

## Die Buchhaltung der Chemie

Der Monat September des Jahres 1782 war wirklich schön gewesen, und Paris war eine sehr angenehme Stadt in dieser Zeit des Jahres – zumindest, wenn man genügend Geld hatte. An einem Morgen ging ein Paar von ihrem Frühstückstisch zu einem Raum, den sie als chemisches Labor benutzten. Ihrer Kleidung nach zu schließen waren sie wohlhabend, und auch ihr Haus machte deutlich, dass sie Mitglieder der französischen Oberklasse waren. Der Mann war Antoine Laurent Lavoisier, ein weltbekannter Chemiker in seinen 40ern. Er war ein Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften seit den späten 1760er Jahren und auch einer der Steuereintreiber für den französischen König – eine Position, die die Basis seines Reichtums war. Seine Frau Marie war ungefähr 15 Jahre jünger als Antoine, eine schöne und sehr intelligente Person, die nicht nur an den Wissenschaften interessiert war, sondern auch gut in den Sprachen (sie übersetzte englische naturwissenschaftliche Veröffentlichungen für ihren Ehemann). Außerdem war sie Gastgeberin in einem Salon, in dem sich viele intelligente und einflussreiche Leute regelmäßig trafen, um neue Literatur, Künste und Wissenschaften zu besprechen.

Derzeit arbeiteten Antoine und Marie an Experimenten mit Gasen, genauer beschäftigten sie sich mit einem Teil der Luft. Ursprünglich war Luft eine als einfache Substanz, ein Element betrachtet worden, jedoch hatten vor kurzem einige Chemiker wie Joseph Priestley und Henry Cavendish gezeigt, dass Luft eine Mischung aus verschiedenen Gasen war. Außerdem hatte es sich gezeigt, dass Wasser in zwei Gase zerlegbar war und aus diesen zwei Gasen wieder gebildet werden konnte. Dieses war auch deshalb bemerkenswert, weil Wasser – wie Luft – als ein chemisches Element angesehen worden war. Und eines der Gase, aus denen Wasser gebildet wurde, war auch Teil der Luft, ein Gas, das Lavoisier oxygène (Säurenproduzenten) genannt hatte, weil er es als entscheidend für die Bildung von Säuren ansah. Gleichzeitig bildete die Benennung dieses neuen Gases selbstverständlich auch einen Versuch, die Bedeutung der eigenen Arbeit über diese Substanzen zu demonstrieren. Es war insbesondere dieses Gas, mit dem Lavoisier sich in letzter Zeit intensiv beschäftigt hatte.

Als sie zum Laboratorium gingen, fragte Marie: „Was werden wir heute untersuchen, sollen wir nochmal die Untersuchung der Reaktionen zwischen Sauerstoff und den Metallen fortsetzen?“ Antoine antwortete: „Ich denke, dass ich das Experiment zur Verbindung des Sauerstoffes mit dem brennbaren Gas, wie Priestley es genannt hat, nochmals durchführe. Es wäre wichtig zu wissen, ob die Aufspaltung umgekehrt werden kann.“ „Was meinst du mit ‚umkehren‘?“, fragte Marie. „Naja, wir haben herausgefunden, dass Wasser in oxygène und in brennbare Luft zerlegt werden kann. Außerdem wissen wir, dass, wenn wir brennbare Luft

in der allgemeinen Luft anzünden, Wasser erhalten. Es scheint so, dass Wasser aus oxygène und brennbarer Luft gebildet wird. Wenn ich jetzt zeigen kann, dass Wasser aus diesen beiden Stoffen gebildet und wieder in sie zerlegt werden kann, dann können wir sicher sein, dass Wasser die Verbindung dieser zwei Substanzen ist.“ - „Hmm ...“, sagte Marie, „ich sehe was du meinst, aber ...“ Sie zögerte und dachte nach, während Antoine bereits den Glasapparat zusammenstellte, den für das Verbrennungsexperiment verwenden wollte. „Antoine, wie kannst du sicher sein, dass das Wasser, das du herstellst, die Kombination genau dieser zwei Gase ist?“ Ohne seine Arbeit zu unterbrechen sagte Antoine: „Was meinst du mit ‚genau dieser zwei Gase‘?“ - „Wie kannst du sicher sein, dass es nur diese zwei Gase sind, die das Wasser bilden?“ - „Nun, ich hatte dieses Glas voll Wasser zu Beginn des Experiments, und es ist am Ende der Verbrennung wieder voller Wasser.“

