

Chemie im Alltag

In diesem Kapitel ...

- ▶ Chemie in der Küche
- ▶ Rotwein, Kaffee, Tee und Tabak
- ▶ Der Unterschied zwischen Edelsteinen und Zahnpasta
- ▶ Alles wird sauber – Waschmittel
- ▶ Alles wird bunt – Pigmente und Farbstoffe
- ▶ Chemie früher und heute

Wenn Sie demnächst eine Prüfung in Chemie vor sich haben, kann es sein, dass Sie dieses Kapitel überspringen und stattdessen etwas zu dem Thema lesen, mit dem Sie gerade Schwierigkeiten haben. Wenn Sie etwas mehr über alltägliche Anwendungen der Chemie erfahren wollen und vielleicht die vielfältigen und auch großartigen Einsatzgebiete der Chemie kennenlernen wollen, dann fangen Sie am besten mit diesem Kapitel an! Chemische Prozesse umgeben uns in unserem täglichen Leben, häufig wenden wir im Alltag Stoffumwandlungen an oder nutzen die Produkte chemischer Synthesen. Sie erhalten in diesem Kapitel einen kleinen Einblick in die Vielfalt chemischer Prozesse. Damit möchte ich Ihnen etwas Appetit machen, Ihr Interesse wecken und Ihnen zeigen, dass dieses seltsame Fachgebiet durchaus spannend sein kann.

Chemie in der Küche

Kochsalz

Kochsalz ist aus unserer Küche nicht wegzudenken. Leicht gesalzene Speisen schmecken nicht nur besser als völlig ungesalzene Kost, sondern das Kochsalz (Natriumchlorid) hat auch wichtige physiologische Funktionen (physiologisch = die Lebensvorgänge im Organismus betreffend). Natriumchlorid ist ein essenzieller (lebenswichtiger) Bestandteil des Blutplasmas und anderer Körperflüssigkeiten. Natrium (Na^+) und andere Kationen stabilisieren über elektrostatische Wechselwirkungen Zellmembranen und die Konformation (räumliche Anordnung der Atome im Molekül unter Drehung um Einfachbindungen) von Enzymen und anderen Biomolekülen, wie zum Beispiel DNA oder RNA. Die Aufnahme von zu viel oder zu wenig Natriumchlorid mit der Nahrung hat drastische Folgen für die Gesundheit. Wenn Sie nur destilliertes Wasser trinken, so würden Sie daran sterben. Ganz ähnlich ist es, wenn Sie nur Salzwasser trinken. Auch das führt zum Tod, Schiffbrüchige mussten häufig dieses Schicksal erleiden. Oder wie Paracelsus bereits im 16. Jahrhundert erkannte: »*All Ding' sind Gift und nichts ist ohn' Gift; allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist.*«

Rotwein und Alkohol

Der Satz von Paracelsus gilt auch für alkoholische Getränke, die als Genussmittel weit verbreitet sind. In geringen Mengen genossen, soll Rotwein eine gesundheitsfördernde Wirkung haben. Dies ist allerdings nicht auf das Ethanol im Wein zurückzuführen, sondern auf enthaltene Polyphenole. Diesen Verbindungen wird eine vorbeugende Wirkung gegen einige Arten von Krebs und gegen Herz-Kreislaufferkrankungen zugeschrieben. Ein Beispiel für ein solches Polyphenol-Molekül finden Sie in der nachfolgenden Abbildung. Es handelt sich um Quercetin, welches vor allem in Rotwein vorkommt. Das Molekül besitzt verschiedene funktionelle Gruppen, die in der Abbildung grau unterlegt sind. Wenn Sie mehr über die Bedeutung und die Eigenschaften dieser funktionellen Gruppen erfahren wollen, schauen Sie bitte in Kapitel 19 nach.

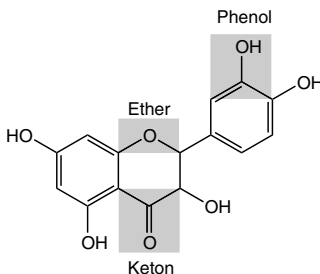


Abbildung 1.1: Strukturformel von Quercetin, einem Polyphenol im Rotwein

Größere Mengen Alkohol wirken stimulierend und »auflockernd«, noch größere Mengen schließlich betäubend, und wenn Sie mehr trinken als Sie vertragen, führt das zur Alkoholvergiftung oder sogar zum Tod. Bitte vergessen Sie auch nicht, dass regelmäßiger Alkoholgenuß süchtig macht und zu physischer Abhängigkeit führt.

