

Didaktische Vereinfachungen

Wenn Sie eine gute Lehrperson werden möchten, müssen Sie verständlich erklären können. Dazu müssen Sie sich mit der zentralen Frage der didaktischen Vereinfachung auseinandersetzen:

Wie stark kann eine Erklärung vereinfacht werden, damit sie noch nicht falsch ist?

Wie stark Sie vereinfachen müssen, hängt von der Unterrichtssituation ab. Alter und Interesse der Schüler, ihre mathematischen und physikalischen Fähigkeiten und die Zeit, die für ein Thema zur Verfügung steht, sind wichtige, aber sicher nicht die einzigen Faktoren, die bestimmen, wie differenziert der Unterricht sein darf. Deshalb wird es keine allgemeine Antwort geben. Vielmehr müssen Sie sich bewusst für vertretbare Vereinfachungen entscheiden. Dafür brauchen Sie fundierte fachliche Kenntnisse, hitzige Diskussionen mit anderen Lehrpersonen und manchmal eine Portion Mut, wenn Sie etwas weglassen, was andere als zwingend notwendig erachten.

Vieles zu diesem Thema ist einem Aufsatz von F. Jürgensen entnommen. Zitate sind in Anführungszeichen gesetzt. Abschnitte, die sich stark an dieser Publikation orientieren, sind mit einem Hinweis versehen. *Eberhard Rossa (Hrsg.), Chemie-Didaktik, Cornelsen, Berlin, S. 92f (2005)*

Methoden der didaktischen Vereinfachung

nach F. Jürgensen

Ziel: Der Unterricht soll verständlich und einprägsam sein. Wie können Sie dieses Ziel erreichen?

- Ausnahmen weglassen (z. B. untypische Wertigkeiten der Elemente)
- Komplikationen weglassen (z. B. Moleküle mit Atomen, welche die Oktettregel verletzen)
Empfehlung: Komplikationen und Ausnahmen erst thematisieren, wenn sich das Konzept aus Schülersicht bewährt hat und selbstverständlich geworden ist
- vom Einfachen zum Komplizierten (z. B. zuerst die Hauptgruppen des PSE)
- an Vorwissen anknüpfen
- prägnant formulieren
- unnötige Fachworte weglassen
- Texte und Formeln mit Skizzen ergänzen
Beispiel: Die Verbrennung von Wasserstoff mit Reaktionsgleichung und Skizze der Vorgänge in der Flamme beschreiben.
- Metaphern einsetzen
Wichtig ist es, Analogien, Gleichnisse und Wortmalereien als solche zu thematisieren. Es ist kein Problem zu sagen: «Die Atome streben Edelgaskonfiguration an», wenn verdeutlicht wird, dass das Streben so wenig Willensausdruck ist wie das Streben eines Steines Richtung Erdmittelpunkt.
- Quantitatives durch Qualitatives ersetzen
- wenn nötig Rezepte formulieren
Rezepte sollten nie ohne Begründung angegeben werden sollten. Schülerinnen und Schüler, die ein Konzept durchschaut haben, brauchen keine Rezepte. Schwache Schülerinnen und Schüler sind dagegen froh um eine Vorschrift.

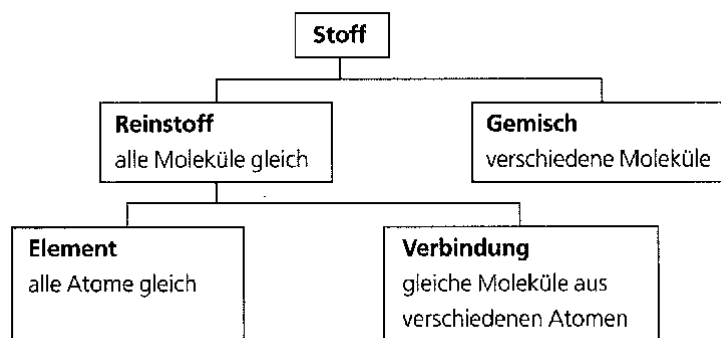
Vereinfachung hat kein Rezept

«Genauso wenig wie es eine formale Vorschrift zur Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse gibt (...), existiert auch kein Rezept für die didaktische Reduktion. Man kann (...) gewisse Regeln und logische Merkmale von wissenschaftlichen Theorien auffinden, aber sie sind kein Rezept für Wissenschaft. (Aus dem Science Citation Index lernt man: 1. Wissenschaftstheoretiker produzieren keine naturwissenschaftlichen Erkenntnisse. 2. Naturwissenschaftler zitieren keine Wissenschaftstheoretiker, weil sie deren Texte für ihre Arbeit nicht benötigen.). Es ist wie mit der formalen Logik, die zwar notwendig, aber nicht hinreichend für eine interessante Theorie ist. Mit der Darstellung oder der geschickten Vermittlung von Wissen ist es ganz ähnlich. Sie folgt aus keiner allgemein bekannten Methodik, sondern muss für jedes Problem massgeschneidert werden.» – (F. Jürgensen, 2005)

Beispiele didaktischer Vereinfachungen

Die folgenden Beispiele aus dem Artikel von F. Jürgensen sollen zeigen, dass die didaktische Vereinfachung anspruchsvoll und spannend ist.

