

Die chemische Formel in der Sekundarschule

Autor(en): **Knup, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahrbuch der Sekundarlehrerkonferenz des Kantons Zürich**

Band (Jahr): - **(1927)**

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-819666>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die chemische Formel in der Sekundarschule.

Von *E. Knup*, Dozwil.

Allgemeine Bedeutung der chemischen Formel.

„Wasser“ oder „ H_2O “? Für einen Stoff zwei grundverschiedene Ausdrücke, deren Bedeutung so verschieden ist wie ihre Schreibweise. Während das Wort in sich die physikalischen Eigenschaften des Wassers verkörpert, ist die Formel der Ausdruck für die Chemie des Wassers. In der Chemie ist die Formel unvergleichlich viel reichhaltiger als das Wort. H_2O bedeutet:

1. Das Wasser ist eine chemische Verbindung zwischen den Elementen Wasserstoff und Sauerstoff.

2. 2 Atome Wasserstoff sind mit 1 Atom Sauerstoff zu einem Molekül Wasser verbunden.

3. Auf Grund der Atomgewichte, $H=1$, $O=16$, errechnet sich das Gewichtsverhältnis der beiden Bestandteile:

Wasserstoff	2 mal	1 gr	=	2 gr
Sauerstoff	1 mal	16 gr	=	16 gr
Wasser				18 gr

d. h. 18 gr Wasser enthalten 2 gr Wasserstoff und 16 gr Sauerstoff.

Die Formel ist der Ausdruck für wichtige chemische Erkenntnisse. Noch mehr, sie wird zum unentbehrlichen Werkzeug des Chemikers, wenn es sich darum handelt, chemische Vorgänge zu studieren und chemisches Geschehen möglichst klar und anschaulich darzustellen:

Wasser + Kalzium = gelöschter Kalk + Wasserstoff
oder



Mit Worten beschreiben wir die sichtbaren Tatsachen, und das ist noch keine Chemie. Die Formel dringt tiefer, indem sie Antwort gibt auf die Frage Wie? Sie gestattet überdies die Berechnung der Gewichte von Ausgangs- und Endprodukten der Reaktion, was für den Forscher wie für den Techniker von weittragender Bedeutung ist.

Die Formel in der Sekundarschule.

Ohne Formel ist die heutige Chemie nicht mehr denkbar. Wie stehen die Verhältnisse in der Sekundarschule? Die Stellung zur Formel ergibt sich aus Zweck und Ziel unseres Unterrichts. Beschränken wir uns auf das bloße Registrieren und Beschreiben von Tatsachen, dann brauchen wir sie nicht. Stecken wir die Ziele höher, suchen wir das chemische Geschehen dem Schüler verständlich zu machen, dann wird die Formel wünschbar als Ausdruck der gewonnenen Erkenntnisse und als Mittel zur Veranschaulichung chemischer Vorgänge.

Als Ausdruck gewonnener Erkenntnisse. Ich meine damit die Erkenntnisse, die die Schüler gewinnen und nicht diejenigen, die die wissenschaftliche Forschung in langjähriger Arbeit erworben hat. Also: Erst Erkenntnisse erwerben und dann den Ausdruck hierfür prägen, erst etwas wissen und dann reden!

Nun sind aber die Erkenntnisse der Schüler sehr bescheiden, gemessen am Stande der chemischen Wissenschaft. Es wird wohl kein Kollege behaupten wollen, daß sein Chemieunterricht zu all den Erkenntnissen führt, die in der Formel festgelegt sind. Diese Tatsache mag manchen Lehrer, der die Chemie ernsthaft betreibt, dazu bewegen, die Formel als zu gelehrt, zu hoch, abzulehnen.

Grundsätzliche Forderungen. Die chemische Formel ist nur dann ein klares Ausdrucksmittel und kann nur dann als solches den Chemieunterricht fördern, wenn sie die durch eigene Arbeit erworbenen Kenntnisse, und nur diese, in sich schließt. Sie darf nicht in ihrer fertigen Form aus dem Laboratorium des Chemikers in die Schulstube verpflanzt werden, sie muß aus dem eigenen Unterricht herauswachsen, sich entwickeln mit dem Unterricht, gleichsam als Spiegelbild des

Unterrichts. Angesichts der engen Grenzen, die dem Chemieunterricht der Sekundarschule gesetzt sind, läßt sich nicht erwarten, daß sich unsere Formelsprache zu ihrer vollen qualitativen und quantitativen Bedeutung entfalte.

