

Leseprobe aus:

Andreas Korn-Müller

Da stimmt die Chemie



Mehr Informationen zum Buch finden Sie auf rowohlt.de.



Einleitung	7
1. Grundlagen für alle Chemie-Abwähler	15
2. Chemielabor Mensch – unser Körper	45
3. Chemische Delikatessen – Essen und Küche	89
4. Wenn Moleküle tanzen – Freizeit und Party	127
5. Brenzlige Moleküle – Faszination Feuer	173
6. Brisante Moleküle – Explosionen, Detonationen, Feuerwerk	205
7. Chemie in der Vergangenheit – historische Erfindungen	223
Anhang	244
Glossar	244
Lösungen zu den «Rätselfragen des Alltags»	255
Abbildungsnachweis	256



Einleitung

Als ich mich 1997 dazu entschieden hatte, meine Forscherlaufbahn an den Nagel zu hängen und stattdessen mein Chemielabor auf die Showbühne zu verlegen, erntete ich von vielen Kollegen, den Professoren, meinem Doktorvater unverstündiges Erstaunen. (Mein Doktorvater hat meinen Schritt bis heute noch nicht ganz verkraftet. Das ehrt mich.) 1993 kam mir erstmals der Gedanke, chemische bzw. naturwissenschaftliche Inhalte in Form von spektakulären und verblüffenden Experimenten unterhaltsam in einer «Chemie-Show» zu verpacken und zu präsentieren. Daraus entstand schließlich mein Unternehmen «science comedy» und mein Künstlername «Magic Andy».

Der damalige Generaldirektor des Deutschen Museums, selbst Chemie-Professor, setzte sich trotz anfänglicher Bedenken für mich ein und unterstützte mein Vorhaben, Chemie in einer Show auf die Bühne zu bringen. Mittlerweile habe ich sieben verschiedene Shows im Programm und bin stets darum bemüht, die breite Öffentlichkeit für die Naturwissenschaft, insbesondere die Chemie, zu begeistern.

Viele Menschen zeigen sich nach meinen bisherigen Erfahrungen durchaus offen und interessiert der Chemie gegenüber. Was ihnen fehlt, ist lediglich das grundsätzliche Verständnis und damit ein praktikabler Zugang. Wie oft habe ich von Schülern, aber auch von vielen Erwachsenen gehört, dass sie Chemie in der Schule gehasst und deswegen bei der ersten Gelegenheit abgewählt haben. Chemie ist definitiv kein Lieblingsfach. Und warum ist das so? Wahrscheinlich wegen der vielen Formeln, die man auswendig lernen muss, der schwierigen Reaktionsglei-

chungen und vor allem dem Mangel an (spannenden und anschaulichen) Experimenten im Unterricht.

Mich haben schon viele Zuschauer gefragt, warum ich kein Chemielehrer geworden sei. Solche motivierenden Vermittler einer eigentlich faszinierenden Sache bräuchte man an den Schulen, die könnten die Schüler begeistern und an das Fach herführen. Das mag schon sein. Doch den Schwarzen Peter auf vermeintlich unfähige Lehrer zu schieben, ist meiner Meinung nach zu kurz gedacht. Die Pädagogen müssen sich an enge Lehrpläne halten, ihnen fehlen oft die Mittel und die Zeit für tolle Experimente im Unterricht, damit also der nötige Spielraum, bei ihrem «Publikum» spontane Begeisterung zu erzeugen. Dementsprechend wundert es nicht, dass das Gros der Leute erschreckend wenig über Chemie, die natürlichen chemischen Vorgänge, weiß und viele vor dem Hintergrund dieser Unkenntnis ein generelles Misstrauen gegenüber dieser Wissenschaft vom Aufbau, den Eigenschaften und der Umwandlung natürlich vorkommender Stoffe hegen. «Chemie» kommt aus Sicht vieler direkt nach Atommüll, könnte man manchmal meinen. Im Gegensatz dazu strahlt die Biologie geradezu im Glanz ihrer Akzeptanz und des ihr entgegengebrachten Interesses, scheint Natur pur zu sein, und das, obwohl sich alle Vorgänge der Biologie letztlich auf chemische Prozesse reduzieren lassen (und die chemischen letztlich auf physikalische und diese wiederum auf mathematische).