1. Beispiel: Gemische und Reinstoffe



Das oben dargestellte Schema ist problematisch. Benennen Sie die fachlichen Ungereimtheiten und schlagen Sie ein korrektes, aber einfaches Schema vor.

2. Beispiel: Magnesium reagiert mit Sauerstoff

Ausgangslage: Nach wenigen Monaten Unterricht kennen die Schülerinnen das Periodensystem. Die Lehrperson erklärt die Bildung von Salzen: «Magnesium steht in der 2. Hauptgruppe. Es will seine zwei AussenElektronen am liebsten loswerden, dann hat es die Edelgaskonfiguration von Neon. Sauerstoff in der 6. Gruppe fehlen noch zwei Elektronen zur Edelgaskonfiguration. Es möchte also zwei Elektronen aufnehmen, um glücklich zu sein.»



Fragen

1. Worin liegt die didaktische Vereinfachung?
2. Ist diese didaktische Vereinfachung vertretbar?
3. Wie würden Sie die Formel von Magnesiumoxid erklären?

Hinweise:

Magnesium

- | | |
|------------------------|--------------|
| 1. Ionisierungsenergie | 744 kJ/mol |
| 2. Ionisierungsenergie | 1'457 kJ/mol |

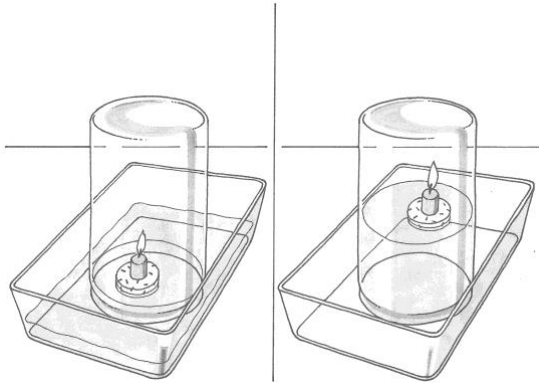
Sauerstoff

- | | |
|------------------------|--------------|
| 1. Elektronenaffinität | - 141 kJ/mol |
| 2. Elektronenaffinität | + 845 kJ/mol |

Gitterenergie von MgO	3'890 kJ/mol
-----------------------	--------------

3. Beispiel: Der Sauerstoffgehalt von Luft

Abgebildet ist ein Experiment aus einer Unterrichtseinheit zum Thema Luft:



Fülle die Schale ca. 2-3 Zentimeter hoch mit Wasser. Montiere die Kerze auf der Korkscheibe und setze beides aufs Wasser. Kerze anzünden und Glaszylinder darüber stülpen.

Warum steigt der Wasserstand im Glas?

Wieviel Volumenanteil der Luft ist Sauerstoff?

Beobachtung: Die Kerze erlischt und der Wasserspiegel steigt.

Interpretation: Das Wasser ersetzt den Sauerstoff, der bei der Verbrennung verbraucht wird und zeigt den Sauerstoffgehalt der Luft.



Fragen

1. *Weshalb ist diese Interpretation falsch?*
2. *Wie kommt der Effekt zustande?*
3. *Wie kann der Sauerstoffgehalt von Luft im Unterricht korrekt bestimmt werden?*

4. Beispiel Volumenkontraktion

Werden 50 ml Ethanol und 50 ml Wasser vermischt, beträgt das Gesamtvolumen 97 ml.

F. Jürgensen kritisiert:

«Die Vereinfachung liegt im zur Erklärung des Phänomens angegebenen Modellversuch. Hier sollen Wasser und Alkohol als durch Senfkörner und Erbsen repräsentierbare Teilchen gedeutet werden. Das Modellsystem verhält sich scheinbar analog dem Originalsystem; folglich sind Wasser und Alkohol aus Teilchen aufgebaut, die verschiedene Grössen besitzen. Dass diese Vereinfachung nicht stimmen kann, zeigt der analoge Versuch mit Alkohol und Benzin (oder Tetrachlormethan). Mischt man jeweils 50 ml Alkohol und Benzin, ergibt das Gemisch mehr als 100 ml. Die Mischungseffekte (Exzessvolumina) lassen sich nicht auf die Packungsdichten der Moleküle reduzieren. Entscheidend sind die Unterschiede in den zwischenmolekularen Wechselwirkungen A-A, B-B und A-B der Komponenten A und B.»