Im Wein steckt auch sonst eine Menge »Chemie«, auch wenn das die Winzer nicht so gern hören. So wird Wein bei der Herstellung zum Beispiel häufig »geschwefelt«. Das bedeutet, dass man den Wein in geeigneter Weise mit geringen Mengen an Schwefeldioxid versetzt, um ihn haltbarer zu machen und um bestimmte schädliche Stoffe, wie beispielsweise Acetaldehyd, zu binden. Es gibt verschiedene Methoden zur Schwefelung. Man kann zum Beispiel Schwefel in den leeren Weinfässern verbrennen, dabei entsteht Schwefeldioxid. Außerdem kann man den Wein mit Sulfiten versetzen. Das sind Salze der schwefligen Säure (H_2SO_3), beispielsweise Natriumsulfit (Na_2SO_3) oder Natriumhydrogensulfit (NaHSO_3). Wenn Sie die Zusammenhänge zwischen Sulfiten und Schwefeldioxid besser verstehen wollen, lesen Sie doch ein wenig in Kapitel 13. Übrigens werden auch Trockenobst oder geriebener Meerrettich durch »schwefeln« haltbar gemacht. Das Schwefeldioxid wirkt dabei desinfizierend, verhindert Fäulnis und unerwünschte Gärprozesse.

Pommes und verbrannter Toast

Die Verbindung **Acrylamid** machte im Jahr 2002 Schlagzeilen. Die Verbindung war in Lebensmitteln wie Pommes Frites oder Kartoffelchips nachgewiesen worden. Acrylamid (siehe Abbildung 1.2) ist genotoxisch, das heißt die Verbindung verändert die DNA in den Zellen und kann dadurch Krebs auslösen oder das Erbgut verändern. Die Verbindung entsteht vor

allem beim trockenen Erhitzen stärke- und proteinhaltiger Lebensmittel wie Kartoffeln oder Getreide auf über 180 °C durch die so genannte Maillard-Reaktion. Die Maillard-Reaktion trägt wesentlich zur Geschmacksbildung und Bräunung bei gebackenen und gebratenen Lebensmitteln bei. Der Geruch von frisch gebackenem Brot oder die knusprige Kruste eines Bratens entstehen hauptsächlich durch die komplexen Abläufe in der Maillard-Reaktion. Die Bildung von Acrylamid ist allerdings unerwünscht. Ebenso unerwünscht und gefährlich ist die Bildung von **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen** (»PAK«) beim Grillen und falls mal der Frühstückstoast verbrennt. Wenn Sie also eine schwarze Kruste auf ihrem Toast oder Ihrem Steak finden, so essen Sie diese lieber nicht! Die schwarze Kruste enthält mit Sicherheit die erwähnten PAK. Diese sind teilweise stark krebserregend. In Abbildung 1.2 finden Sie als Beispiel für einen PAK die Strukturformel von Benzo[*a*]pyren. Alle PAKs gehören zur Verbindungsklasse der Aromaten. Wenn Sie mehr über Aromaten erfahren wollen, schauen Sie doch einmal in Kapitel 19.

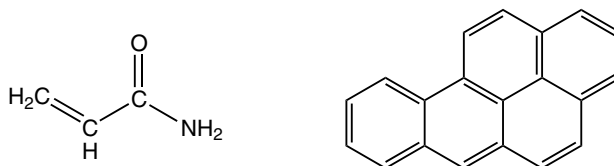


Abbildung 1.2: Acrylamid (links) und Benzo[*a*]pyren (rechts)

Kuchen

Ohne Backtriebmittel würden Sie keinen lockeren Kuchen bekommen, und es gäbe am Nachmittag zum Kaffee nur feste Teigfladen zu essen. Natriumhydrogencarbonat und Ammoniumhydrogencarbonat (»Hirschhornsalz«) sind in Backpulvern enthalten. Wenn der Teig erhitzt wird, zersetzen sich diese Verbindungen und setzen Kohlendioxid frei. Dieses Gas macht den Teig schön locker und luftig.

