung



Chemie macht Schlagzeilen – Glykol im Wein, saurer Regen, hochgiftige »polychlorierte Biphenyle (PCB)« im Fettgewebe und in der Muttermilch, Nitrite in der Wurst, Dioxin in der Umwelt und so weiter. Zur Gefährlichkeit dieser Wissenschaft kommt noch die unverständliche Sprache: Acrylnitril, Difluordichlormethan, PCB (bereits genannt) – wie soll man sich da für die Chemie begeistern? Trotzdem: Es gibt viele Menschen, die mit Hingabe die Gesetze dieser Wissenschaft erforschen. Was macht Chemie für diese Menschen so interessant?

Zunächst einmal hat Chemie als die »Wissenschaft von den Substanzen«, wie wir sie hier vorläufig nennen wollen, sehr viel mit deinem täglichen Leben zu tun. Alles was du anfassen, riechen, schmecken kannst, ist Gegenstand der Chemie. Viele Menschen wollen verstehen, was in dieser Welt der Substanzen vor sich geht.

Viele wollen auch verstehen, *warum* es geschieht – was diese Welt »im Innersten zusammenhält«. Es ist die Freude an der Beobachtung und Erforschung der Natur, die Begeisterung für das Experiment, mit dem Fragen an die Natur gestellt werden. »Ein reizvolles Experiment ist in sich selbst oft wertvoller als zwanzig Formeln, die man sich mühsam ausdenken muss« (Albert Einstein).

Aber vielleicht ist dir das zu hoch gegriffen. Vielleicht geht es dir nur darum zu erfahren, was da bald in der Schule mit dem Unterrichtsfach Chemie auf dich zukommt. Einverstanden; schließlich möchte nicht jeder Leser dieses Buches gleich zum großen Naturforscher und Experimentator werden. Bleiben wir also auf dem Boden der Schüler-Tatsachen! Was wird die Chemielehrerin/der Chemielehrer von dir erwarten (oder besser: erhoffen)? Vor allem natürlich Neugier – ohne sie geht es wohl in keinem Fach. Darüber hinaus: die Bereitschaft und das Erlernen der Fähigkeit,



stoffliche Vorgänge genau zu beobachten und das Wesentliche in ihnen zu erkennen. Vielleicht auch die Bereitschaft, sorgfältig eigene Experimente durchzuführen. Die Offenheit, neue Sichtweisen für vertraute Vorgänge zu entwickeln. Es ist nicht immer leicht, die Chemie zu erlernen, aber du wirst für deine Mühe belohnt. Jedes Wissen über die Welt der Substanzen ist auch ein Wissen über uns selbst. Und nur wer die Vielfalt und Großartigkeit der Natur kennt, wird wirklich Achtung vor ihr empfinden können.

Aber um es deutlich zu sagen: Dies ist kein Schulbuch. Es ist nicht seine Absicht, auf einzelne Klassenarbeiten im Fach Chemie vorzubereiten (kann diesen Zweck aber vielleicht doch hin und wieder erfüllen – das wäre ein schöner Nebeneffekt!). Ich habe eigene Schwerpunkte gesetzt, an manchen Stellen auf so genannte »didaktische Verkürzungen« verzichtet. Mein Ziel war es vor allem, Interesse zu wecken. Wenn ich dieses Ziel erreicht habe, dann ist das Buch gelungen. Dafür ist *dein* Urteil entscheidend.

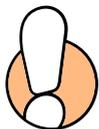
Machen wir uns also auf zur Reise in die Welt der Chemie!

## Zur Benutzung dieses Buches

Bedeutung der Symbole in diesem Buch:



Diese Textstellen solltest du aufmerksam lesen, um die folgenden Sachverhalte zu verstehen und die Aufgaben lösen zu können.



Das solltest du dir merken – wichtige Regeln, Gesetze und Erklärungen. Auch Aussagen zu Einzelvorgängen und Reaktionsgleichungen sind in dieser Weise gekennzeichnet.



An diesen Stellen findest du Versuche, die du mit einfachen Mitteln selbst zu Hause durchführen kannst.