Überprüft man diese Aussage, stellt man fest, dass ein Gemisch aus 50 ml Benzin und 50 ml Alkohol zu einem Gesamtvolumen von 98 ml führt. Auch mit Aceton und Benzin ist eine Volumenkontraktion zu beobachten. Die oben genannte Kritik ist experimentell also nicht nachvollziehbar und die didaktische Vereinfachung daher zulässig.

Definition der didaktischen Vereinfachung

«Der Begriff (z. B. Fenster) erfasst die Gemeinsamkeit unterschiedlicher Objekte, indem er von allen unwesentlichen Eigenschaften (Grösse, Farbe etc.) abstrahiert und somit von den konkreten Ausformungen absieht. Insofern ist jeder Begriff mit einer Reduktion verbunden. Jede Regel, jedes Naturgesetz sieht ab von den individuellen Umständen des Einzelfalles. Vermittle ich Begriffe und Regeln, vermittele ich diese Reduktion.»

«Die Chemie ist geprägt von Modellen und Vereinfachungen. Die Lewis-Darstellung der Valenzelektronen als Punkte und gepaarte Elektronen als Striche ist eine erfolgreiche Vereinfachung der Bindungsverhältnisse zwischen Atomen. Man könnte hier auch von didaktischer Reduktion sprechen und hätte dann ein Synonym für "Modellvorstellung". Eine eigenständige Bedeutung hat der Begriff didaktische Reduktion erst dann, wenn aus den Lewis-Elektronen "Haftstellen" oder Verknüpfungspunkte werden, wenn die chemischen Modellvorstellungen zu originär didaktischen Zwecken modifiziert werden.

Eine didaktische Reduktion liegt dort vor, wo über die begriffliche Reduktion der empirischen Welt durch die Modelle der Wissenschaft hinaus aus Gründen der unterrichtlichen Vermittlung eine Vereinfachung oder Modifikation der Modellvorstellung durchgeführt wird.

Da mit didaktischer Reduktion auch Modifikation gemeint ist, befriedigt die Vokabel Reduktion nicht ganz. Mit der Reduktion der Schwierigkeit soll gleichzeitig die Anschaulichkeit gesteigert werden. Der Begriff didaktische Vereinfachung wird weniger leicht missverstanden. Es soll nicht lediglich weggestrichen, sondern etwas Einfaches gefunden werden, das über Bilder, Metaphern oder zugängliche Modelle zum Erfolg führt.» leicht gekürzt aus F. Jürgensen

Bemerkungen

- Didaktische Probleme und wissenschaftliche Unsicherheiten mit Kolleginnen und Kollegen, nicht aber in der Klasse diskutieren.
- Lehrpersonen müssen sich intensiv mit der Schulchemie auseinandersetzen, damit die Didaktische Vereinfachung gelingt.

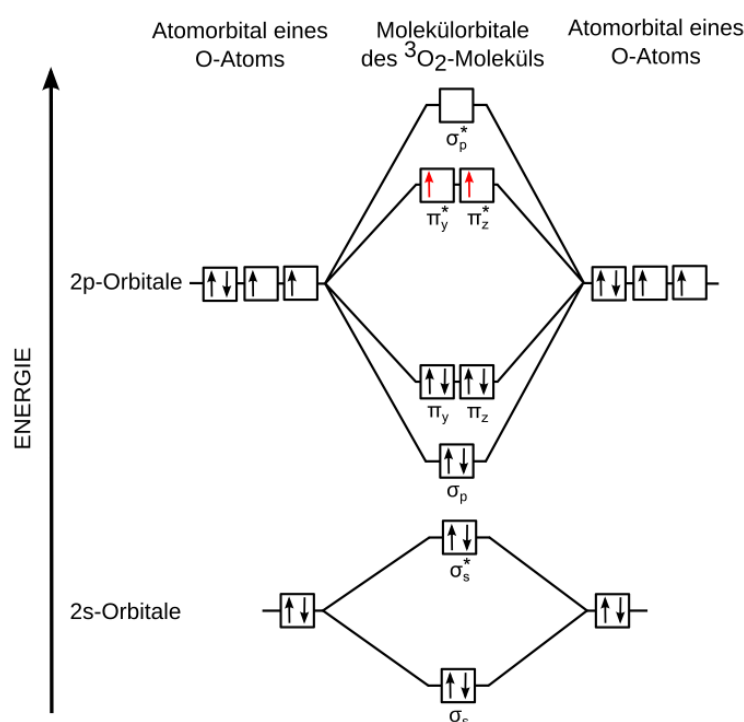
Man sollte sich hüten, alle Ausnahmen zu thematisieren