Abflussreiniger

Falls der Abfluss in der Küche mal verstopft sein sollte, greifen Sie bestimmt zum Abflussreiniger. Dabei handelt es sich meist um die gefährlichsten Chemikalien, die im Haushalt zu finden sind. Zur Beseitigung von Fetten, Proteinen und Essensresten im Abfluss brauchen Sie schon ein aggressives Mittel. Deshalb enthalten viele Abflussreiniger starke Laugen (Kaliumhydroxid oder Natriumhydroxid) und häufig noch ein Oxidationsmittel (zum Beispiel Natriumhypochlorit). Die Lauge soll die Fette und Proteine in kleinere und besser lösliche Bruchstücke spalten (»hydrolysieren«), und das Oxidationsmittel soll die Verunreinigungen oxidieren und damit zerstören.

Kaffee, Tee und Tabak

Kaffee und **Tee** werden wegen ihrer stimulierenden Wirkung geschätzt und häufig getrunken. Die anregende Wirkung dieser beiden Getränke beruht hauptsächlich auf dem enthaltenen Koffein (siehe Abbildung 1.3).



Wenn Sie große Mengen von Kaffee oder koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken (zum Beispiel Cola oder Energy Drinks) zu sich nehmen, kann es zu Erregungszuständen, Nervosität und Schlafstörungen kommen. Ob es wirklich eine Abhängigkeit von Koffein gibt, ist umstritten, über Entzugserscheinungen wurde jedenfalls bereits häufig berichtet.

Nicotin (siehe Abbildung 1.3) ist in Tabakerzeugnissen enthalten. Dieser Verbindung wird eine stark süchtig machende Wirkung zugeschrieben. Zigaretten, Zigarettos und Zigarren haben einerseits eine anregende Wirkung auf das Zentralnervensystem und bewirken eine kurzfristige Steigerung der Leistungsfähigkeit und der Gedächtnisleistungen. Andererseits besteht aber durch die regelmäßige Inhalation von Tabakrauch die ernste Gefahr von Krebserkrankungen und ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Sowohl Koffein als auch Nicotin gehören zur Verbindungsklasse der *Heterocyclen*. Solche Verbindungen besitzen als Grundgerüst einen kohlenstoff-haltigen Ring (= »Cyclus«), in dem einige Atome durch Fremdatome (= »Hetero«), in diesem Fall Stickstoff, ersetzt sind. Die Heterocyclen sind in Abbildung 1.3 grau unterlegt. Koffein hat als Grundgerüst den Heterocyclen Purin und Nicotin den Sechsring Pyridin und den Fünfring Pyrrolidin.

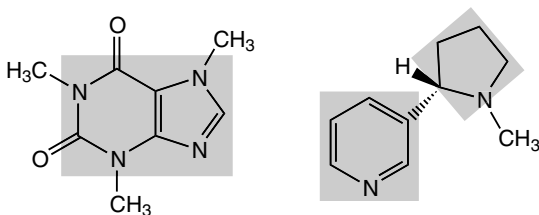


Abbildung 1.3: Struktur von Koffein (links) und Nicotin (rechts)

Alles wird sauber mit Waschmitteln

Waschmittel und Seifen sind grenzflächenaktive Stoffe, auch **Tenside** genannt. Solche Stoffe bestehen aus einem hydrophoben (= »wasserabweisenden«) und einem hydrophilen (= »wasserliebenden«) Teil. Der hydrophobe Teil besteht in den meisten Fällen aus einem langen Kohlenwasserstoffrest, während der hydrophile Teil aus sehr unterschiedlichen Gruppen bestehen kann. Diese müssen vor allem wasserlöslich sein. Die klassische **Seife** ist seit der Antike bekannt. Seife wird durch Kochen von Fetten mit Laugen (Kalilauge, KOH, oder Natronlauge, NaOH) hergestellt. In früheren Zeiten verwendete man statt Laugen Pottasche (Kaliumcarbonat, K_2CO_3) oder Soda (Natriumcarbonat, Na_2CO_3). Zur Seifenherstellung kann man alte Fettreste verwenden, dann erhält man gewöhnliche Schmier- oder Kernseife. Für bessere Seifensorten verwendet man Olivenöl, Kokos- oder Palmfett. Die bei der Herstellung von Seife ablaufende Reaktion ist immer die Gleiche (siehe Abbildung 1.4).

