

Elementares Kochen

Eines Nachmittags im Sommer traf ich im Haus meiner Eltern in einem südöstlichen Vorort Londons ein. Unter dem Arm trug ich einige Glasgefäße, die ich online bestellt hatte, sowie ein Paket mit sechs Portionen Mr Kipling Bramley Apple Pie. Ich war gekommen, um das wahrscheinlich schwachsinnigste Experiment durchzuführen, das ich je gewagt habe.

In seinen Kindertagen war mein Vater ein begeisterter Amateur-Chemiker gewesen, und er verbrachte Mitte der 1960er-Jahre im Schuppen im hinteren Teil des elterlichen Gartens glückliche Nachmittage unter Erzeugung von Gerüchen und Explosionen. Das waren die Zeiten, als sich noch jeder (also auch Teenager mit fortgeschrittenen Chemiekenntnissen und einer gehörigen Portion Missachtung für die eigene Sicherheit) ein erschreckendes Arsenal gefährlicher Substanzen beim örtlichen Chemikalienlieferanten besorgen konnte. Dazu gehörte, wie sich herausstellte, auch alles, was man für Schießpulver brauchte. Mein Dad erinnert sich noch heute mit gewissem Wohlbehagen daran, wie eines seiner eher dramatischen Experimente zu einem abrupten Ende gelangte, als sein eigener Vater, ein ehemaliger Artillerist, dem das Dröhnen von Gewehrfeuer durchaus vertraut war, in die hintere Hälfte des Gartens gestürmt kam und brüllte: »Das reicht, der eben hat die Fenster erzittern lassen!« Ach, die guten alten Zeiten. Mein Vater besitzt noch heute ein paar Teile seines damaligen Chemiebaukastens, darunter einen Bunsenbrenner, auf den ich es nun abgesehen hatte. Ich hatte mir überlegt, dass meine kleine Londoner Wohnung nicht der ideale Ort war für das Experiment, das mir vorschwebte.

Der Gedanke hinter dem Versuch lautete: Wenn man Ihnen einen Apfelkuchen hinstellte und Sie keine Ahnung hätten von Kuchen, Äpfeln oder ihren Bestandteilen, was könnten Sie tun, um herauszufinden, aus was der Apfelkuchen besteht? Auf der Arbeitsfläche in der Garage kratzte ich, assistiert von meinem Vater, ein paar Krümel des Kuchens in ein Teströhrchen – wobei ich mir Mühe gab, eine gute Mischung aus knuspriger Kruste und weicher Apfelfüllung einzufüllen – und versiegelte es dann mit einem Korken, durch dessen Mitte ein kleines Loch gebohrt war. Nachdem ich das

Röhrchen über ein L-förmiges Glasrohr mit einem zweiten Fläschchen verbunden hatte, das in kaltem Wasser schwamm, zündeten wir den Bunsenbrenner an, schoben ihn unter das Teströhrchen und traten einen Schritt zurück.

Der Kuchen begann zu blubbern und zu karamellisieren, und bald darauf drückte das sich ausbreitende Gas innerhalb des Testrohrs unsere Probe in das Verbindungsstück. Wir verringerten die Hitze ein wenig und sahen zu, wie der Kuchen langsam schwarz wurde, und zu meinem Vergnügen zogen nun Nebelschwaden das Verbindungsstück entlang und strömten in das wartende zweite Gefäß, das kurz darauf bereits mit einem gespensterhaft weißen Dampf gefüllt war. Jetzt war das ein richtiges Chemieexperiment!

Neugierig, was dieser weiße Nebel sein mochte, schnupperte ich daran – eine probate Methode der chemischen Analyse aus den Tagen, in denen man sich um Gesundheits- und Sicherheitsrisiken wenig scherte. Schon Humphry Davy, ein Chemie-Pionier aus der Zeit der Romantik, untersuchte die medizinischen Auswirkungen verschiedener Gase mit der berühmt gewordenen Methode, sie einfach alle zu inhalieren. 1799 entdeckte er dabei die angenehmen Effekte von Distickstoffmonoxid, das heute als Lachgas bekannt ist und das er in der Folge in großen Mengen zu sich nahm, etwa wenn er sich mit seinen Dichterfreunden in einen dunklen Raum zurückzog. Hin und wieder tat er das auch in Gegenwart junger Frauen seiner Bekanntschaft. Bedenken Sie bitte, das war ein keineswegs risikoloses Vorgehen. Er stand einmal kurz davor, sich selbst umzubringen, als er mit Kohlenmonoxid experimentierte. Als man ihn hinaus an die frische Luft schleifte, bemerkte er schwach: »Ich glaube nicht, dass ich sterben werde.«^[7]