«**Manchmal ist es auch die Pflicht des Lehrers, die Schüler vor seinem Wissen zu schützen.**

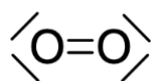
So mancher Schüler bekommt es mit der Angst zu tun, wenn der Lehrer die gerade erarbeiteten Regelsysteme durch eine Flut von nachgereichten Ausnahmen praktisch zur Makulatur degradiert. Denn das Verstehen des "Ausnahmefalls" ist meist anspruchsvoller.

Wie können die Schüler die beschränkte Zeit, in der sie sich mit Chemie beschäftigen, am "nachhaltigsten" nutzen, wo ist weniger = mehr?» F. Jürgensen (2005)

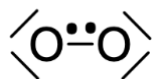
Beispiel: Wie soll die Lewisformel von molekularem Sauerstoff gezeichnet werden?



Wikipedia: Sauerstoff; abgerufen am 26.09.2024



Im Grundzustand ist Sauerstoff paramagnetisch. Wenn das Sauerstoffmolekül aus diesem Grund – wie links abgebildet – als Biradikal dargestellt wird, können es die Schülerinnen im Anfangsunterricht nicht nachvollziehen.



Bei der Einführung der Lewisformeln sollten Sauerstoffmoleküle mit Doppelbindung gezeichnet werden. Falls Sie den Spezialfall Triplet- und Singulett-Sauerstoff überhaupt thematisieren wollen, so warten Sie mit Vorteil so lange, bis die Schüler die Lewisformeln akzeptiert haben.

Wie anspruchsvoll soll der Unterricht sein?

Verhärtete Fronten in Sargans

Über 20 Jahre arbeitete S. als Lehrer an der Kantonsschule Sargans. Seit einem Jahr macht er das nicht mehr. Der Vorwurf der Schulleitung: Ein zu hohes und nicht schülergerechtes Unterrichtsniveau.

Unbestrittene Fachkompetenz

Wer ist S.? Der 57-Jährige gilt als hochintelligent und fachlich äusserst kompetent. Unbestritten ist auch, dass er gute Schüler zu Höchstleistungen bringen kann. Einer seiner Schüler gewann dreimal hintereinander die Schweizerische Mathematik-Olympiade, etliche haben später ein ETH-Studium aufgenommen.

Fest steht auch: Der Unterricht von S. ist schon seit mehr als einem Jahrzehnt Thema an der Kantonsschule Sargans. Die Schulleitung hat in den vergangenen Jahren mehrfach das Gespräch mit S. gesucht und diverse Lösungen vorgeschlagen. Gerade der Rektor habe sich wiederholt um eine einvernehmliche Klärung bemüht. Prorektor Daniel Kaeser bestätigt zudem auf Anfrage, dass sämtliche Massnahmen im Fall S. von der Schulleitung einstimmig gefällt worden seien. «Wir haben die Entscheide jeweils ausführlich diskutiert. Am Schluss erreichten wir immer einen Konsens.»

Schlechte Noten

Mehrere ehemalige Schüler von S. meldeten sich in Online-Kommentaren zu Wort. Die Mehrheit zeichnet kein vorteilhaftes Bild: S. wird zwar ein enormes Fachwissen attestiert, darüber hinaus erhält er aber schlechte Noten: Er habe extrem hohe Anforderungen gestellt, nur gute Schüler gefördert, sei ungeduldig und – vor allem schwächeren Schülern gegenüber – wenig einfühlsam gewesen.

Auszug aus den Zeitungsartikeln, die am 13. und 28. Januar 2015 im St. Galler Tagblatt erschienen sind. Titel: «Entwürdigend, kränkend, demütigend» und «Verhärtete Fronten in Sargans».



Diskussion: Am Gymnasium für alle oder für wenige unterrichten?

These 1: Das Gymnasium bereitet auf die Hochschule vor und soll hauptsächlich die guten Schülerinnen und Schüler fördern.

These 2: Das Gymnasium dient der Allgemeinbildung.

Lösungen

2. Beispiel: Magnesium reagiert mit Sauerstoff

«Es erfordert eine erhebliche Energie, (2'201 kJ/mol) Magnesium von seinen Elektronen zu befreien. (...) Von einem "gerne loswerden" ist hier nichts zu erkennen.