## Zur Benutzung dieses Buches

Die notwendigen Materialien für die Versuche werden jeweils gesondert angegeben. Ansonsten brauchst du nur einen Bleistift und einen Block Papier zur Lösung der Aufgaben. Wenn du vergleichen willst: Am Ende des Buches stehen meine Lösungen. Die Aufgaben sind aber nur dann nützlich, wenn du in jedem Fall *zuerst selbst* die Lösung suchst!







# 1

## Was machen die Chemiker eigentlich?

Ein Tag in den Sommerferien: Spaziergang im Stadtpark, ein vorbeifahrendes Auto, ein Schluck Mineralwasser zur Erfrischung ... Was hat das mit Chemie zu tun? Chemie, ist das nicht gesundheitsschädliche Arbeit mit Reagenzgläsern und geheimnisvollen Geräten, »unnatürlich«, Umweltverschmutzung und unverständlicher Formelkram? Das kann aber nicht alles sein. Wieso gibt es in der Schule trotzdem das Fach Chemie, wo doch schon dieser Name für viele wie ein Schimpfwort klingt? Wieso arbeiten trotzdem allein in Deutschland über 400.000 Menschen in der chemischen Industrie? Wieso werden Menschen für herausragende Forschungsleistungen in der Chemie ausgezeichnet, zum Beispiel mit dem Nobelpreis?

In diesem Kapitel lernst du

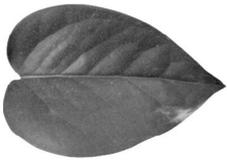
- ⊙ welche Bedeutung die Chemie in deinem Leben hat
- ⊙ was der Chemiker unter Stoffen versteht
- ⊙ was den Chemiker vom Physiker unterscheidet
- ⊙ welche Aufgaben die Chemie hat
- ⊙ seit wann es Chemie gibt

## 1



## Wohin man blickt – Stoffe!

Schauen wir etwas genauer hin bei unserem Spaziergang. Das Sonnenlicht, die Buche im Stadtpark – zusammen eine chemische Fabrik, die in jeder Stunde ein paar hundert Gramm Zucker und große Mengen Sauerstoff erzeugt!



Sonne



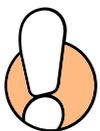
Abb. 1.1: Grüne Pflanzen erzeugen im Sonnenlicht Kohlenhydrate.

Das vorbeifahrende Auto – es enthält etwa 150 kg Kunststoffe, die von der chemischen Industrie hergestellt wurden. Das Mineralwasser – es enthält chemisch erzeugte Kohlensäure. Wir selbst – eine »chemische Fabrik«, die ständig Nahrung in andere Stoffe umwandelt. Und bereits bei den bisher genannten Punkten eine der Gemeinsamkeiten, die uns später die Übersicht im riesigen Feld der Chemie erleichtern werden: Es ist das Gas Kohlenstoffdioxid, von dem du vielleicht schon gehört hast. Das Auto und wir selbst erzeugen dieses Gas; im Mineralwasser entsteht daraus die Kohlensäure, und die Buche wandelt es zusammen mit Wasser und mit Hilfe des Sonnenlichts in den neuen Stoff Zucker um.



Abb. 1.2: Baum, Auto, Medikamente – Chemie ist überall!

Aber das ist noch nicht alles: deine Kleidung, die Sonnenschutzcreme, die Tablette gegen Zahnschmerzen, die Luft um dich herum – all das interessiert den Chemiker. Wie? Du möchtest »keine Chemie« in deiner Kleidung, trägst reine Baumwolle oder vielleicht sogar reine Seide? Sei sicher – auch das gehört zur Chemie. Aber was ist denn nun Chemie? Was machen die Chemiker eigentlich?



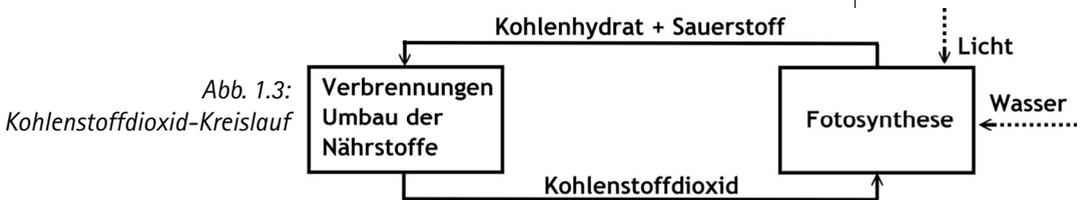
Unsere erste Erkenntnis: Chemie ist überall!