Es ist geradezu erschütternd, was und wie viel an chemischem Unsinn als «wahr» und unhinterfragt in manchen Gruppen, mitunter auch in den Medien kursiert. Ich habe bisweilen den Eindruck, dass Chemie für viele mehr eine Frage des festen Glaubens als des objektiven Wissens ist. Wenn eine zu Recht auf die gesunde Ernährung ihrer Kinder achtende Mutter behauptet, Haushaltssalz bestehe nur aus schädlichem, künstlichem Na-

triumchlorid, wohingegen natürliches, biologisches Meersalz fast kein Natriumchlorid enthalte und daher besser für den Körper sei, bin ich erst mal platt. Die stichhaltige Erklärung, geschweige denn den Beweis für diese Behauptung will ich gar nicht erst erfragen.

Allerdings muss die Chemie auch stets selbstkritisch sein und bleiben. Jahrzehntlang hat vor allem die chemische Industrie nicht unbedingt zur Akzeptanz der Chemie beigetragen und es versäumt, ihre Praxis der Bevölkerung gegenüber möglichst transparent zu gestalten. Es gab Medikamenten- und Abfallskandale, Unfälle und Umweltverschmutzungen. Die großtechnische Chemie muss mit einem gewissen Maß an Risiko leben und Unfälle einkalkulieren. Doch sollte sie gerade deswegen der Bevölkerung möglichst ehrlich begegnen und im Fall eines Falles offen kommunizieren.

Dies ändert jedoch nichts an der Tatsache, dass wir alle biologischen Prozesse, alle biologischen Lebensabläufe als (komplexe) chemische Reaktionen auffassen müssen. Zugegeben, unsichtbare Atome oder Moleküle sind auf den ersten Blick nicht so spektakulär wie die Erklärung des ultraschnellen Flügelschlags beim Kolibri oder der Fischjagdtechniken der Delfine. Weil alles in der Chemie winzig klein und abstrakt ist, lässt sie eben in den meisten Fällen Unsicherheit und Ratlosigkeit zurück, ganz im Gegensatz zur Physik, deren «Phänomene» man wenigstens anfassen und daher verstehen kann und die im Alltag sehr viel offensichtlicher vorkommen. Noch anschaulicher und noch konkreter ist eben die Biologie – angeblich *die* Wissenschaft von der Natur schlechthin. Dabei steht die Chemie genau genommen mindestens ebenso für Mutter Natur – sie ist, so behaupte ich, sogar das A und O: Das ganze Leben beginnt mit einer chemischen Reaktion und endet auch damit.

Der generelle Trend zur völlig gegensätzlichen Wahrneh-

mung und Aufnahme von einerseits Biologie – alles, was Bio ist, ist natürlich und gut – und andererseits Chemie – alles, was Chemie ist, ist künstlich und schlecht – scheint mir besonders extrem ausgeprägt bei Nahrungsmitteln und Essensthemen sowie bei Medizin- und Gesundheitsthemen. Daher beschäftige ich mich in diesem Buch auch in den Kapiteln «Chemische Delikatessen – Essen und Küche» und «Chemielabor Mensch – unser Körper» mit diesen Bereichen. Wie auch bei den übrigen Themen im Buch versuche ich, hier den Vorhang zu lüften, Sie als Leser hinter die Kulissen der chemischen Reaktionen blicken zu lassen und Ihnen die Faszination, die für mich von der Chemie als Grundlage aller Vorgänge und Prozesse ausgeht, zu vermitteln.

Mir ist es ein Anliegen – wie bei meinen Bühnenshows –, dass Sie einen offenen und gleichzeitig genauen Blick für die Chemie in all ihren Formen bekommen. Daher habe ich die einzelnen Themen im Buch recht breit gefächert, sodass für jeden etwas dabei sein sollte. Bei den «brenzligen» und «brisanten» Molekülen geht es um Feuer, Explosivstoffe und Feuerwerk – die mitunter deutlichsten und drastischsten, aber auch schönsten und spannendsten Facetten der Chemie. Es handelt aber auch davon, wie man Feuer wieder löschen kann und warum in aller Welt Steine nicht brennen können. Bei den «historischen Erfindungen» werden Sie ungewöhnliche Anwendungen chemischer Reaktionen kennenlernen, vom Feuerzeug und Glühstrumpf über Thermitverfahren bis hin zum Hightech-Gummi. Doch bevor Sie medias in res gehen und in die Tiefen der Moleküle blicken, beschäftigt sich das erste Kapitel mit den allgemeinen Grundlagen der Chemie – «für alle Chemie-Abwähler». Hier werden Sie mit dem chemischen Handwerkszeug vertraut gemacht, grundlegende Zusammenhänge aufgefrischt und anschaulich aufgezeigt, was die Welt im Innersten zusammen-