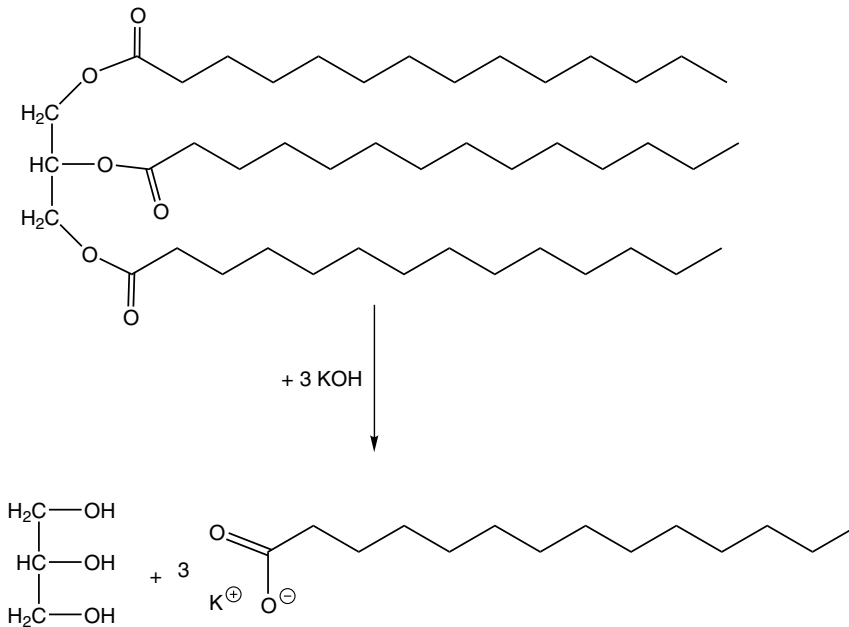


Abbildung 1.4: Herstellung von Kernseife

Bei Fett handelt es sich um einen Ester aus Glycerin und langkettigen Carbonsäuren, den so genannten Fettsäuren. Durch Kochen mit Kaliumhydroxid wird der Ester in genau diese Komponenten gespalten. Das Glycerin ist ein Nebenprodukt der Seifenherstellung. Die Carbonsäuren fallen bei der dargestellten Reaktion in Form ihrer Kaliumsalze an. Diese Kaliumsalze sind klassische Tenside. In Tabelle 1.1 sehen Sie die Strukturformeln verschiedener Tenside und die allgemeine Struktur eines Tensidmoleküls. Bitte beachten Sie, dass die Kettenlänge der hydrophoben Reste unterschiedlich sein kann. Bei Seifen aus natürlichen Fetten finden Sie eine gerade Anzahl an Kohlenstoffatomen, weil natürliche Carbonsäuren immer geradzahlige Kettenlängen haben (C_{16} , C_{18} , C_{20} und so weiter). Diese Regel gilt jedoch nicht für Tenside, die aus Erdölprodukten hergestellt werden.

Die in der Tabelle 1.1 verwendete Darstellung mit einem hydrophilen »Kopf« und einem hydrophoben »Schwanz« des Tensidmoleküls wird in der Literatur häufig zur Erklärung der Wirkungsweise von Tensidmolekülen herangezogen. Diese vereinfachte Darstellungsweise möchte auch ich nutzen. Tenside senken zunächst einmal die Oberflächenspannung des Wassers (siehe Abbildung 1.5). Dadurch kommt es zu einer besseren Benetzung der Wäsche oder der zu waschenden Objekte (Geschirr, Töpfe, Hände und so weiter). Die Tensidmoleküle ordnen sich dazu an der Wasseroberfläche so an, dass der hydrophile Kopf im Wasser steckt und der hydrophobe Rest aus dem Wasser heraus ragt. Die eigentliche Reinigungswirkung der Tenside entsteht allerdings dadurch, dass diese die Schmutzpartikel umhüllen und von der Oberfläche ablösen. Besonders wirkungsvoll sind Tenside gegenüber Fett- und Ölpartikeln. Der hydrophobe Schwanz des Tensids taucht in den Öltropfen ein, und der Kopf ragt in das Wasser hinein. Durch wiederholtes Spülen mit Wasser werden die so gebildeten Micellen schließlich fortgespült.