Leider produzierte mein Apfelkuchendampf keinerlei psychoaktive Effekte, sondern hatte nur einen extrem unangenehmen Gestank nach Angebranntem, der noch Stunden später in der Luft hing. Sah man durch den Dampf zum Boden des Gefäßes, konnte man erkennen, dass ein wenig des Nebels durch den Kontakt mit dem kalten Wasserbad kondensiert war und eine gelbliche Flüssigkeit bildete, bedeckt von einem dunkelbraunen, öligen Film.

Nach weiteren zehn Minuten intensiven Erhitzens schien kein Dampf mehr aus den verkohlten Überbleibseln des Apfelkuchens aufzusteigen, woraus wir schlossen, dass unser Experiment zu Ende war. In meinem Eifer, die Reste in dem Teströhrchen zu untersuchen, vergaß ich kurz, dass ein Glas, das man zehn Minuten über einem Bunsenbrenner röstet, ganz schön heiß wird, und verbrannte mir meinen Zeigefinger ziemlich fies. Es gibt gute Gründe, weshalb das gefährlichste Instrument eines Versuchs, an das ich herangelassen werde, in aller Regel ein Computer ist.

Nach deutlich längerem Warten nahm ich mich behutsam erneut des Fläschchens an und kippte seinen Inhalt auf den Tisch. Der Apfelkuchen war zu einer rabenschwarzen, steinharten Substanz reduziert worden, deren Oberfläche an manchen Stellen ein wenig glänzte. Was können wir aus diesem zugegebenermaßen eher blödsinnigen Experiment über die Zusammensetzung eines Apfelkuchens schlussfolgern? Nun, wir haben drei unterschiedliche Substanzen erhalten: einen schwarzen Feststoff, eine gelbe Flüssigkeit und ein weißes Gas, das sich in der Zwischenzeit über meine Haut, meine Haare und Kleider verteilt hatte und übel nach Verbranntem roch. Ich gebe zu, dass mir zu diesem Zeitpunkt die exakte chemische Zusammensetzung dieser drei Apfelkuchenbestandteile noch nicht ganz klar war, auch wenn ich sicher zu wissen glaubte, dass das schwarze Zeug Kohle und die gelbliche Flüssigkeit vor allem Wasser war. Um näher an die Liste der grundlegenden Apfelkuchenzutaten zu gelangen, brauchen wir eine etwas fortschrittlichere chemische Analyse.

Die Elemente

Als Physiker sollte ich das vielleicht nicht zugeben, aber in der Schule war Chemie mein Lieblingsfach. Das Physiklabor war ein steriler, lustloser Ort, an dem man sich erfreut zeigen sollte, sobald man einen Stromkreis geschlossen oder mürrisch das Schwingen eines Pendels vermessen hatte. Das Chemielabor hingegen war ein magischer Ort, an dem wir mit Feuer und Säure spielten, einen Magnesiumstreifen anzündeten, sodass dieser gleißend verbrannte, oder farbige Tränke in hauchdünnen Gläsern zum Kochen brachten. Die Sicherheitsbrillen, die mit orangefarbenen Warnhinweisen versehenen Natriumhydroxid-Flaschen und die weißen Laborkittel, auf denen sich unidentifizierbare, vielleicht giftige Spritzer früherer Experimente abzeichneten, all das umgab das Chemielabor mit einer Aura von Gefahr. Das Kommando über all dies hatte unser rätselhafter Lehrer Mr Turner, der mit einem Sportwagen zur Schule kam und von dem man sich erzählte, er habe sein Vermögen durch die Erfindung des Aufsprühkondoms gemacht.

Und tatsächlich war es meine Faszination für die Chemie, die mich schließlich dazu brachte, Teilchenphysiker zu werden. Die Chemie beschäftigt sich, genau wie die Teilchenphysik, mit der Materie, dem Stoff der Welt, und wie die unterschiedlichen Grundzutaten miteinander reagieren, wie sie auseinanderfallen oder ihre Eigenschaften je nach bestimmten Gesetzen verändern. Der Grund, weshalb ich nicht bei der Chemie geblieben bin, ist der, dass ich wissen wollte, woher diese Gesetze stammen. Wäre ich im 18. oder 19. Jahrhundert geboren worden, wäre ich vermutlich Chemiker geworden. Damals war Chemie, und nicht Physik, das Fach der Wahl, wollte man die grundlegenden Bausteine der Materie verstehen.