Nach dieser grundsätzlichen Stellungnahme zur Praxis! Fragen wir uns: Wie gewinnen wir die chemischen Erkenntnisse, die wir in den Formeln festhalten und festigen wollen? — Meine diesbezüglichen Ausführungen erheben keineswegs den Anspruch auf Alleingültigkeit; zur Formel, die das Produkt des Unterrichts sein soll, führen naturgemäß so viele Wege, als es Lehrpläne, als es Lehrer gibt.

Element, Atom, Symbol.

Der Chemiker schreibt an Stelle des Wortes Kohlenstoff das Symbol C, für Wasserstoff H u. s. w. Der Schüler gewöhnt sich leicht an diese Zeichen, zu deren Herleitung keineswegs die Zuflucht zu den lateinischen und griechischen Elementnamen notwendig ist. Die meisten Symbole lassen sich zwanglos aus dem Deutschen oder Französischen gewinnen. Für uns kommen nur die Symbole der im Unterricht am häufigsten vorkommenden Elemente in Frage: O, H, N, Fe, Cu, Zn, Pb, Ca, S, Cl, P. Nicht etwa, daß der Schüler die Tabelle zum Auswendiglernen bekommt, heute ein halbes Dutzend und morgen den Rest. Die Symbole ergeben sich bei der Besprechung der betreffenden Elemente und prägen sich mühelos ein, indem sie als stenographische Abkürzungen willkommene Verwendung finden.

Darin liegt aber nicht ihre Hauptbedeutung; in diesem Sinn ist das Symbol nicht erdacht worden.

Dalton (1766—1844), der Vater der Atomhypothese, schuf die Symbole als Bilder der Atome, und da er sich diese kugelförmig dachte, so wählte er für ihre bildliche Bezeichnung kleine Kreise, die er durch Punkte und Striche auseinanderhielt:

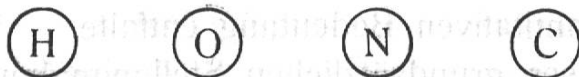
○ Wasserstoffatom

⊕ Stickstoffatom

⊙ Sauerstoffatom

● Kohlenstoffatom

Als die Zahl der Atome sich mehrte, kam man darauf, die Anfangsbuchstaben der Elemente, unsere heutigen Symbole, in die Kreise zu setzen:



Die nächste Vereinfachung, Weglassung der Kreise, führte zu der heutigen Form der Symbole.

Ohne Atombegriff ist ein Eindringen in das Wesen des chemischen Vorganges nicht denkbar. Wenn wir in der Schule zum Atom greifen, so folgen wir demselben dringenden Bedürfnis wie Dalton, dem Bedürfnis, den abstrakten chemischen Vorgang dem geistigen Auge sichtbar zu machen. Dies ist nur möglich, wenn wir uns ein anschauliches Bild machen von dem atomistischen Bau der Materie, wenn wir die Atome sich vereinigen und sich trennen sehen. Nur durch grobsinnliche, mechanische Vergleiche lernen wir chemisches Geschehen erfassen. Ob das Bild, das sich ein Sekundarschüler von Größe und Gestalt des Atoms machen kann, richtig ist oder nicht, das ist Nebensache. Dalton hat sich die Atome als massive Kugeln vorgestellt, und doch hat seine Hypothese das Verständnis für den chemischen Vorgang ungemein gefördert und für die Entwicklung der gesamten Chemie unendlich fruchtbar gewirkt.

Der Begriff des kleinsten Teilchens ergibt sich aus der Untersuchung der Stoffe, der Elemente, Verbindungen und Mischungen als zwingende Notwendigkeit, und ich begreife wahrhaftig nicht, wie man sich vielerorts ängstlich hütet, das Teilchen bei seinem legitimen Namen zu nennen. Die Einführung des Atombegriffes in die Sekundarschule riecht noch nicht nach Übergelehrsamkeit oder Bücherweisheit, bedeutet noch keine Atomtheorie.

Die Atome sind die Bausteine der Elemente. Die Chemie lehrt allerdings, daß freie Atome nur ausnahmsweise in den Elementen existieren, sie lehrt, daß im Element gleichartige Atome zu Molekülen verbunden sind. Die Notwendigkeit dieser Annahme ergab sich für Avogadro aus der Synthese der Gase. Da die Sekundarschulchemie sich kaum mit diesen Untersuchungen befaßt, so fehlt uns jegliche Veranlassung, 2-atomige Gasmoleküle anzunehmen. Das Atom kann für die

Sekundarschule ohne Vorbehalt als Baustein des Elementes gelten.

