

Was ist Chemie

Der Unterschied zu anderen  
Naturwissenschaften

Die unterschiedlichen Zweige der Chemie

Wieso mit Chemie beschäftigen

## Kapitel 1

# Wieso brauchen Sie Chemie?

**E**xplosionen, giftige Gase, Umweltschäden und chemische Zusatzstoffe: nur einige Punkte, die Sie vielleicht mit Chemie in Verbindung bringen. Der Chemie haftet immer noch ein relativ schlechtes Image an, zum Beispiel wegen diverser Unfälle mit massenhaftem Fischsterben und dem negativ behafteten Einsatz von »chemisch« hergestellten Stoffen. In der allgemeinen Masse verspürt man schon fast so etwas wie Angst vor der Chemie. Angst resultiert leider häufig aus Unwissenheit.

Das Buch gibt Ihnen die nötigen Grundlagen an die Hand, um chemische Vorgänge, die überall um Sie herum ablaufen, verstehen und nachvollziehen zu können. Dabei gibt es viele Bereiche der Chemie, die mit einfachen Experimenten aus dem Alltag zum Mitmachen einladen und Ihnen die Wissenschaft auch so näherbringt, wie es sein sollte: mit Experimentieren, Beobachten und Auswerten. Das Besondere dabei ist, dass man aus Experimenten mit erfolgreichen Auswertungen Rückschlüsse auf andere Vorgänge ziehen kann. So können Sie sich selbst eine Meinung über die Sachverhalte mit chemischem Kontext bilden.

Darüber hinaus besteht die Chemie aus einem großen theoretischen Anteil, der Ihnen hilft, die Beobachtungen auch verstehen zu können. Wir laden Sie ein, dieses Kapitel als Vorspeise zu betrachten, die Ihnen Geschmack auf das, was in den kommenden Abschnitten folgt, machen soll.

Dabei werden Sie in den Kapiteln von Teil I die Einfachheit und gleichzeitig die Vielfalt der Chemie in Ihrem Leben und Alltag kennenlernen. Neben der greifbaren Chemie dürfen dabei die berühmten Reaktionsgleichungen und das Periodensystem der Elemente nicht fehlen. Beides sind wichtige Werkzeuge in der Chemie und helfen dabei, komplexere Zusammenhänge schnell begreifen zu können. Mit etwas Übung und den richtigen Tipps schaffen Sie es, diese Werkzeuge sicher zu verwenden.

Beim zweiten Teil geht es darum, vorhersagen zu können, wie zwei Stoffe miteinander reagieren. Diese müssen Sie dafür nicht zwangsweise mithilfe eines Experiments zur Reaktion bringen. Sobald Sie wissen, welche Arten von Bindungen in Ihren betrachteten Stoffen vorliegen, lassen sich bereits einige relevante Aussagen treffen. Bringen Sie zum Beispiel ein Metall und ein Nichtmetall zur Reaktion, so werden Sie ein Salz als Produkt erhalten. Tauschen Sie nun entweder das Metall oder Nichtmetall aus, können Sie bei der Reaktion niemals ein Salz erhalten.

Stellen Sie sich vor, Sie wollen einen Kaffee kochen. Wenn Sie anstelle der Bohnen oder des Kaffeepulvers eine Portion Nudeln verwenden, dürfen Sie sich nicht wundern, wenn am Ende kein Kaffee herauskommt. Bei der Chemie handelt es sich um eine große Küche, die sich jedoch mit sehr kleinen Teilchen beschäftigt. Wenn Sie die falschen Zutaten auswählen, dann kann es nicht zum gewünschten Ergebnis kommen. Darüber hinaus werden Sie die Kaffeemaschine nur zum Kaffeekochen verwenden und nicht, um damit eine Pizza zuzubereiten. So gibt es für die drei Bindungsarten, die Ionen-, Metall- beziehungsweise Atombindung auch Modelle und Vorgehensweisen, die nur auf eine der Bindungsarten anwendbar sind. Sie können zum Beispiel die Benennung der Salze nur bei Ionenbindungen durchführen und das Aufstellen der Valenzstrichformeln nur bei Atombindungen.