Marie überlegte: „Dies klingt angemessen, gleichwohl... die Gase sind so viel mehr als das Wasser, wie kann es sein, dass diese riesige Menge Gas die kleine Menge flüssiges Wasser bildet?“ - „Weil genau so viel Gas aus der gleichen kleinen Menge der Flüssigkeit produziert wird“, antwortete Antoine. Aber Marie insistierte: „Wie kannst du sicher sein, dass nichts anderes bei dem Prozess der Verbrennung hinzukommt oder bei der Zerlegung verschwindet? Du scheinst hier etwas zu sicher zu sein, haben wir das wirklich experimentell demonstriert?“ - „Was genau meinst du?“ Marie hatte jetzt Antoinettes ganze Aufmerksamkeit, er arbeitete nicht mehr an der Apparatur. „Antoine, ich denke über das Folgende nach: Du nimmst an:

wenn du aus einer bestimmten Menge Wasser die zwei Gase produzierst, und wenn du aus der entsprechenden Menge der produzierten Gase wieder Wasser erzeugst, dann ist kein anderer Stoff beteiligt. Lass' es mich mit einer Analogie verdeutlichen: Beim Erheben der Steuern bist du in der Buchhaltung jedes einzelnen Warenstücks sehr sorgfältig, das nach Paris kommt. Mehr noch, du hast gerade vorgeschlagen, eine Wand um die Stadt zu errichten, um so die eingeführten und ausgeführten Waren noch besser zu Besteuerungszwecken kontrollieren zu können. Ich frage mich gerade, ob wir mit unseren chemischen Reaktionen genauso vorsichtig sein sollten.“

Antoine dachte laut nach: „Buchhaltung in der Chemie, das wäre ein vollständig neues Konzept. Und doch, möglicherweise ist es vorteilhaft. Gut, wir würden alle Substanzen wiegen müssen, um solch eine Beschreibung zu ermöglichen. Das würde mit den Gasen schwierig sein, jedoch könnten wir versuchen, dieses systematisch mit den Metallen auszuprobieren.“ Er begann ein Experiment mit einem anderen Apparat, eine Glasflasche, in die er etwas Blei legte. Durch Hitze wurde Blei in Bleikalk umgewandelt. Auch dieser Stoff war ursprünglich als ein Element betrachtet worden, aber Lavoisier hatte vor kurzem demonstriert, dass es eine Verbindung aus Blei und *oxygène* war, also war es das Blei, das als Element angesehen werden sollte. Dieses Mal jedoch wog er zu Beginn des Experimentes das Blei, und am Ende bestimmte er das Gewicht des Bleikalkes – dieser war deutlich schwerer. Marie sagte: „Wenn ich deine neue Interpretation der Reaktion richtig verstehe, verbindet sich das Metall mit dem Sauerstoff der Luft – wenn das stimmt, müsste die Luft Gewicht verloren haben.“ - „Genial“ antwortete Antoine, und es war nicht klar, ob er das ernst oder sarkastisch gemeint hatte, „und wie wollen wir diesen Gewichtsverlust der Luft messen?“ - „Naja, wenn wir das Gefäß hermetisch abschließen, dann müssten wir sehen können, ob es eine Änderung des Gewichts gibt, und wenn nicht, dann...“ Antoine fiel ihr ins Wort: „... dann muss die Zunahme des Gewichts des Metallkalks mit dem Gewichtsverlust der Luft erklärt werden. Wie ich sagte, mein Liebste, du bist genial.“ Marie lächelte, „mein lieber Antoine, Buchhaltung in der Chemie, ist es nicht das, was du getan hast, seit du den Schwefel in einem geschlossenen Gefäß verbrannt hast?“ Antoine stellte das neue

Experiment zusammen und vergewisserte sich diesmal, dass die Flasche hermetisch versiegelt war. Er wog die Flasche mit einer Balkenwaage, dann erhitzte er das Blei, das zu Bleikalk umgewandelt wurde, und setzte dann die Flasche wieder auf die Waage. „Gleichgewicht“ flüsterte er, „es ist noch im Gleichgewicht“.