Atom und Symbol, Erkenntnis und Ausdruck! Hat der Schüler die Existenz von Eisenatomen, von Schwefelatomen u. s. w. als Notwendigkeit anerkannt, so findet er in den Symbolen wertvolle Bezeichnungen hierfür. Ich halte es für überaus zweckmäßig, zuerst die bildhaften Symbole Daltons zu verwenden, damit der Schüler mit dem Symbol stets die lebendige Vorstellung der Atome verknüpfe. Erst, wenn sich diese Vorstellung fest verankert hat, verlassen wir diese Atom-bilder zugunsten der weniger schwerfälligen Symbole.

Das Symbol, welches nicht das Atom verbildlicht, kommt mir vor wie ein tönendes Faß ohne Inhalt. Wo man dem Atom-begriff für die Sekundarschule das Recht abspricht, da wird das Symbol, und mit ihm die Formel, zum bloßen steno-graphischen Zeichen, das zur Förderung des Chemieunterrichts nichts beiträgt.

Atomgewichte. Das Symbol hat noch eine weitere Bedeutung, es bezeichnet das Verbindungs- oder Atomgewicht:

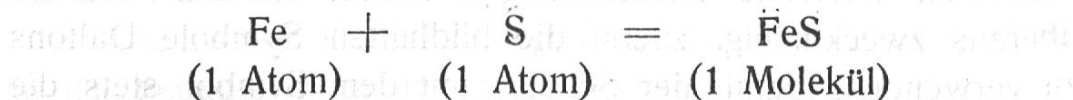
H	bedeutet	1	gr	Wasserstoff
O	„	16	gr	Sauerstoff
C	„	12	gr	Kohlenstoff.

Wie stellt sich die Sekundarschule dazu? Ist sie in der Lage, die notwendigen quantitativen Untersuchungen und rechnerischen Überlegungen durchzuführen, die bestimmte Schlüsse auf die Atomgewichte ermöglichen? Nein. Eine Tabelle der Atomgewichte in einem Lehrbuch der Sekundarschule ist bedeutungslos, für den Schüler überflüssig und unverständlich. Ich kann mir nicht erklären, wie sie sich da hinein verirrt hat.

Verbindung, Molekül, Formel.

Wenn das Atom das kleinste Teilchen des Elementes ist, so kann das kleinste Teilchen der Verbindung nicht auch das Atom sein, sondern nur eine Gruppe oder ein Haufen von Atomen der die Verbindung bildenden Elemente. Diese Atom-gruppe bildet ein physikalisch untrennbares Gebilde, das wir als *Molekül* oder *Molekel* bezeichnen.

Molekül und Formel. Eisen und Schwefel vereinigen sich zu Schwefeleisen. Wie erklärt sich der chemische Vorgang im Lichte der atomistischen Auffassung der Materie? Ein Atom Eisen vereinigt sich mit einem Atom Schwefel zu einem Molekül Schwefeleisen:



Die Formel FeS ist nicht nur die abgekürzte Schreibweise für das Wort Schwefeleisen, sie ist das *Bild des Moleküls* FeS. Welches Bild wird sich ein Schüler von dem Molekül machen? Zwei verschiedenartige Atome (Kugeln) haben sich zu einem Doppelgebilde (Doppelkugel) vereinigt. Das Gewicht des Moleküls ist notwendigerweise gleich der Summe der Gewichte der einzelnen Atome (Gesetz von der Erhaltung der Masse.) Eisen und Schwefel vereinigen sich nicht in beliebigen Mengen, das Verbindungsgewicht ist konstant, derart, daß sich stets 4 Gewichtsteile Schwefel mit 7 Gewichtsteilen Eisen zu 11 Gewichtsteilen Schwefeleisen vereinigen (Gesetz der konstanten Proportionen von Dalton.) Dies ist nur möglich, wenn alle Atome Fe, ebenso alle Atome S unter sich gleich schwer sind und das Gewicht des Eisenatoms sich zu dem Gewicht des Schwefelatoms verhält wie 7 : 4.

Dem Bilde, das sich der Schüler von den Atomen und ihrer Vereinigung zu Molekülen macht, haftet ein gutes Stück Willkür an. Was tut's? Sind die Bilder, die der Gelehrte sich von diesen Dingen macht, willkürfrei? Ohne Vergleich mit sinnlich wahrnehmbaren Dingen ist chemisches Geschehen nicht faßbar, für den Chemiker nicht, und für den Schüler noch viel weniger.