Die Art der Bindung bezieht sich darauf, wie ein einzelnes Teilchen beziehungsweise eine Kristallstruktur zusammenhält, und beeinflusst die Eigenschaften der betrachteten Stoffe und ihre Fähigkeit zu Reaktionen. Darüber hinaus ist wichtig, dass Sie eine klare Abgrenzung von den angesprochenen Bindungen zu Wechselwirkungen zwischen den Teilchen treffen können.

Damit Sie sicher in der Küche der Chemie mit Stoffen hantieren können, werden in diesem Teil ausführlich die unterschiedlichen Bindungstypen sowie die möglichen Wechselwirkungen behandelt.

Der dritte Teil behandelt etwas komplexere Inhalte. Wenn Sie sich mit Chemie beschäftigen, dann können Sie andere Naturwissenschaften nicht außer Acht lassen. Eine der wichtigsten weiteren Naturwissenschaften für die Chemie ist die Mathematik. Wenn Sie an das Aufstellen und Ausgleichen von Reaktionsgleichungen denken, werden Sie dort bereits mithilfe von Mathematik die Ihnen gestellten Probleme lösen.

Mithilfe von einigen Variablen und Tricks können Sie die beiden Naturwissenschaften nutzen, um zum Beispiel zu berechnen, wie viel Masse an Ausgangsstoffen Sie benötigen, um ein bestimmtes Volumen eines entstehenden Gases bei der Produktseite zu erhalten. Dies ist zum Beispiel für Ihren Airbag im Auto so relevant, dass es über Leben oder Tod entscheidet.

Die Mathematik gipfelt in den Berechnungen zu Titrationen, die wiederum Teil der großen Säure-Base-Chemie sind. Säuren und Basen kennen Sie aus dem Alltag, wenngleich es Ihnen nicht immer bewusst ist. Sobald Sie etwas »Saures« essen, beruht dies darauf, dass hier irgendwo eine Säure mit im Spiel ist. Basen hingegen finden Sie eher seltener in Ihrem Alltag. Vielleicht verwenden Sie ja noch Kern- oder Schmierseifen, Vertreter aus dem Bereich der Basen, zu gewissen Anlässen. Grundsätzlich verbindet man mit dieser Thematik das Verätzen und damit »Auflösen« von Stoffen.

Zu guter Letzt wird in diesem Teil die Königsklasse der Anfangs-Chemie, die Redoxreaktionen behandelt. Vermeintlich komplizierte Gleichungen erklären Ihnen, wieso manche Reaktionen überhaupt ablaufen oder wo der Zusammenhang zwischen dem Rosten Ihres Autos und der »Opferanoden« eines Kreuzfahrtschiffs zu finden ist.

Im vierten Teil wird es organisch. Wenn Sie sich mit der Kohlenstoffchemie beschäftigen, kommen Sie an dem Begriff organische Chemie nicht vorbei. So werden Sie zum Beispiel auf den folgenden Seiten lernen, die organische Chemie von der anorganischen Chemie abzugrenzen. Darüber hinaus spielt das Benennen der organischen Verbindungen eine zentrale Rolle. Dafür gibt es ein eigenes Regelwerk, das dem Lernen einer Sprache bereits etwas mehr ähnelt als die Benennung von einfachen binären Verbindungen. Dies ist notwendig, weil es eine ungeheure Vielfalt an organischen Verbindungen zu entdecken gibt.

Letztlich sind auch die Reaktionen von organischen Verbindungen von besonderem Interesse, da komplexere Moleküle im Bereich des lebenden Organismus oft eine zentrale Rolle bei Stoffwechselfvorgängen spielen. Um die Verbindung zum Lebenden nicht zu stark aufblühen zu lassen, sei erwähnt, dass auch die extrem praktischen, aber auch für uns bedenklichen Kunststoffe und damit das Rohöl Teil der Kohlenstoffchemie sind.

Wie Sie sehen, gibt es in Ihrem Leben ständig Überschneidungspunkte mit der Chemie, die offensichtlich, aber manchmal auch etwas versteckter sein können. Chemie kann Sie, wie so ziemlich jede Naturwissenschaft, am Leben erhalten oder schneller aus dem Leben scheiden lassen. Aus diesem Grund brauchen Sie unserer Meinung nach definitiv die Chemie. Selbst wenn Sie eine andere Meinung dazu haben, die Chemie wird Sie früher oder später einholen.