hält: Gemeint sind natürlich die Atome, die Elementarteilchen. Kaum ein anderes Teilchen hat die Menschheit so geprägt wie das Atom (Atommodell, Atomzeitalter, Atombombe, Atomreaktor, Atomuhr, Atomkatastrophe). Die Quintessenz des Aufbaus der Materie und Einsteins berühmter Weltformel $E = m \times c^2$ habe ich als komprimierte Zusammenfassung des atomaren Mikrokosmos in mein «Atom unser» gebracht.

Atom unser

Atom unser im Vakuum

Geheiligt werde deine Entdeckung

Deine Elektronen kommen

Deine Fusion geschehe

Wie in der Sonne so auf Erden

Unsere tägliche Energie gib uns heute

Und vergib uns unsere GAUs

Wie auch wir vergeben unseren Politikern

Und führe uns nicht in deine Spaltung

Sondern erlöse uns von dem Energieproblem

Denn dein ist die Fusion

Und die Kraft

Und die Spaltbarkeit

In Ewigkeit

Quarks.

Die Chemie ist eine faszinierende Welt, die vom Enzym bis zum Feuerwerk reicht. Werden ihr noch verblüffende Experimente beigegeben, kommt sogar größte Begeisterung auf, egal, ob Schüler der Klasse 4a aus Buxtehude sie sehen oder Jürgen von der Lippe darüber staunt. Weil ich schon so viele Fans damit begeistern konnte, finden Sie im Kapitel «Wenn Moleküle tanzen – Freizeit und Party» eine ganze Reihe meiner spektakulärsten

und schönsten Experimente aus meinen Shows, wie beispielsweise den magischen Kondomkaktus, das «Zauber-Bier» und die «Zauber-Cola», Leuchteffekte mit Waschpulver und «Soft-eis» aus Blut. Vorab schon einmal ein kleiner, aber wichtiger Hinweis zu den Experimenten: Bitte halten Sie sich unbedingt an die Rezeptvorschriften und Sicherheitsmaßnahmen wie Schutzbrille und Schutzhandschuhe an den Stellen, die durch die Gefahrensymbole (siehe nächste Seite) gekennzeichnet sind. Für eventuelle Schäden oder Verletzungen können der Verlag und der Autor keine Haftung übernehmen. Bestandteile und Stoffe, deren Handhabung Risiken einschließen kann, sind mit den allgemein verbindlichen Symbolen (ätzend, entzündbar, brandfördernd, reizend/gesundheitsschädlich) entsprechend gekennzeichnet. Bitte beachten Sie diese Kennzeichnungen für den Umgang mit den Stoffen.

Ich habe versucht, mit ungewöhnlichen Modellen, Metaphern und Parallelen die Welt der Moleküle anschaulich darzustellen – ganz im Gegensatz zu dem, was die Chemie vielleicht sonst so abschreckend wirken lässt. Im Internet und anderen Publikationen werden Sie jedenfalls garantiert nichts davon lesen, dass man das Aids-Virus mit einer Pralinenschachtel und Antikörper mit Fausthandschuhen vergleichen kann. Und von Elektronen als Außenminister? Auch die tauchen für Sie exklusiv nur in diesem Buch auf!

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen und Experimentieren! Lassen Sie es krachen, leuchten, zischen, brodeln ...

Dr. rer. nat. Dipl.-Chem. Andreas Korn-Müller
(«Magic Andy»)

Im Buch verwendete Gefahrensymbole



entzündbar



entzündend (oxidierend) wirkend



auf Metalle korrosiv wirkend, hautätzend,
schwere Augenschädigung



reizend!



Grundlagen für alle Chemie-Abwähler





Gehören Sie auch zu den 90 Prozent der Bevölkerung, die Chemie in der Schule gehasst und deswegen abgewählt haben? Dann sind Sie genau richtig hier. Ich werde Sie in diesem ersten Kapitel (wieder) in die wichtigsten Grundlagen der Chemie einführen und Sie (hoffentlich) so damit vertraut machen, dass Ihnen die restliche Lektüre des Buches wie ein vergnüglicher Spaziergang erscheinen wird.