Betrachten wir noch einmal Kohlenstoffdioxid, eine gasförmige Substanz. In der Luft ist sie nur in geringen, aber leider steigenden Mengen vorhan-

## 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

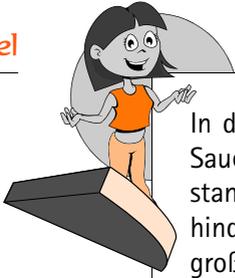
Aber offenbar reicht dieser Vorgang nicht mehr aus, um die steigenden Kohlenstoffdioxidmengen zu bewältigen. Der Chemiker wird nach Wegen suchen, Kohlenstoffdioxid auf andere Weise »unschädlich« zu machen. Dazu muss er aber diese Substanz sehr gut kennen lernen. Er muss ihr Vorkommen, ihre Entstehung 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

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

## 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



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.

1

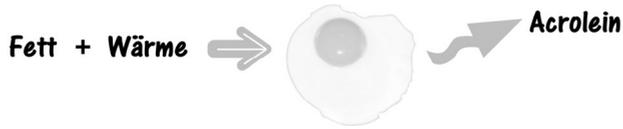
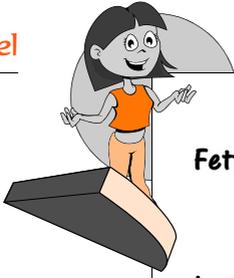
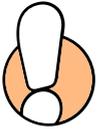


Abb. 1.5: Aus überhitztem Fett entsteht das giftige Acrolein.

Ausgangsstoffe (Edukte) bilden also in einer chemischen Reaktion neue und andersartige Endstoffe (Produkte). Eigentlich kennen wir das ja schon: die Buche im Stadtpark mit ihrer Zuckerproduktion, die Kohlensäure im Mineralwasser, die Umwandlung unserer Nahrung – chemische Reaktionen sind überall! Ein Streichholz verbrennt, übrig bleiben Gase und ein bisschen Asche – die Liste chemischer Reaktionen in unserem Alltag ließe sich fast endlos fortsetzen.



Chemische Reaktionen sind überall!

Aber der Chemiker erforscht nicht nur solche Alltagsreaktionen (obwohl auch diese oft sehr kompliziert und schwer verständlich sind). Mehr als 20 Millionen chemische Verbindungen sind bereits bekannt, jedes Jahr kommen Hunderttausende neue dazu. Über sechs Millionen bekannte chemische Reaktionen lassen diese Vielfalt entstehen.

*Die Beiträge der Greifswalder Wissenschaftler um Prof. Ulrike Lindequist (Institut für Pharmazie) und Prof. Frieder Schauer (Institut für Mikrobiologie) konzentrierten sich auf die Suche nach neuen Wirkstoffen aus marinen Organismen. Dazu wurden in Kooperation mit dem Institut für Marine Biotechnologie in Greifswald über 300 Algen, Pilze, Muscheln, Schnecken und Würmer untersucht, aus denen verschiedene Wirkstoffe isoliert und chemisch definiert wurden. Die gewonnenen Substanzen wurden anschließend auf ihre Wirkung gegen Krankheitserreger (Viren, Bakterien, Pilze), gegen Tumorzellen sowie auf Knochenzellen (Osteoporose-Schutz), Hautzellen und verschiedene Enzyme geprüft. Mehrere hochaktive neue Substanzen aus marinen Organismen konnten dabei entdeckt werden. Diese wurden daraufhin in Rostock analysiert, nachsynthetisiert und in größeren Mengen hergestellt. (Aus: Analytik-News – Tagesaktuelle News und Infos für Analytiker, www.analytik-news.de, vom 4.1.2006)*

## Wenn das Essen anbrennt: Chemische Reaktionen



Die chemische Industrie erzeugt aus ca. 300 so genannten »Grundprodukten« schließlich etwa 100.000 Produkte für den Endverbraucher. Die Grundprodukte (z.B. Ammoniak, Kohlenwasserstoffe) wiederum stammen aus den Vorräten dieser Erde: vor allem Erdöl und Erdgas, selten auch noch Kohle (die fossilen Rohstoffe), dazu Luft, Wasser und mineralische Rohstoffe (Erze).

