

# Wertigkeit

## (Lehrerinformation, Seite 1 von 2, Stand 30.09.2019)

Abgestufte Lernhilfen nach einem Vorschlag von T. Freiman; überarbeitet von W. Habelitz-Tkotz, W. Wagner

### Lehrziele

Die Schüler erschließen aus (nicht selbst ermitteltem) Datenmaterial selbständig Regeln zur Vorhersage der Verhältnisformel einer Verbindung und lernen dabei die Bedeutung der Wertigkeit für die Fortentwicklung der Chemie in der damaligen Zeit und die Grenzen des Wertigkeitskonzeptes kennen. Dabei wird ihnen ein Eindruck vermittelt, wie naturwissenschaftliches Arbeiten funktioniert.

### Vorkenntnisse

Satz von der Erhaltung der Masse, Daltonsches Atommodell, Gesetz der konstanten Proportionen, Verhältnisformel

### Vorbereitung

Arbeitsblätter im Klassensatz kopieren. 1-4 Sätze Hilfekärtchen (laminiert) fertigen.

### Einsatz im Unterricht

Sozialform: Partner- oder Gruppenarbeit (2-4 Schüler).

Die Abgestufte Lernhilfe zeigt auf, dass die Einführung des Wertigkeits-Konzeptes im Anfangsunterricht auch „gewinnbringend“ sein kann. Denn das eigenständige Entdecken des Wertigkeits-Konzeptes ermöglicht es Schülerinnen und Schülern bereits im Anfangsunterricht einen Eindruck zu vermitteln, wie „Wissenschaft funktioniert“. Dabei folgt das Konzept der Wertigkeit dem in der Geschichte vermutlich beschrittenen Weg, bei dem, nachdem die Verhältnisformel zahlreicher Verbindungen aus Experimenten bekannt waren, nach Regeln gesucht wurde, mit denen es möglich ist, die Verhältnisformeln weiterer Verbindungen zu prognostizieren.

### Material

Diese Material besteht aus der

- Lehrerinformation (2 Seiten)
- Arbeitsauftrag für Schüler (1 Arbeitsblatt)
- 4 Hilfekärtchen (1 Blatt)
- Lösungsbogen (1 Blatt).

### Durchführung

Die Schüler erhalten jeder ein Arbeitsblatt mit der Aufgabenstellung. Sie diskutieren ihr Vorgehen und suchen nach der Regel. Wenn sie das Gefühl haben, nicht weiter zu kommen, holen sie sich vom Hilfestapel am Lehrerpult erst die Hilfe 1, bei weiterem Bedarf Hilfe 2 usw. Wenn alle Gruppen die Regel gefunden haben, fasst eine Gruppe sie mit eigenen Worten zusammen. Die Gruppen werden in der Liste der richtig zu stellenden Verbindungen unterschiedlich weit kommen.

### Dauer

15-30 Minuten, je nach Zahl der geforderten Lösungen.

# Wertigkeit

(Lehrerinformation, Seite 2 von 2)

## Besondere Hinweise

Das Konzept der stöchiometrischen Wertigkeit erklärt den Zusammenhang zwischen Atomart, Zusammensetzung einer möglichen Verbindung und Formel der Verbindung nur unzureichend und wurde deshalb konsequenterweise durch die Edelgasregel und den damit präziseren Aussagen zur Ionenwertigkeit und Bindigkeit abgelöst. Dennoch erweist sich der Begriff der Wertigkeit in Lehrplänen als außerordentlich zählebig [1]. Gründe dafür wurden schon vor mehr als 20 Jahren diskutiert.

Der Mangel an Anschaulichkeit und mögliche Schwierigkeiten bei der Berechnung der Verhältnisformel aus analytischen Daten mögen Lehrplanautoren bewogen haben, die „Wertigkeit“ als Methode für das „Ableiten“ von Formeln im Lehrplan festzuschreiben, auch wenn normalerweise keine Begründungen für ihr Zustandekommen gegeben werden und sie im weiteren Unterricht letztlich in fünf weitere voneinander unabhängige Wertigkeitsaussagen (Ladungszahl, Oxidationszahl, Bindigkeit, Koordinationszahl, formale Ladung) differenziert werden kann.