Die chemische Formel ist der klare Ausdruck für das Molekül. Die Formelgleichung veranschaulicht das chemische Geschehen in einer der menschlichen Vorstellungskraft zugänglichen Weise. Sie umfaßt wichtige Naturgesetze: Konstanz der Materie, Konstanz des Verbindungsgewichtes.

Widersprüche. Die Versuche über Oxydation führen zu den Oxyden und deren Formeln:



Halt! Diese Formel ist falsch, sie sollte lauten: SO₂

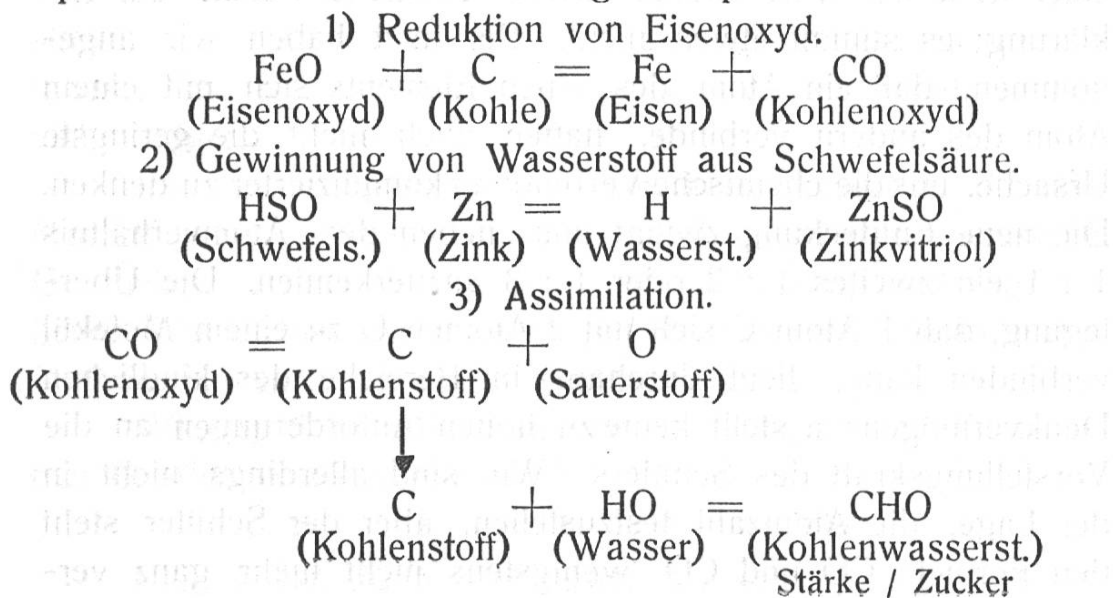
Zugegeben: Besteht für den Sekundarschüler irgendwelche Veranlassung, SO_2 zu schreiben? SO_2 , die Formel, die eine höhere, ihm fernliegende Erkenntnis verkörpert. Die Formel SO verdient den Vorzug, weil sie sich unmittelbar aus dem Unterricht ergibt, während die Formel SO_2 höchstens gelehrt werden kann, weil sie so im Buch steht. Formeln so zu lehren und gar noch auswendig lernen zu lassen, ist eine unserer Schulstufe unwürdige Tätigkeit. Chemieunterricht bedeutet nicht Formellehre, und das Endziel der Chemie liegt nicht im Wissen von Formeln. Ob unsere Formel im Widerspruch steht zu der durch die quantitative Analyse festgestellten, ist Nebensache. Unsere Schüler steigen damit nicht ins Doktorexamen und dem Kandidaten, der Anschluß sucht an Seminar oder Kantonschule, nützt die angelernte, unverstandene Formel ebensowenig wie dem zukünftigen Schlosser- oder Bureaulehrling. Die Formel SO entspricht nicht nur dem Niveau unserer Schule, sie genügt auch vollkommen den Bedürfnissen unseres Unterrichts. Es sei der Sekundarschule gestattet, ihre Formelsprache ihren Erkenntnissen und ihren Bedürfnissen anzupassen!