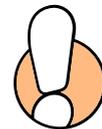
Sparte	Prozentanteil
Chemische Grundstoffe	48,47
Schädlingsbekämpfungs-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittel	0,93
Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte	7,84
Pharmazeutische Erzeugnisse	22,44
Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemittel, Duftstoffe	7,73
Klebstoffe, Gelatine	1,07
Chemiefasern	3,17
Datenträger	0,31
Sonstige	8,04

*Tabelle 1.2: Anteil der Sparten an der Gesamtproduktion der deutschen chemischen Industrie im Jahr 2004 (Quelle: Verband der chemischen Industrie, VCI)*

Das alles ergibt noch nicht die Zahl von 20 Millionen bekannten (in Datenbanken registrierten) Verbindungen. Viele entstehen zunächst in der wissenschaftlichen Forschung, die eine oder andere findet schließlich den Weg zur industriellen Produktion.

Wir können jetzt also eine vollständige Definition der Chemie angeben – sie lautet kurz und bündig:

Chemie ist die Wissenschaft von den Stoffen und Stoffumwandlungen.



Ein einfacher Satz, hinter dem sich ein riesiges Universum des Wissens und der Anwendungen verbirgt!

## Den Überblick behalten

Wie soll man sich bei der gewaltigen Zahl bekannter Verbindungen eigentlich noch in der Chemie zurechtfinden? Ohne das regelmäßige Stu-

1



dium von Fachzeitschriften – die gibt es schon seit dem Jahr 1778 – geht das keinesfalls. Allerdings erscheinen dort inzwischen ca. 600.000 Veröffentlichungen pro Jahr (in der Regel in englischer Sprache), so dass man um Spezialisierung und die Nutzung elektronischer Datenbanken schon lange nicht mehr herumkommt.



Abb. 1.6: Chemie-Informationsquellen sind Fachzeitschriften, Bücher, elektronische Verzeichnisse (DVD) und das Internet.

Von der analytischen Chemie hast du schon gehört. Weitere Fachrichtungen:

- ◇ Organische Chemie: die Chemie des Grundbausteins (Elements) Kohlenstoff
- ◇ Anorganische Chemie: Verbindungen aus anderen Grundbausteinen (Elementen)
- ◇ Physikalische Chemie: Anwendung physikalischer Erkenntnisse und Methoden in der Chemie
- ◇ Biochemie: chemische Vorgänge in lebenden Systemen

In dieser Aufzählung ist erstmals die Rede von »Grundbausteinen« oder genauer »Elementen«. In Kapitel 3 werden wir uns näher damit befassen. Die organische Chemie ist das Hauptthema in den Kapiteln 9 und 10, wird uns aber – ebenso wie die anorganische und physikalische Chemie – auch zuvor immer wieder begegnen. Biochemie schließlich setzt fundierte Kenntnisse insbesondere der organischen Chemie, aber auch der Biologie voraus. Eine genauere Betrachtung würde den Rahmen dieses Buches leider bei weitem sprengen.

## Seit wann gibt es Chemie?

Seit 1778 gibt es also schon chemische Fachzeitschriften – und wie lange gibt es schon die Chemie? Diese Frage ist nicht ganz leicht zu beantworten, denn natürlich haben sich die Menschen schon seit Urzeiten mit Stoffen und Stoffumwandlungen beschäftigt und sich Gedanken darüber gemacht. Das Wort jedenfalls stammt aus dem Arabischen. Die alten »Alchimisten« suchten beispielsweise nach Möglichkeiten, den relativ wertlosen Stoff Blei in Gold zu verwandeln – nicht gerade aus wissenschaftlichen Gründen! Fragen wir also besser nach den Anfängen der Che-



mie als Wissenschaft, die nach Erkenntnis sucht. Da finden wir bereits um 400 v. Chr. den Griechen Demokrit, der – auf die stoffliche Welt bezogen – den berühmten Satz sprach: »In Wahrheit gibt es Atome und eine Leere.« Die Weisheit dieser Feststellung wird sich uns in Kapitel 5 erschließen. Ein weiteres »Highlight« in der Chemie-Geschichte war dann sehr viel später John Dalton mit seinem Teilchenmodell (»daltonsche Atomhypothese«, 1809; siehe Kapitel 3). Im 19. Jahrhundert lieferte z.B. der deutsche Chemiker Justus von Liebig entscheidende Impulse sowohl für die wissenschaftliche Weiterentwicklung als auch die wirtschaftliche Umsetzung seines Faches.