Die Person, die vermutlich mehr als jede andere für die Entstehung der modernen Chemie gesorgt hat, war Antoine Laurent de –Lavoisier, ein kecker, ehrgeiziger und unglaublich reicher junger Franzose, der in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts lebte. 1743 in eine sehr wohlhabende Pariser Familie hineingeboren, wurde er Jurist und nutzte das große Erbe seines Vaters, um sich im Pariser Arsenal ein eigenes Labor mit den ausgefeiltesten Apparaturen einzurichten, die man damals für Geld kaufen konnte. Dank der Hilfe seiner Frau und Mit-Chemikerin Marie-Anne Pierrette Paulze vollbrachte er die von ihm selbst so genannte »Revolution« in der Chemie, bei der er die alten Ideen, die noch aus dem antiken Griechenland stammten, systematisch

widerlegte und an deren Stelle das moderne Konzept eines chemischen Elements entwickelte.

Die Idee, dass alles in der materiellen Welt aus einer Reihe grundlegender Substanzen, oder Elemente, besteht, ist schon Tausende Jahre alt. In den antiken Zivilisationen unter anderem Ägyptens, Indiens, Chinas und Tibets entstanden unterschiedliche Elemente-Theorien. Die alten Griechen zeigten sich überzeugt, dass die materielle Welt aus vier Elementen bestehe: Erde, Wasser, Luft und Feuer. Allerdings gibt es einen großen Unterschied zwischen dem, was die alten Griechen für ein Element hielten, und der Definition eines chemischen Elements, wie sie heute in der Schule gelehrt wird.

In der modernen Chemie ist ein Element eine Substanz wie Kohlenstoff, Eisen oder Gold: Man kann sie nicht in etwas anderes aufschlüsseln oder in etwas anderes umwandeln. Die antiken Griechen hingegen glaubten, dass Erde, Wasser, Luft und Feuer *durchaus* in ein anderes Element verwandelt werden könnten. Die vier Elemente wurden um das Konzept der vier »Qualitäten« ergänzt: Hitze, Kühle, Trockenheit und Feuchte. Erde war kalt und trocken, Wasser war kalt und feucht, Luft war heiß und feucht und Feuer war heiß und trocken. Folglich war es möglich, ein Element in ein anderes umzuwandeln, indem man Qualitäten hinzufügte oder entfernte. Gab man beispielsweise etwa Hitze zu Wasser (kalt und feucht) hinzu, entstand Luft (heiß und feucht). Diese Materie-Theorie weckte die Hoffnung auf die Transformation oder »Transmutation« einer Substanz in eine andere durch die Anwendung von Alchemie – am berühmtesten wohl die Wandlung von einfachem Metall in Gold.

Dieses Konzept der Transmutation griff Lavoisier als Erstes an. Wie bei vielen anderen seiner großen Entdeckungen basierte auch in diesem Fall seine Vermutung auf einer simplen Annahme, nämlich dass bei einer chemischen Reaktion die Masse stets gleich bleibt. Mit anderen Worten: Wiegt man zu Beginn eines Experiments alle Zutaten und am Ende alle Produkte – wobei man sorgfältig aufpassen muss, dass kein heimtückisches Gasföhnchen entweicht –, sollten die Massen identisch sein. Chemiker hatten dies schon eine ganze Weile vermutet, doch es war dann Lavoisier, der mithilfe einiger extrem präziser (und extrem teurer) Waagen dieser Idee zur Durchsetzung verhalf, als er 1773 die Ergebnisse seiner akribischen Versuche veröffentlichte.^[1] Mr Turner brachte mir in seinen Chemiestunden den Massenerhaltungssatz als das Lavoisier-Gesetz bei.

Was allerdings für die Transmutation sprach, ist die Tatsache, dass bei langsamem Destillieren von Wasser in einem Glasgefäß am Ende ein Feststoff übrigbleibt. Das bestätigt scheinbar die Vermutung, dass Wasser in Erde verwandelt werden kann. Lavoisier hatte da so seine Zweifel. Durch das Abwiegen des leeren Glasgefäßes vor