Dieses Verfahren ist ebenso einfach wie bedenklich. „Die Methode zum Ableiten von Formeln beruht auf der Regel, dass in Verbindungen die Wertigkeiten der Elemente ausgeglichen sein müssen“. Es läuft auf das Errechnen des kleinsten gemeinsamen Vielfachen zweier Zahlen hinaus [2].

Mehrere Umstände erweisen sich bei dieser Art des Aufstellens chemischer Formeln scheinbar als gewinnbringend:

- Das Ermitteln des kleinsten gemeinsamen Vielfachen dürfte aus dem vorangegangenen Mathematikunterricht bekannt sein.
- Der Schwierigkeitsgrad ist vermindert, weil es sich durchweg um kleine ganze Zahlen handelt.
- Das Ergebnis ist auf arithmetischem Wege zu erzielen, kann aber auch anschaulich auf graphischem Wege gewonnen werden.
- Die zunächst ausführlich angelegte Schrittfolge des Lösungsweges lässt sich im Laufe des fortschreitenden Lernprozesses abgestuft verkürzen und letztlich in eine einprägsam kurze Form bringen.

Den methodischen Vorteilen steht entgegen:

- In dem hier angewendeten wird ein undifferenzierter Wertigkeitsbegriff fortgeschrieben.
- „Wertigkeit“ wird gleichsam als Eigenschaft den Elementen zugeordnet. Auf welche Weise diese „unsichtbare Eigenschaft“ festgestellt werden kann, ist nicht ersichtlich.
- Es wird der Eindruck erweckt, jedem Element sei eine bestimmte Zahl als Wertigkeit zugeordnet.
- Eine Begründung für das Zustandekommen der Wertigkeit wird im normalen Unterrichtsgang nicht gegeben.

Durch dieses Vorgehen lassen sich zwar die Verhältnisformeln einiger binärer Verbindungen aufstellen, zugleich werden falsche Vorstellungen geweckt, die nicht für weiterführende Überlegungen geeignet sind. Ein bloßer Formalismus verstellt den Weg zu einem Verständnis wirklicher Zusammenhänge. [3] Aus diesen Gründen verzichten viele Lehrkräfte ganz auf die Einführung und Verwendung der Wertigkeit. [4]

## Literatur:

[1] Freiman, T. : Die Wertigkeit – Plädoyer für ein fast vergessenes Konzept, NiU Chemie, Heft 76/77, 2003, 52f.

[2] [http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/v\\_chemie/3\\_gleichungen.htm](http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/v_chemie/3_gleichungen.htm) 30.06.2011.

[3] Hammer, H.O.: Mannigfaltigkeit der Formeltypen in der Chemie, NiU Chemie Heft 2, 1982, 79f.

[4] Pfeifer P., Lutz B., Bader H.J. (Hrsg.): Konkrete Fachdidaktik Chemie, 3. Auflage, Oldenbourg, München 2002, S. 137.

# Nachdenkliches zur Wertigkeit

(Arbeitsblatt)

Der Chemiker Dr. Faulenzer hatte in seinem Labor durch Elementaranalyse schon eine ganze Reihe von Verbindungen analysiert und deren Verhältnisformeln aus den ermittelten Massenverhältnissen berechnet. Sein Chef Prof. Ganzgenau hat ihn allerdings beauftragt, noch weitere Verhältnisformeln zu ermitteln. Aber Dr. Faulenzer hat die Nase voll vom genauen Experimentieren und sucht nach einem Weg - einer Regel - wie er ohne langwierige Experimente die Formeln der übrigen Verbindungen herausfinden kann.

Kannst du ihm dabei helfen? Erläutere deine Regel deinen Mitschülern!