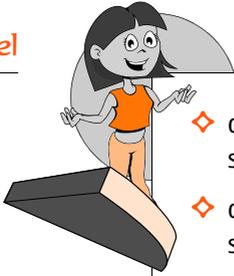
Nach diesem Überblick können wir uns jetzt die Teilgebiete, Konzepte und Arbeitsweisen der Chemie genauer ansehen. Wir beginnen mit dem ersten Teil der Chemie-Definition, mit dem Stoff »an sich«. Stoffkenntnis ist schließlich die Voraussetzung für gezielte stoffliche Umwandlungen. Du lernst in Kapitel 2 zunächst die Systematik der Stoffe und Stoffgemische sowie Möglichkeiten der Stofftrennung kennen, bevor wir in Kapitel 3 bei den »einfachsten« Stoffen überhaupt ankommen – den Elementen. Keine Angst – die Zahl der Elemente ist viel kleiner als zwanzig Millionen!

## Zusammenfassung

Den ersten Spaziergang im Riesenreich der Chemie hast du hinter dir. In diesem Kapitel hast du gelernt

- ◇ dass die Fotosynthese aus Kohlenstoffdioxid und Wasser mit Hilfe des Sonnenlichts Kohlenhydrate und Sauerstoff erzeugt und dies die wichtigste chemische Reaktion auf unserem Planeten ist
- ◇ dass Substanzen aus Stoffen zusammengesetzt sind und Stoffe einen Körper bilden
- ◇ dass es völlig reine Stoffe nicht gibt
- ◇ dass der Chemiker Stoffe untersucht, Stoffgemische trennt und Stoffe umwandelt
- ◇ dass der Physiker Körper und ihre Energie erforscht
- ◇ dass die chemische Industrie aus ca. 300 Grundprodukten etwa 100.000 Endprodukte erzeugt
- ◇ dass der Chemiker derzeit mehr als 20 Millionen chemische Verbindungen und sechs Millionen unterschiedliche chemische Reaktionen kennt

1



- ◇ dass es die Fachrichtungen der analytischen, organischen, anorganischen, physikalischen und der Biochemie gibt
- ◇ dass sich Menschen bereits seit mehr als zweitausend Jahren wissenschaftlich mit der Chemie beschäftigen

## Aufgaben

1. Formuliere einen Stoffkreislauf, der im grünen Gras einer Wiese beginnt, indem du die Begriffe *Weiderind* – *Kohlenstoffdioxid* – *Wasser* – *Mensch* – *Sonnenlicht* – *Kohlenstoffdioxid* – *Kohlenhydrat* – *Fotosynthese* (siehe Abschnitt »Wohin man blickt – Stoffe«) in die richtige Reihenfolge bringst!
2. Die Nachweisgrenze für Blei in Kartoffeln liegt bei 20 ppb (siehe Zitat unter *Der reine Stoff*). Welche Bleimenge kann in 500 Gramm Kartoffeln, in denen bei der Analyse kein Blei gefunden wurde, noch enthalten sein?
3. Nenne mindestens drei Endprodukte der chemischen Industrie, auf die du persönlich leichten Herzens verzichten könntest, und mindestens drei Produkte, die du persönlich für unverzichtbar hältst. Bitte eine Freundin/einen Freund, ebenfalls solche Produkte zu nennen; vergleicht eure Antworten und begründet sie.
4. Nenne fünf Fachrichtungen der Chemie.
5. Ermittle in einer Internet-Recherche (z.B. unter [www.google.de](http://www.google.de)) fünf bedeutende deutsche Chemiker des 19. und 20. Jahrhunderts.