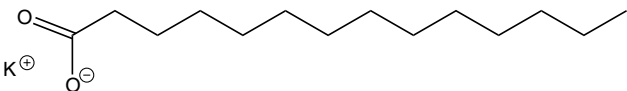
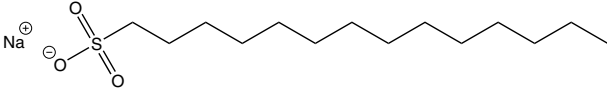
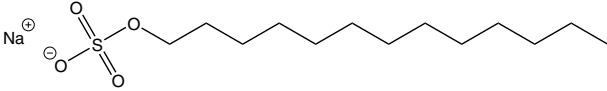
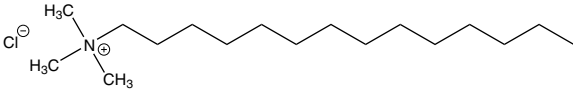
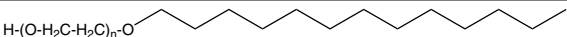
Bezeichnung	Struktur
Allgemeine Struktur eines Tensidmoleküls	 hydrophiler Kopf und hydrophober Schwanz
Kernseife	
Fettalkoholsulfonate	
Sulfate	
kationische Tenside	
nichtionische Tenside	$\text{H-(O-H}_2\text{C-H}_2\text{C)}_n\text{-O}$ 

Tabelle 1.1: Allgemeine Struktur eines Tensidmoleküls und verschiedene Tenside

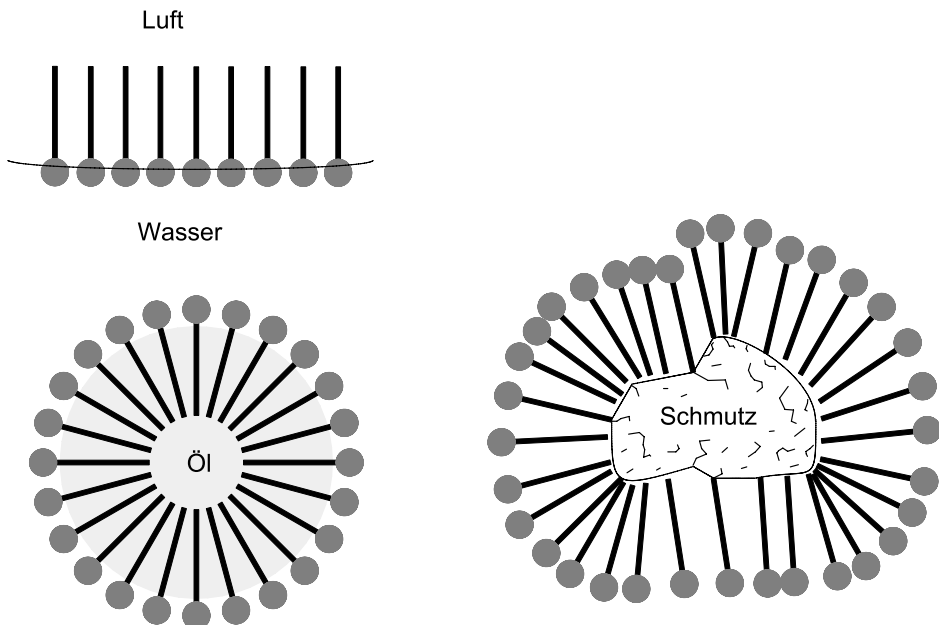


Abbildung 1.5: Herabsetzung der Oberflächenspannung des Wassers durch Tenside (oben), Bildung von Micellen mit Öltröpfchen und Umhüllung von Schmutzpartikeln (unten)

Edelsteine und Zahnpasta

Diese beiden Dinge haben auf den ersten Blick wenig gemeinsam, aber es gibt anorganische Verbindungen, die durchaus beides sein können: wertvoller Edelstein oder Mittel zum Zähne reinigen! Wichtig für die jeweilige Anwendung ist aber nicht nur die chemische Zusammensetzung, sondern auch, in welcher Form die Verbindung vorliegt. So ist fein verteiltes, amorphes Siliciumdioxid zum Beispiel Bestandteil der meisten Zahnpasten. Die fein verteilten Siliciumdioxid-Partikel verdicken die flüssige Zahnputzmischung und verwandeln diese in eine cremige Paste. Wenn das Siliciumdioxid jedoch schöne Kristalle bildet, die noch Spuren anderer Elemente enthalten können, so hat man Halbedelsteine und Edelsteine wie Achat, Amethyst, Citrin, Chrysopras, Rauchquarz, Rosenquarz und Onyx.