Bekommt Sauerstoff ein Elektron hinzu, so ist das ein exothermer Vorgang (das gilt übrigens auch für z. B. Natrium!). Um Sauerstoff ein zweites Elektron zu verpassen (gegen die dann schon vorhandene Ionenladung) ist erhebliche Energie aufzubringen. (...)

Exotherm ist die Reaktion ausschliesslich wegen der grossen Gitterenergie von MgO: 3'890 kJ/mol werden frei. Diese Energie muss den Aufwand zur Bildung des Anions und des Kations, sowie den Aufwand der Atomisierung von Mg und O überkompensieren. Das heisst: ob und wie viele Elektronen aufgenommen und abgegeben werden, entscheidet sich im Wesentlichen durch die Gitterenergie des mit diesen Ionen bildbaren Gitters, die von den Ladungen und Grössen der Ionen abhängt.

Das Sauerstoffatom "für sich" würde "lieber" nur ein Elektron aufnehmen, aber dann würde seine einfache Ladung nicht zu einer so grossen Gitterenergie führen. Als dreifach positives Ion würde Magnesium zwar eine grössere Gitterenergie mit Sauerstoff bewirken, aber die dritte Ionisierungsenergie des Magnesiums ist so gross, dass es sich nicht lohnt. Die Diskussion aller für die Ionenbildung der Atome relevanten Faktoren ist schon in dieser verkürzten Diskussion zu komplex für einen einführenden Unterricht.»

Wie kann die Salzbildung besser vorgestellt werden?

Mit dem Periodensystem zeigen, dass Magnesiumatome die äussersten Elektronen abgeben und Sauerstoffatome die Valenzschale füllen.

Dieser Vorschlag gleicht der eingangs formulierten Erklärung stark, verzichtet aber auf die Vermenschlichung: Magnesium-Atome wollen nicht 2 Elektronen abgeben und Sauerstoff wird nicht glücklich, wenn es die Elektronen erhält. Weil die Lehrperson die Details kennt, wird der Unterricht ein ganz klein wenig anders.

Anthropomorphismus

Den Teilchen sollten keine menschlichen Gefühle und Bedürfnisse zugeordnet werden. Gleichwohl kann es sinnvoll sein, die Teilchen mit Menschen zu vergleichen, wie es unten für die Wärmeausdehnung zu sehen ist:



M. RATCLIFFE (ed.) On the ball. Particle models for KS3 Science.
University of Southampton. © S. 36

3. Beispiel: Der Sauerstoffgehalt von Luft

Schon die Skizze verrät, dass hier etwas nicht stimmt. Luft besteht zu $\frac{4}{5}$ aus Stickstoff und $\frac{1}{5}$ aus Sauerstoff. Das Wasser nimmt aber wesentlich mehr als $\frac{1}{5}$ des Volumens im Glas ein. Zwar wird Sauerstoff verbraucht. Bei der Verbrennung entsteht aber auch Kohlendioxid. Dass der Wasserspiegel steigt, hat vor allem damit zu tun, dass warme Luft eingeschlossen wird, wenn das Glas über die Kerze gestülpt wird.

Im Buch "Elemente Chemie" finden Sie eine Abbildung, die zeigt, wie der Sauerstoffgehalt von Luft korrekt gemessen werden kann (Markus Stieger, Elemente, Grundlagen der Chemie für Schweizer Maturitätsschulen, Klett und Balmer, Zug, S. 57, 2018).

Wie anspruchsvoll soll Unterricht sein?

Das [Maturitätsanerkennungsreglement \(MAR\)](#) hält in Artikel 5 die Bildungsziele der Maturitätsschulen fest. Mittelschülerinnen und -schüler sollen die allgemeine Studierfähigkeit und eine vertiefte Gesellschaftsreife erreichen.

Es sind also beide genannten Thesen zu erfüllen und dabei möglichst alle Schülerinnen und Schüler zu erreichen. Dass dies nicht vollumfänglich gelingt, ist klar, weil die Bedürfnisse der Individuen oft sehr verschieden sind. Ungünstig ist es, wenn eine Lehrperson nur noch mit wenigen Schülern arbeiten und die meisten aufgegeben haben. Alle Schülerinnen und Schüler sollten den Eindruck haben, dass sie spätestens beim nächsten Kapitel wieder Tritt fassen und eine genügende Note erzielen können. Wenn keine Aussicht auf Erfolg mehr besteht, geben alle auf und verstehen auch einfache Zusammenhänge nicht mehr.