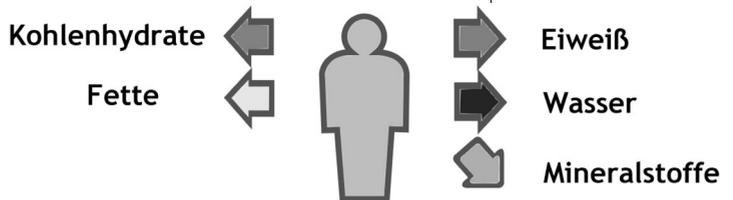


# 2

## Kalbsleberwurst, Milch und Schmutzwasser

Den völlig reinen Stoff gibt es, wie du bereits weißt, nur theoretisch. »Reinstaluminium« z.B. enthält 0,001% Verunreinigungen, stellt also immer noch ein Stoffgemisch dar. Ein anderes – deutlicheres – Beispiel sind wir selbst. Eine sehr materialistische Beschreibung des Menschen könnte lauten: 60–70% Wasser, 20% Eiweiß, 4–10% Fett, 1% Kohlenhydrate, 4–5% Mineralstoffe – der Mensch als Stoffgemisch.

Abb. 2.1: Der Mensch als Stoffgemisch



In diesem Kapitel lernst du

- ⊙ den Unterschied zwischen physikalischen und chemischen Vorgängen
- ⊙ die Kennzeichen von heterogenen und homogenen Gemischen
- ⊙ etwas über die Wirkung von Emulgatoren
- ⊙ welche Möglichkeiten der Gemischtrennung es gibt
- ⊙ auf welchen Stoffeigenschaften die Trennmethode beruhen

## 2



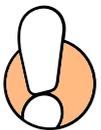
## Chemische und physikalische Vorgänge

Der menschliche Körper *als Ganzes* hat natürlich andere Eigenschaften als die in der vorherigen Abbildung genannten Stoffanteile – aber deren Eigenschaften sind sogar in diesem hoch komplizierten Gemenge erhalten geblieben. Sie können dadurch nachgewiesen und isoliert werden. Blutzucker (ein Kohlenhydrat) zum Beispiel ist genau dasselbe wie Traubenzucker aus der Drogerie, schmeckt genauso süß, ist genauso wasserlöslich und zeigt die gleichen chemischen Reaktionen.



Auch der Mensch ist ein Stoffgemisch!

Doch wir wollen den Menschen nicht auf seine stofflichen Bestandteile reduzieren! Betrachten wir deshalb zunächst ein etwas »gröberes« Gemisch-Beispiel, nämlich Müll. Viele Bestandteile kann man bereits mit bloßem Auge unterscheiden und damit auslesen. Eisenbestandteile können mit dem Magneten herausgeholt werden, weil Eisen auch in dieser Mischung mit anderen Stoffen magnetisch ist. Andere Metalle können von Holz und vielen Kunststoffen getrennt werden, weil sie schwerer sind. Kupfer könnte man, außer an seinem Aussehen, auch an seiner hervorragenden elektrischen Leitfähigkeit erkennen und von anderen Metallen im Müll unterscheiden. Wieder etwas anders stellt sich die Situation bei salzigem Wasser dar. Mit bloßem Auge und auch mit Hilfe eines Mikroskops wird es uns keinesfalls gelingen, Salz und Wasser zu unterscheiden – das Salz können wir überhaupt nicht mehr entdecken! Aber es ist noch vorhanden, wie uns bereits der salzige Geschmack beweist. Zur Gemischtrennung genügt es, etwas Salzwasser ein paar Tage offen stehen zu lassen. Wasser wird dann verdunsten, wie es »reines« Wasser ebenfalls tun würde. Salz wird – sichtbar in Form von Salzkristallen – zurückbleiben, wie auch ein geöffneter Salzstreuer sich nicht durch Verdunstung entleeren würde.



Im Gemisch bleiben die Stoffeigenschaften erhalten.



Müll und Salzwasser sind also verschiedene Arten von Stoffgemischen. Wir werden nicht umhin kommen, Stoffgemische nach bestimmten Kriterien zu ordnen, um den Überblick zu behalten.

## Gemische und Verbindungen

Doch bevor wir das tun, werden wir noch etwas grundsätzlicher und fragen uns: Wo liegen denn überhaupt die Unterschiede zwischen Stoffgemischen und chemischen Verbindungen? Zur Erinnerung: Chemische Verbindungen sind »reine« Stoffe, die durch chemische Reaktionen aus anderen, meist einfacheren »reinen« Stoffen entstehen. Und da haben wir doch schon den ersten, wichtigen Unterschied: Gemische können nämlich, wie bereits ihr Name sagt, durch irgendeine Form des Mischens entstehen, nicht nur (aber auch) durch chemische Reaktionen! Das führt uns gleich zum zweiten wesentlichen Unterschied.