Um eins gleich vorwegzuschicken: Auch für einen Chemiker ist es schwer, den Aufbau der Materie – und darum geht es ja in seinem Gebiet – zu durchblicken und zu verstehen. Alles in der Welt der Atome und Moleküle ist so unglaublich winzig, so wenig anschaulich und vorstellbar. Um nur zwei Beispiele zu nennen: Ein zwei Kubikzentimeter kleines Stück Eisen enthält etwa 100 000 000 000 000 000 000 000, also 10^{23} Atome, und ein einziger Wassertropfen enthält ca. 1 000 000 000 000 000 000 000, also 10^{21} Wassermoleküle. Hier versagt wohl so ziemlich jegliche Vorstellungskraft. Also müssen wir ihr auf die Sprünge helfen.

Stellen Sie sich vor, Sie wären ein Atom und Ihr Kopf wäre der Atomkern, um den die Elektronen wie Vögelchen herum-schwirren (die restlichen Körperteile vernachlässigen wir einmal). Gehen wir von einer durchschnittlichen Kopfgröße aus, befänden sich Ihre Elektronen entsprechend etwa 2 Kilometer von Ihrem Kopf entfernt, also weit außerhalb Ihrer Sichtweite. Bei einem Atomkern von der Größe einer Kirsche (2 Zentimeter Durchmesser) würde die umgebende Elektronenwolke immer noch die Größe eines Fußballstadions (200 Meter Durchmesser) einnehmen. Auch beim Blick durch ein (Super-)Mikroskop, das in der Lage ist, Atome sichtbar zu machen, wäre zwischen den

Atomkernen und den Elektronen beispielsweise eines winzigen Eisenstücks nur gähnende Leere zu erkennen. Und nun vergewöhnliche man sich, wie unverschämt hart ein Eisennagel ist.

Das heißt: Die Chemie ist eine Welt des Mikrokosmos mit makroskopischen Auswirkungen. In den verschiedenen Metallen reihen sich, um bei unserem Vergleich zu bleiben, sehr viele Köpfe, sprich Atomkerne, aneinander, und ein gemeinsamer, riesiger Elektronen-Vogelschwarm kreist um alle Köpfe herum. Die freien, negativ geladenen Elektronen hinterlassen dementsprechend positiv geladene Metallatome, die sich dicht an dicht aneinanderreihen. Das gesamte Metall wird durch die starken Anziehungskräfte zwischen Elektronenschwarm und Metallkernen zusammengehalten. Die atomare Struktur von Metallen können Sie sich auch vorstellen wie ein mit reichlich Öl getränktes Kugellager, in dem die Kugeln (Atome) gestapelt sind und das Öl (Elektronen) jede Kugel gleichmäßig mit einem Schmierfilm umgibt. Die typischen makroskopischen Metalleigenschaften sind Glanz, elektrische Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Festigkeit, Dehnbarkeit. Weil der «Vogelschwarm» so extrem dicht ist, kann kein Licht mehr ins Innere, zu den Metallkernen, vordringen und wird infolgedessen bei Auftreffen auf dessen Oberfläche sofort wieder zurückgeworfen. Durch diese Reflexion erhält eine Metalloberfläche den typischen silbrigen Glanz und ihre Undurchsichtigkeit.

Auch die elektrische Leitfähigkeit von Metallen beruht auf dem freien «Elektronenschwarm», der den elektrischen Strom sehr gut weiterleiten kann. Und dass Metalle gute Wärmeleiter sind – berührt man ein Metallstück, fühlt es sich kalt an –, liegt, Sie ahnen es schon, ebenfalls am freien Vogelschwarm. Wärmeaufnahme bedeutet aus atomarer Sicht, dass sich die Atomkerne bewegen und hin und her schwingen: je wärmer, je heißer, desto schneller und heftiger, bis zur Rotglut. Der Vo-