## Was ist Chemie?

Der Aufbau und die Eigenschaften von Stoffen legt die Grundlage, um die Umwandlung von Stoffen erklären zu können. Genauere Informationen dazu finden Sie in Kapitel 2. Bei der Umwandlung von Stoffen handelt es sich wiederum um Prozesse, bei denen Teilchen unter Energiebeteiligung neu angeordnet werden. Diese Umwandlung der Stoffe beschreibt der Chemiker in einer *chemischen Reaktion*, die in Kapitel 5 ausführlich behandelt wird. Chemische Reaktionen und die Informationen, die man aus diesen herauslesen kann, sind das tägliche Brot für jeden Chemiker.

## Grenzen zu anderen Naturwissenschaften

Der Stein der Weisen galt als Hilfsmittel für Alchemisten (altertümliche Chemiker), um aus unedlen Metallen edle Metalle wie Gold herstellen zu können. Ein Traum, der lange von vielen Gelehrten und Schwindlern verfolgt worden ist.

## Abgrenzung zur Physik

Damit sind Sie an einer Grenze, die es in der Chemie gibt, angelangt. Eine Umwandlung von Elementen wie Eisen in ein anderes Element wie Gold kann man in der Chemie nicht

erreichen. Dies liegt daran, dass der Stoff Eisen nur aus Eisen-Atomen besteht. Diese Eisen-Atome können Sie in der Chemie nicht zu anderen Atomen wie denen des Goldes umwandeln.

Der Stein der Weisen wird für immer ein unerreichbarer Traum in der Chemie sein, wird aber zum Teil in der Physik mithilfe der Kernspaltung imitiert. Zwar wird auch dort kein Gold aus anderen Elementen hergestellt, jedoch können die Atome von Elementen wie Uran in die Atome des Elements Krypton und Barium gespalten werden. Darüber hinaus wird auch die Fusion in der Physik betrieben, wobei zum Beispiel Deuterium- und Tritium-Atome zu einem Helium-Atom verschmolzen werden können.

Die größten wissenschaftlichen Geräte, die Teilchenbeschleuniger, beschäftigen sich mit winzig kleinen Teilchen. Diese sind so klein, dass sie in der alltäglichen Chemie keine Rolle mehr spielen. Dabei handelt es sich um Teilchen wie die Up- und Down-Quarks oder das Higgs-Boson. Somit kann man eine relativ klare Grenze zur Physik ziehen, wenngleich es natürlich auch die physikalische Chemie gibt, da physikalische Phänomene und Chemie eng miteinander verwoben sind. Für die Chemie ist hauptsächlich die Physik der Elektronen in der Elektronenhülle der Atome und Moleküle im Alltag relevant.

## Abgrenzung zur Biologie

Die Abgrenzung zur Biologie fällt etwas schwieriger aus, da alles in der Biologie nur funktioniert, weil Chemie im Spiel ist: wenn Atome, Ionen oder Moleküle in Lebewesen miteinander wechselwirken beziehungsweise chemische Reaktionen in Zellen ablaufen.

Sobald wir von einem lebenden Organismus sprechen und diesen betrachten, handelt es sich um Biologie. Jedoch finden wir auch in den Zellen der Organismen Chemie. So besteht die Zellmembran aus Phospholipiden, einem organischen Molekül. Auch die DNA, als einer der wichtigsten Bestandteile des Lebens auf der Erde, ist nichts anderes als eine Aneinanderreihung vieler Atome. Bei der Reaktion zur Energiegewinnung, der Zellatmung, die auch in Ihren Zellen gerade abläuft, handelt es sich um nichts anderes als Chemie. Eben deswegen gibt es als separaten wissenschaftlichen Zweig die Biochemie.

## Klare Grenzen?

Letztlich gibt es in der Chemie immer Bereiche, in denen die Grenzen zu anderen Naturwissenschaften nicht mehr klar und eindeutig sind. In vielen Bereichen, wie der Medizin, müssen mehrere Naturwissenschaften zusammenarbeiten, um zum Beispiel neue Medikamente herzustellen. Genau diese Übergänge zu anderen Naturwissenschaften macht die Chemie so vielseitig und spannend.