Folgende Verhältnisformeln hat Dr. Faulenzer schon ermittelt:

HCl	NaH	LiH	H <sub>2</sub> O	CaH <sub>2</sub>
MgH <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	AlH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	SiH <sub>4</sub>

Diese Formeln muss Dr. Faulenzer noch herausfinden:

Na <sub>x</sub> Cl <sub>y</sub>	Li <sub>x</sub> Cl <sub>y</sub>	Ca <sub>x</sub> Cl <sub>y</sub>	Mg <sub>x</sub> Cl <sub>y</sub>	Al <sub>x</sub> Cl <sub>y</sub>
Ca <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	Mg <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	Al <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	Cl <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	Si <sub>x</sub> O <sub>y</sub>
Ca <sub>x</sub> N <sub>y</sub>	Si <sub>x</sub> N <sub>y</sub>	Al <sub>x</sub> N <sub>y</sub>	N <sub>x</sub> Cl <sub>y</sub>	N <sub>x</sub> O <sub>y</sub>

Deine Vorschläge an Dr. Faulenzer:

Na Cl	Li Cl	Ca Cl	Mg Cl	Al Cl
Ca O	Mg O	Al O	Cl O	Si O
Ca N	Si N	Al N	N Cl	N O

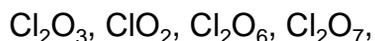
Falls du keine Idee hast, wie Dr. Faulenzer die fehlenden Formeln – ohne zu experimentieren - ermitteln könnte, kannst du dir abgestuft Hilfen (Hilfekärtchen 1-4) vom Lehrertisch holen.

Zum Schluß kannst du deine Lösungsvorschläge mit dem Lösungsbogen von Dr. Faulenzer vergleichen (auch auf dem Lehrertisch).

## Überlege noch Folgendes:

Prof. Ganzgenau ist überrascht von der Geschwindigkeit, in der Dr. Faulenzer seine Ergebnisse präsentiert und ist recht zufrieden.

Allerdings findet er bei der Überprüfung einige Abweichungen. So findet er Verbindungen aus Chlor- und Sauerstoffatomen mit den folgenden Verhältnisformeln:



aber auch Verbindungen aus Stickstoff- und Sauerstoffatomen im folgenden Teilchenanzahlverhältnis:



Was lässt sich daraus schließen?

# Hilfen

## Hilfe 1:

Dr. Faulenzer betrachtete die schon ermittelten Formeln eine ganze Weile und dann folgerte er, dass die Verhältnisformel für Natriumchlorid  $\text{NaCl}$  und die für Calciumchlorid  $\text{CaCl}_2$  lauten müsste. Die experimentelle Überprüfung bestätigte sein Ergebnis. Wie kam Dr. Faulenzer zu seiner Vermutung?

Schaue die beiden Formeln und damit verwandte schon bekannte Verhältnisformeln einmal genauer an. Fällt dir etwas auf? Wenn nicht, vielleicht hilft dir Hilfe 2 weiter.

## Hilfe 2:

Vergleiche die Zahl der Wasserstoffatome, die die Atome einer Atomart in bekannten Verbindungen binden, und überlege dir, welche Folgerung du daraus für das Zahlenverhältnis der Atomarten in der dir vorliegenden unbekanntem Formel ziehen könntest.

Wenn das nicht hilft, probiere Hilfe 3.

## Hilfe 3:

Schreibe über die Atomarten in den bisher von dir bearbeiteten Formeln das Symbol für die Atomart Wasserstoff so oft, wie diese Atomart in den Vergleichsformeln Wasserstoffatome binden!

H   H   HH   HH

z. B. so   Na   Cl   Ca   O

Wenn das nicht hilft, probiere Hilfe 4.

## Hilfe 4:

Schreibe über die Atomarten in den bisher von dir bearbeiteten Formeln die Zahl der Wasserstoffatome, die diese Atomarten in den Vergleichsformeln binden!

3   2   4   1

z. B. so   Al   O   C   Cl

Wenn das nicht hilft, warte die Vorstellung der anderen Gruppen ab oder schaue auf dem Lösungsbogen nach.

# Lösungsbogen

So sahen Dr. Faulenzers Lösungsformeln aus – stimmen sie mit deinen überein?

NaCl	LiCl	CaCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>
CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>
Ca <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	AlN	NCl <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>