Bei *chemischen Vorgängen* (chemischen Reaktionen) entstehen chemische Verbindungen mit neuen, eigenen Eigenschaften, während die Eigenschaften der Ausgangsstoffe verschwunden sind. Beispiele dazu haben wir bereits erwähnt (Zucker aus Kohlenstoffdioxid und Wasser und weitere Beispiele). Bei *physikalischen Vorgängen* dagegen bleiben die Stoffe selbst und ihre Eigenschaften erhalten, es entstehen keine neuen Stoffe. Die Stoffe ändern »nur« ihren Zustand (fest, flüssig, gasförmig, gelöst; warm, kalt; rein, gemischt; grobkörnig, feinkörnig usw.).

Abb. 2.2: Chemischer und physikalischer Vorgang



**Chemischer Vorgang**



**Physikalischer Vorgang**

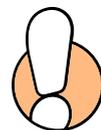
Deshalb können Gemische auch durch physikalische Vorgänge, also ohne chemische Reaktionen, wieder in ihre Bestandteile zerlegt werden, so wie sie auch durch physikalische Vorgänge entstanden sind. Chemische Verbindungen dagegen können nur durch chemische Reaktionen in einfachere Stoffe zerlegt werden.

### Physikalischer Vorgang:

Die Stoffe bleiben erhalten, aber sie ändern ihren Zustand.

### Chemischer Vorgang:

Die Stoffe werden umgewandelt, neue Stoffe entstehen.



2



Ein wichtiger Punkt fehlt noch: Während Menschen durchaus einen unterschiedlichen Fettanteil haben können, während wir Müll und (in gewissen Grenzen) Salzwasser in beliebigen Verhältnissen aus den Bestandteilen mischen können, ist dies bei chemischen Verbindungen völlig anders. Diese enthalten die Grundbausteine (Elemente), aus denen sie zusammengesetzt sind, immer in einem ganz bestimmten Verhältnis, von dem niemals abgewichen wird (sonst wäre es eben eine andere chemische Verbindung). 100 Gramm Traubenzucker z.B. enthalten *immer* 40 Gramm des »Grundbausteins« Kohlenstoff, 6,7 Gramm Wasserstoff und 53,3 Gramm Sauerstoff (in Form kleinster Teilchen miteinander verbunden). Diese wichtige Erkenntnis formulierte als Erster der französische Naturforscher Joseph Louis Proust (1754–1826). In Kapitel 4 kommen wir darauf zurück.

Fassen wir also zusammen:

Tabelle 2.1:  
Unterschiede  
zwischen  
Gemischen und  
chemischen  
Verbindungen

Kriterium	Gemisch/Gemenge	Chemische Verbindung
Entstehung	Durch physikalischen Vorgang oder durch chemische Reaktion	Nur durch chemische Reaktion
Eigenschaften der Ausgangsstoffe	Bleiben erhalten, weil auch die Ausgangsstoffe erhalten bleiben	Bleiben nicht erhalten, weil die Ausgangsstoffe verschwinden
Zusammensetzung	Beliebiges Verhältnis (mit Einschränkungen bei echten Lösungen und Legierungen)	Ganz bestimmtes Verhältnis der Grundbausteine
Zerlegung	Durch physikalischen Vorgang oder durch chemische Reaktion	Nur durch chemische Reaktion

## Man sieht, was drin ist – heterogene Gemische

Müll hatten wir bereits – aber wie ist das mit der Milch? Sieht doch völlig einheitlich aus! Also nehmen wir ein Mikroskop zu Hilfe. Ein kleiner Tropfen Milch auf einen Objektträger aufgebracht, mit einem Tropfen Wasser verdünnt und fein verteilt (ausgestrichen) – bei 400facher Vergrößerung werden kleine Kügelchen sichtbar. Es sind Fetttröpfchen, die wir da sehen. Die Verpackungsaufschrift gibt denn auch an, dass (in Vollmilch) etwa 3,5% Fett enthalten sind. Milch ist also ein heterogenes Gemisch.



Unter dem Mikroskop ist auch Milch heterogen!