## Die vielen Gesichter der Chemie

Bevor Sie alles Wichtige über die allgemeine Chemie lernen, kommt im Folgenden ein Überblick darüber, was Sie mit Chemie alles anfangen können. Es sollte klar sein, dass die allgemeine Chemie die Grundlage für alle anderen Zweige der Chemie bildet. Das ist auch

der Grund, warum in diesem Buch bereits mehrere Inhalte der einzelnen Fachgebiete angeschnitten werden.

Genauso, wie man in einer Sprache die grundlegende Grammatik und Vokabeln beherrschen sollte, um sich mit anspruchsvolleren Texten auseinandersetzen zu können, so sollte man, bevor man sich einen Spezialzweig der Chemie zu Gemüte führt, die allgemeinen Prinzipien der Chemie verinnerlicht haben.

## Organische Chemie (Organik)

Wie in der Bezeichnung organisch beziehungsweise Organik steckt, so hatte man früher die Idee, dass es sich hierbei um Stoffe handelt, die ausschließlich von Lebewesen hergestellt werden können. Seit mehreren Hundert Jahren können Chemiker diese Stoffe bereits im Labor künstlich herstellen. Eine aktuelle Definition ist demnach, dass sich die Organik mit allen Verbindungen beschäftigt, deren Grundgerüst aus Kohlenstoff-Atomen besteht. Dazu gehören zum Beispiel alle Zucker (Kohlenhydrate), Fette (Lipide), Eiweiße (Proteine), Mineralöle (und Produkte, die man daraus gewinnt) oder Cellulose (daraus sind die Zellwände der Pflanzenzellen aufgebaut).

## Anorganische Chemie (Anorganik)

Sie betrachtet die Struktur und Eigenschaft aller Elemente und Verbindungen, die nicht zum Fachgebiet der organischen Chemie gehören. Dabei stehen vor allem auch die unterschiedlichen Reaktionen, die die Stoffe eingehen können, im Vordergrund. Diese Stoffe sind zum Beispiel Salze, molekulare Stoffe und Metalle.

## Physikalische Chemie (PC)

Dieser Zweig ist bereits etwas schwieriger zu greifen. Wo man bei der Organik und Anorganik konkrete Stoffe betrachtet, handelt es sich bei der physikalischen Chemie, kurz PC, um die Energiebeteiligung und den zeitlichen Ablauf von chemischen Reaktionen. Darüber hinaus braucht man in der physikalischen Chemie komplizierte Formeln, um Voraussagen der zum Beispiel Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen in einem bestimmten Raum berechnen zu können.

## Technische Chemie (TC)

Sobald man eine neue chemische Reaktion im Labor entdeckt hat, mit der ein gewünschter Stoff, am besten energiearm und sehr schnell, hergestellt werden kann, dann steht man vor dem folgenden Problem:

Ein neu gewonnener Stoff muss in der Regel nicht im Grammbereich, sondern eher im Tonnenbereich produziert werden. Bei so großen Mengen können zum Beispiel große Mengen an Energie frei werden, die im kleinen Maßstab im Labor keine Rolle spielen. In einer großtechnischen Anlage müssen Sie diese Effekte jedoch berücksichtigen, damit Ihnen die Anlage nicht um die Ohren fliegt.

Das Übertragen von Laborchemie auf industrielle Maßstäbe ist die Aufgabe der technischen Chemie.

## Biochemie (BC)

Die Biochemie ist nah an der organischen Chemie angelehnt. Hier geht es tatsächlich um die Chemie in Lebewesen. Da die Lehre von den Lebewesen die Biologie ist, brauchen Sie diese hier in größerem Maß. Bei der Bewegung von Teilchen kommt die Physik ins Spiel und darüber hinaus wird der Einfluss der Stoffe auf den Menschen betrachtet, wofür Sie die Medizin benötigen. Die Biochemie ist eine komplexe Kombination von Biologie, Chemie, Physik und Medizin.