Pigmente und Farbstoffe

Ohne Pigmente und Farbstoffe wäre unser Alltag grau und langweilig. Zum Glück gibt es organische und anorganische Pigmente. Die Letzteren zeichnen sich häufig durch sehr hohe Beständigkeit aus. Bereits vor mehr als 20.000 Jahren benutzten die Menschen der Eiszeit Naturfarbstoffe wie Ocker, Hämatit, Manganbraun und verschiedene Tone für Höhlenzeichnungen. Zinnober, Azurit, Malachit und Lapislazuli waren schon im 3. Jahrtausend vor Christus in China beziehungsweise Ägypten bekannt. Um etwa 2000 vor Christus stellte man bereits durch Brennen von natürlichem Ocker rote und violette Pigmente für Töpferwaren her. Anorganische Pigmente sind heute aus unserem Alltag nicht wegzudenken. Nahezu alle Anstrichstoffe für den Außenbereich enthalten anorganische Pigmente, die lichtecht (= beständig im Sonnenlicht) und wetterbeständig sein müssen. Einige Pigmente wie Titan-dioxid, Eisenoxid und Malachit werde ich Ihnen in Kapitel 17 vorstellen.

Chemie früher und heute

Wir sprachen gerade die Höhlenmalereien an. Das sind sozusagen die ersten Anwendungen der Chemie, wobei man sicher durch einfaches Probieren herausgefunden hatte, welcher farbige Brei sich als Malfarbe eignete.

Im Mittelalter hatte man beim Durchführen »alchemischer Experimente« die großartigsten Ziele im Auge. Im Mittelpunkt stand häufig die Suche nach dem Stein der Weisen, der ewiges Leben versprach oder mit dessen Hilfe man unedle Metalle in Gold zu verwandeln hoffte. Diese beiden Ziele erreichten die Alchimisten nicht, aber als Nebenprodukt dieser verbissenen Forschung wurde zum Beispiel das europäische Porzellan entwickelt oder das Element Phosphor entdeckt.

Heute beruht die Chemie weitgehend auf naturwissenschaftlichen Grundlagen. Die Physik liefert uns die Schrödinger-Gleichung und die Wellenfunktion zur Beschreibung der Elektronenbewegungen in den Molekülen. Die Mathematik und die Computertechnologie ermöglichen uns, dass wir die Wellenfunktion – mit einigen Vereinfachungen – berechnen können und somit Eigenschaften und Reaktivität von Molekülen vorhersagen können.

Aber die Elemente des Periodensystems sind so unterschiedlich, und es gibt so viele Möglichkeiten, diese Elemente miteinander zu kombinieren, das heißt Verbindungen, Legierungen, Mischungen herzustellen, dass die Chemie immer noch weitgehend eine empirische

(= auf Erfahrungen beruhende) Wissenschaft ist. Wenn Sie also wissen wollen, wie eine Verbindung oder ein Gemisch von Verbindungen reagiert, wozu sich dieses verwenden lässt, was Sie damit anstreichen, wegätzen oder beschichten können, so müssen Sie das im Labor ausprobieren. Und das ist ja eigentlich das Spannende: Im Labor stehen, etwas Neues herstellen, was noch nie ein Mensch zuvor hergestellt hat und ausprobieren, was das Zeug für Eigenschaften hat! In unserer weitgehend »fertigen« und vernetzten Welt, wo die Kids häufig nur noch am Bildschirm sitzen und Spiele spielen, die andere für sie kreiert haben, ist das eine Möglichkeit, etwas Neues zu erschaffen, die Zukunft mit zu gestalten. Deshalb liebe ich diesen Beruf so sehr.