gelschwarm kann die Schwingungen der Köpfe bzw. der Kugeln gut übertragen – wie eine große, aufgeblasene Hüpfburg. Die dichte Kopf-an-Kopf-Packung der gleich großen Metallkugeln im Innern eines Metalls macht es stark und fest, man spricht deswegen von einer hohen Dichte der Metalle, die wiederum die Härte des Eisennagels erklärt. Je größer und mächtiger der Elektronen-Vogelschwarm ist, desto härter ist das Metall. Natrium und Kalium haben nur ein Außenelektron und sind infolgedessen weiche Metalle, Magnesium und Kalzium steuern jeweils zwei Außenelektronen bei und sind schon härter. Chrom dagegen hat sechs und Eisen sogar stolze acht Außenelektronen. Die wichtigste Eigenschaft von Metallen – man kann sie biegen, formen, walzen und zu Drähten ziehen – erklärt sich aus dem Kugellager-Vergleich: Die Metallkugeln können durch die ölige Schicht leicht gegeneinander verschoben und gezogen werden.

Wie winzig Moleküle sind, macht auch folgendes, von Richard Dickerson in seiner «lebendigen und anschaulichen Einführung» in die Chemie vorgenommene Gedankenexperiment deutlich. Um es zu verstehen, müssen Sie jedoch zuerst mit dem Begriff «Mol» vertraut gemacht werden. Die Maßeinheit Mol bezeichnet eine Stoffmenge, also wie viele Teilchen, Atome, Moleküle anzahlmäßig vorliegen. Die Einheit Mol hilft dem Chemiker, bei einer Reaktion die richtige Anzahl von Molekülen oder Atomen einzusetzen, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten. Mit der Gewichtseinheit Gramm, mit der Sie in der Küche arbeiten und gut zurechtkommen, würde man bei einer chemischen Reaktion auf die falsche Spur kommen. Ein Beispiel aus dem Chemieunterricht: Die Umsetzung von Zink (Zn) mit Schwefel (S) ergibt unter schönem Glühen und Qualmen Zinksulfid (ZnS). Ein Zinkatom reagiert mit einem Schwefelatom zu einem Molekül Zinksulfid. Eine bestimmte Anzahl Zinkatome verbindet sich mit exakt der gleichen Anzahl Schwefelatome. Würden

Sie dagegen die Substanzen in Gramm einsetzen, z. B. 10 Gramm Zink und 10 Gramm Schwefel, dann hätten Sie, bedingt durch das unterschiedliche Gewicht der Reaktionspartner, rund zweimal mehr Schwefel in Ihrer Mischung als Zink. Um gleich viele Atome miteinander reagieren zu lassen, müssten Sie 65 Gramm Zink und nur 32 Gramm Schwefel einsetzen, was in diesem Falle genau 1 Mol Zink und 1 Mol Schwefel entspricht. Und nun zu Dickersons Gedankenexperiment: Hätten Moleküle die Größe von gewöhnlichen Glasmurmeln, dann würde allein die Grundeinheit von einem Mol Substanz die Fläche der gesamten USA

1 Mol = 6×10^{23} Teilchen
(Moleküle oder Atome)

1 Mol Gas = 22,4 l

Gewicht eines Elektrons:

$9,1 \times 10^{-31}$ kg

Gewicht eines Protons:

$1,7 \times 10^{-27}$ kg, das heißt
ca. 2000-mal schwerer als
ein Elektron

Gewicht eines Neutrons:

$1,7 \times 10^{-27}$ kg, das heißt
ca. 2000-mal schwerer als
ein Elektron

mit einer mehr als 100 Kilometer dicken Schicht bedecken! Ein Mol Substanz entspricht der unvorstellbaren Menge von 6×10^{23} Teilchen (Atomen, Molekülen), die dicht an dicht gepackt und gestapelt sind. Diese gigantische Anzahl an Molekülen ist beispielsweise enthalten in nur 18 Milliliter Wasser (ein Schnapsglas voll) oder in einem mit 2 Gramm (entsprechen etwa 22 Liter) Wasserstoff gefüllten Ballon mit 35 Zentimeter Durchmesser oder in einem Kochsalzwürfel mit 3 Zentimeter Kantenlänge.

Kurze Einführung in die Welt der Atome und Moleküle

Ich könnte jetzt seitenlang über die chemischen Grundlagen der Atome und Moleküle dozieren – ganz so, wie man es von einschlägigen Lehr- und Sachbüchern gewohnt ist. Ich würde also in aller Ausführlichkeit erläutern, dass jedes Atom einen