## Analytische Chemie (Analytik)

Die Detektive der Chemie. In der analytischen Chemie geht es darum, den Sachen auf den Grund zu gehen. Auch im Alltag gibt es oft Berührungspunkte mit analytischen Verfahren – sei es ein Schnelltest (zum Beispiel Covid-19, Blutzuckertest, Schwangerschaftstest), Qualitätskontrolle von Produkten (Lebensmittel, industrielle Produkte), Schadstoffuntersuchungen (Abwasser, Raumluft, Emissionen von Autos), klinische oder forensische Untersuchungen. Dabei werden die Analysen je nach Fragestellung qualitativ (was) als auch quantitativ (wie viel) betrachtet. Wichtig ist eine systematische Herangehensweise, um sicherzustellen, dass das Vorgehen reproduzierbar ist und die Ergebnisse überprüft werden.

## Chemieinformatik

Hier werden Probleme der Chemie mithilfe von Computerverfahren, aktuell besonders in Kombination mit künstlicher Intelligenz, angegangen. Sie können zum Beispiel die räumliche Struktur von Aminosäureketten (die die Grundstruktur der Proteine bilden) nicht einfach voraussagen. Auch eine experimentelle Bestimmung erweist sich als aufwendig und zeitintensiv. Dies ist problematisch, da es so sehr lange dauert, bis neue wirksame Medikamente gefunden werden können. Eine Lösung bieten hierbei KIs, die mit ausreichend hoher Wahrscheinlichkeit eine korrekte Molekülstruktur vorhersagen können. Aus dieser Struktur können Naturwissenschaftler dann weitere Eigenschaften (wie Toxizität und Wirksamkeit) ableiten.

## Arbeiten mit Chemie

Ähnlich dem Begriff »Chemie« verbinden einige das Arbeitsumfeld des Chemikers automatisch mit Laborarbeit und dem Herstellen von synthetischen Stoffen. Im Volksmund hört man öfter: »Das ist doch alles Chemie«, wenn es um künstliche Inhaltsstoffe geht, und der Begriff »Chemie« bekommt einen leicht faden Beigeschmack. Dass es sich hier um einen viel diverseren Bereich handelt und dass sich »die Chemie« praktisch in allen Lebensbereichen findet, soll folgender Abschnitt näherbringen.

Einerseits verbindet man Chemie mit Lehr- und Forschungseinrichtungen und bezogen auf industrielle Firmen denkt man an BASF (Badische Anilin- & Soda-Fabrik), Bayer, Henkel, Merck und Wacker.

## Der Tagesablauf eines Chemikers

Wie sieht denn der Tagesablauf eines Chemikers aus? Was stellen Sie sich darunter vor?

Oftmals richtet sich im institutionellen Bereich (zum Beispiel Universitäten oder Forschungseinrichtungen) der Fokus auf wissenschaftliche Neuheiten, die schließlich in einer Publikation (Paper, Patent) veröffentlicht werden. Bereits aus den im vorherigen Abschnitt aufgeführten spezifischen Unterklassen der Chemie wird ersichtlich, wie divers der Bereich ist – von der typischen Synthese neuer chemischer Verbindungen hin zur Entwicklung neuartiger analytischer Messsysteme zur theoretischen Auslegung von Energiespeichern.

Selbiges gilt im Bereich der Industrie. Auch hier richtet sich der Fokus selbsterklärend nach dem jeweiligen Tätigkeitsfeld der Firma. Allerdings umfasst dies ein breiteres Spektrum, als Sie vielleicht auf dem Radar haben. Von der Analyse und Qualitätssicherung (Trinkwasser, Lebensmittelindustrie, Textilindustrie, Kosmetik, Automobilbranche, Luft- und Raumfahrt, medizinischer Sektor) zur Formulierung von Produkten (Lacken, Klebstoffen, Kunststoffen, Cremes, Beschichtungen von zum Beispiel Glasscheiben) oder der Entwicklung und Fertigung (Batterie-, Chip- und Halbleiterbranche) ist die Chemie in unzähligen Bereichen tätig.

Der Tagesablauf kann von der theoretischen Versuchsplanung über die Messung an instrumentellen Geräten bis zur Betreuung von Produktionsanlagen sehr unterschiedlich ablaufen. Wichtig sind dabei allerdings eine strukturierte Arbeitsweise und nachhaltige Dokumentation.