Der Weg zur Wahrheit führt durch viele Irrtümer. Neue Tatsachen stellen sich in Widerspruch mit alten Hypothesen und Theorien, das liegt im Wesen der Naturforschung. Auch der Sekundarschulchemie bleiben die Widersprüche nicht erspart. Wir begegnen zwei Kohlenoxyden, einer O-reichen und einer O-armen Verbindung. Diese Tatsache bedarf der Erklärung; es stimmt etwas nicht. Bis jetzt haben wir angenommen, daß ein Atom des einen Elements sich mit einem Atom des andern verbinde, hatten auch nicht die geringste Ursache, uns die chemische Verbindung komplizierter zu denken. Die neue Entdeckung zwingt uns, neben dem Atomverhältnis 1 : 1 ein zweites 1 : 2 oder 1 : 3 anzuerkennen. Die Überlegung, daß 1 Atom C sich mit 2 Atomen O zu einem Molekül verbinden kann, liegt durchaus im Bereiche des kindlichen Denkvermögens u. stellt keine zu hohen Anforderungen an die Vorstellungskraft des Schülers. Wir sind allerdings nicht in der Lage, die Atomzahl festzustellen, aber der Schüler steht den Formeln CO und CO_2 wenigstens nicht mehr ganz verständnislos gegenüber.

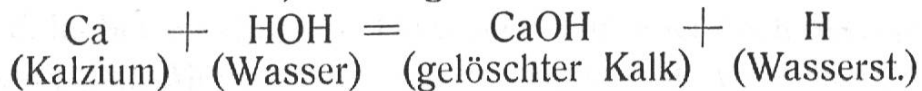
Ebenso lernen wir vielleicht zwei Eisenoxyde kennen. Das Urteil des Fachmannes, wonach der einen Verbindung die Formel Fe_2O_3 , der andern die Formel Fe_3O_4 zukommt, findet beim Schüler verständige Aufnahme.

Formeln, die nicht die Erkenntnisse des Schülers verkörpern, auswendig lernen zu lassen, wäre allerdings unsinnig; denn der Schüler vermag die quantitative Richtigkeit nicht zu beurteilen; die Formeln für die Eisenoxyde könnten ebenso gut FeO_2 und Fe_3O_5 heißen. Solche Formeln kann man nur in vollem Umfange verstehen, wenn man sich auf die Wertigkeit der Elemente stützen kann, auf Grundlagen, die dem Schüler fehlen. Woher sollte er wissen, wieso der Sauerstoff 2-, der Schwefel 4-wertig ist? Um zu den Valenzen zu gelangen, sind ausgedehnte quantitative Untersuchungen nötig, denen unsere Stufe nicht gewachsen ist. Die Schüler könnten die Valenzen höchstens verständnislos auswendig lernen. Wo tatsächlich in der Sekundarschule die Wertigkeit als Hilfsmittel zur Erlernung von Formeln verwendet wird, da stützt sich der Formelbau auf Pfeiler, die in grundlosem Sumpf verankert sind.

Die quantitative Formel kann in der Sekundarschule nur eine untergeordnete Rolle spielen. Wenn wir sie gelegentlich herbeiziehen, so geschieht es, um Widersprüche zu lösen und nur da, wo tatsächlich Widersprüche sich einstellen. Für unsere qualitativen Untersuchungen genügt in den meisten Fällen die qualitative Formel. Die qualitative Formel bilde die Regel, die quantitative die Ausnahme. Einige Beispiele:



4) Bildung einer Base.



(Das Studium der Laugen und Salze führt dazu, das Wasser aufzufassen als Verbindung zwischen dem Element H und der Hydroxylgruppe OH.)

Die vereinfachten chemischen Formeln genügen, die einfachsten chemischen Vorgänge wenigstens qualitativ auf eine dem kindlichen Verstande zusagende Weise zu erklären und zum Ausdruck zu bringen.

Etwas gestattet die qualitative Formel allerdings nicht, das sind die stöchiometrischen Berechnungen. Aber diese gehören meines Erachtens gar nicht in die Sekundarschule. Wozu sollen wir ausrechnen, wieviel Gramm Wasserstoff in einem Kilogramm Schwefelsäure enthalten sind, wenn wir praktisch doch nicht in der Lage sind, die Rechnung auch nur einigermaßen durch die quantitative Analyse zu belegen?

Ich möchte nicht unterlassen, auf eine Gefahr hinzuweisen, die das Operieren mit nicht voll und ganz verstandenen quantitativen Formeln in sich schließt: Die Spielerei mit Buchstaben und Ziffern bei der Aufstellung von komplizierten Gleichungen, die Gefahr der Kreidechemie, die die Hefte füllt und die Schüler von Mittel- und Hochschule mit leeren Köpfen nach Hause gehen läßt.

Mögen wir uns zu der chemischen Formel stellen wie wir wollen, bedenken wir immer, daß sie nicht das Endziel des Unterrichts, nicht Selbstzweck ist. Das höchste Ziel das wir stets im Auge behalten, sei: Gewinnung von Erkenntnissen auf Grund eigener Untersuchungen und Überlegungen.