Eine kleine Abschweifung und eine Vorausschau: Die Fetttropfchen führen eine ständige, bei dieser Vergrößerung aber nur bei genauer Beobachtung sichtbare Zitterbewegung aus. Dieses Phänomen wurde bereits im Jahr 1827 von dem schottischen Botaniker Brown beschrieben und nach ihm »Brownsche Bewegung« genannt. Was zunächst wie eine technische Störung des Mikroskops (oder eine Störung unserer Augenfunktion) wirkt, ist in Wahrheit ein Hinweis auf sehr viel kleinere, im Mikroskop noch lange nicht sichtbare Teilchen – ein Hinweis auf die grundlegende Struktur chemischer Verbindungen! Sogar der große Albert Einstein veröffentlichte dazu 1905 eine wissenschaftliche Abhandlung mit dem Titel »Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen«. Wir werden auf diese »Theorie der Wärme« in Kapitel 3 (Kugelmodell nach Dalton) zurückkommen.



Fett ist eigentlich in Wasser nicht löslich und setzt sich an der Oberfläche ab. Diesem Aufrahmen wird im Falle Milch bereits in der Molkerei durch die so genannte Homogenisierung (Verkleinerung der Fetttropfchen) entgegengewirkt. Andere Milchbestandteile wie Lecithin tun ein Übriges: Als so genannte *Emulgatoren* sorgen sie für die Durchmischung der ineinander unlöslichen Bestandteile. Weitere typische Beispiele hierfür aus dem Lebensmittelbereich: Mayonnaise, Leberwurst, Butter und Margarine. Schweineschmalz dagegen ist nahezu reines Fett. Emulgatoren – auch chemisch erzeugte, also in der Natur nicht vorkommende – finden in der Lebensmittelherstellung ausgedehnte Verwendung. Fette sorgen zwar für guten Geschmack, sind aber nicht gerne »gesehen«! Unter einem normalen Lichtmikroskop werden sie aber, wie erwähnt, trotzdem sichtbar. Deshalb gilt:

Auch die für das bloße Auge völlig einheitlichen, emulgierten Fett-Wasser-Mischungen sind heterogene Gemische.



Lebensmittel	Fett	Wasser
Mayonnaise	83%	13%
Butter	83%	16%
Margarine	89%	19%
Leberwurst	40%	47%

Tabelle 2.2: Emulgierte Fett-/Wasser-Anteile einiger Lebensmittel

## 2



## Was die Dinge zusammenhält

Die Wirkung von Emulgatoren können wir leicht demonstrieren:



Versuch 2a:

Gebe in ein Glas etwas Wasser und dazu etwas Öl. Halte die Hand auf die Öffnung und schüttle kräftig. Lasse das Glas dann ruhig stehen und beobachte das Verhalten der Flüssigkeit.

Wiederhole diesen Versuch, gebe aber vor dem Schütteln einige Tropfen Geschirrspülmittel zu.

Wie du siehst, trennt sich im ersten Fall das Öl bereits nach kurzer Zeit wieder vom Wasser. Im zweiten Fall aber bleibt eine trübe Mischung bestehen. Die Trübung rührt von den fein verteilten Öltröpfchen her.



Emulsionen ...



... sind heterogen!

Abb. 2.3: Modell einer Emulsion

Seifen und Waschmittel – wichtige Produkte der chemischen Industrie – enthalten Emulgatoren. Auch die Gallensäuren in unserer Verdauung wirken emulgierend. Chemiker sprechen ganz allgemein von »grenzflächenaktiven Stoffen«. Sie sollen an den Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Bereichen eines Gemisches – den *Phasen* – ihre Wirkung entfalten.

*Emulsionen* bestehen aus (mindestens) zwei *flüssigen Phasen*, im häufigsten Fall Öl (Fett) und Wasser. Die entsprechende feine Verteilung fester Stoffe in einer Flüssigkeit dagegen nennt man *Suspension*. Ein Beispiel dafür ist naturtrüber Apfelsaft (oder ganz einfach schmutziges Wasser). Suspensionen bestehen also aus *mindestens einer festen und einer flüssigen Phase*. Wir können damit heterogene Gemische so definieren:

Heterogene Gemische bestehen aus Phasen, die sich entweder bereits mit bloßem Auge oder in optischer Vergrößerung (Lupe, Mikroskop) unterscheiden lassen.