## Die Arbeit eines Chemielehrers

Als Chemielehrer ist man mit einer Vielzahl von Herausforderungen konfrontiert, die über die simple Chemie hinausgehen. So stellen sich zwar einige Personen vor, dass man sich als Lehrer vor eine Klasse stellt und dann eine Schulstunde aus dem Stegreif hält, jedoch steckt mehr dahinter, als man auf den ersten Blick sieht. Zunächst muss man natürlich eine fachliche Qualifikation aufweisen, die vielleicht einfachste Hürde, da man das Fach ja in der Regel studiert hat. Nur weil man jedoch die fachliche Qualifikation aufweist, bedeutet dies nicht, dass man auch andere Menschen darin unterrichten kann.

So ist eine Unterrichtsstunde von 45 Minuten eine exakt geplante Unterrichtseinheit, und man darf sich auch durch Unterrichtsstörungen, Fragen, die über den Stoff hinausgehen oder gar nichts damit zu tun haben, organisatorische Umstände, zwischenmenschliche Schwierigkeiten, ungünstige Arbeitsbedingungen, unerwartete Alarmer, fehlgeschlagene Experimente und vielen weiteren teils undenkbareren Geschehnissen nicht aus der Ruhe bringen lassen und muss die Vermittlung der Inhalte dennoch bewältigen. Dies alles soll auch noch interessant, spannend und im Optimalfall mit mehreren Lachern während der 45 Minuten garniert sein. Sie sind als Lehrer also nicht nur Vermittler von Wissen, sondern auch Entertainer. Böse Zungen könnten jetzt den Begriff »Clown« ins Spiel bringen, aber davon wollen wir hier absehen.

Neben der Unterrichtsstunde dürfen Sie sich als Lehrer mit der Vorbereitung der Unterrichtsstunden, der Konzeption von Prüfungen und natürlich auch der Korrektur von ganzen Klassensätzen an Arbeiten mit ähnlichen fachlichen und grammatikalischen Fehlern, zusätzlichen pädagogischen Fragen, Fortbildungsveranstaltungen, Klassen- & Lehrerkonferenzen, Vertretungsstunden, den Wünschen Ihrer Schüler, Kollegen, der Schulleitung und natürlich auch denen der Elternschaft auseinandersetzen. Darüber hinaus gibt es in der Schule noch viele weitere Arbeitsbereiche, die auf Ihre Mitarbeit angewiesen sind.

Zusätzlich zu dem bildlichen »Berg an Arbeit«, den man als Lehrer hat, gibt es auch Momente, die Ihnen Ihre Arbeit versüßen. So kann es vorkommen, dass Ihnen in einer Abiturprüfung alle Fragen genau so beantwortet werden, wie Sie es Ihrer Schülerin oder Ihrem Schüler beigebracht haben. In noch selteneren Fällen, deswegen noch erfreulicher, werden Antworten produziert und Gedanken so formuliert, dass Sie selbst beeindruckt sind. Wenn Sie an der Entwicklung eines Kindes beteiligt sind, das am Ende solche Leistungen erzielen kann, dann ist das ein riesiger Faktor, warum es sich lohnt, Chemielehrer zu werden.

Was den Beruf einzigartig macht, ist, dass es als Chemielehrer noch etwas gibt, mit dem Ihr inneres Kind zufriedengestellt werden kann. Sie dürfen immer wieder mal etwas »in die Luft jagen«, natürlich nur, um damit ein neues Thema im Unterricht einzuführen. Experimente sollten Ihnen Spaß machen, sonst wäre der Beruf eines Chemielehrers wohl die falsche Wahl, wenngleich gesagt sein muss, dass man dadurch mit das größte Risiko als Lehrer in einer Schule trägt, durch einen Unfall Schaden davonzutragen. Menschen machen nun einmal Fehler, jedoch ist ein Fehler mit einer explosiven Flüssigkeit in der Folge meist etwas einschränkender als ein Fehler beim Korrigieren einer Arbeit oder dem Lesen eines Aufsatzes.

Um den Beruf abzurunden, müssen wir Ihnen aus eigener Erfahrung sagen, dass man als Chemielehrer eine Art Allgemeingelehrter sein sollte, der einen vertieften Schwerpunkt im Bereich der Chemie aufweisen kann. Dementsprechend gelten relativ hohe Standards für alle Lehrer, die das in der Gesellschaft zum Teil verbreitete Bild des »faulen Lehrers« etwas entkräften sollte.