„Lass' uns einige andere Reaktionen untersuchen“ schlug Marie vor, und sie führten sofort ähnliche Experimente mit verschiedenen Metallen durch. Die folgenden Tage waren arbeitsreich, es wurden viele Experimente durchgeführt, und ihr Ergebnis war immer, dass die Masse gleich blieb. Antoine war begeistert, dennoch war ihm klar, dass einige andere Forscher möglicherweise kritisieren würden, dass die Änderungen in der Masse sehr klein sein könnten und daher nicht mit der Balkenwaage festgestellt werden könnten. Deshalb lud er Nicolas Fortin, einen der führenden Instrumenthersteller, in sein Labor ein.

Als Fortin ankam, gingen die drei in den Laborraum, und Antoine zeigte ihm die Experimente, die er durchgeführt hatte. Fortin war beeindruckt und betonte: „Aber Monsieur Lavoisier, Sie haben bereits eine sehr empfindliche Waage von meinem Kollegen Monsieur Mégnié.“ - „Ich weiß, aber ich möchte ein noch besseres Instrument, tun Sie Ihr Bestes – Geld spielt keine Rolle, und Zeit ist auch nicht so wichtig. Aber ich wünsche mir die empfindlichste jemals gemachte Waage, eine Waage, die größere Massen mit einer beispiellosen Genauigkeit messen kann.“ Fortin nahm den Auftrag an, aber es war klar, dass diese Waage vermutlich nicht in diesem Jahr oder im folgenden fertiggestellt sein würde. „Jetzt lass' uns zum Wasser zurückkehren“, schlug Antoine Marie vor. Er entwarf eine Apparatur, die es ermöglichen würde, die Gase sowie das daraus produzierte flüssige Wasser zu wiegen, und umgekehrt. Er setzte den Apparat auf eine Schale der Waage und brachte diese ins Gleichgewicht. Dann produzierte er *oxygène* und brennbare Luft aus dem Wasser, setzte den Apparat wieder auf die Waage – sie war wieder im Gleichgewicht. Er ließ die zwei Gase zu flüssigem Wasser reagieren und brachte den Apparat noch einmal auf die Waage – Gleichgewicht. Er lächelte: „Das ist es, und das bedeutet auch, dass Wasser aus brennbarer Luft in der Verbindung mit Sauerstoff hergestellt wird, also sollte sich das im Namen der Substanz wieder-

finden – für die Veröffentlichung verwenden wir nicht mehr den Namen *brennbare Luft*, sondern wir nennen den Gas *Wasserstoff* oder auf Lateinisch *Hydrogenium* – Wasserproduzent.“

Antoine Lavoisier entwickelte mit der weitreichenden Unterstützung seiner Frau Marie ein neues chemisches System, das allgemein akzeptiert wurde und die Grundlage unseres chemischen Systems der Elemente bildet. Während der Französischen Revolution wurde er aufgrund seiner Position als Steuereintreiber enthauptet - seine Frau Marie überlebte und fuhr nach der Französischen Revolution damit

fort, die Ergebnisse Lavoisiers zu veröffentlichen.

---

**Lavoisier Massenerhaltung** was edited by Brigitte van Tiggelen and it is based, in part, on **Historical Background: Antoine Laurent Lavoisier** written by Grazyna Drazkowska.

---

**Lavoisier Massenerhaltung** was written by Peter Heering with the support of the European Commission (project 518094-LLP-1-2011-1-GR-COMENIUS-CMP) and The University of Flensburg, Germany. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.