

# BILDUNG

Dachverband Lehrerinnen und Lehrer Schweiz LCH

11 | 2017

# SCHWEIZ

**Digitale Bildung: eine Knacknuss für die Schule?**

**Den Weg ins Berufsleben ebnen**



# Das eigene Wissen umgestalten

Lernende sollen ihr Wissen auf neue Situationen übertragen. Am Beispiel des Themas «Zwischenmolekulare Kräfte» werden zwei dazu geeignete Methoden für den Chemieunterricht an Gymnasien vorgestellt.

Wie können wir Schülerinnen und Schüler besser auf das Lernen vorbereiten und beim Aufbau von intelligentem Wissen unterstützen, so dass sie das Gelernte auf neue Situationen übertragen können? Die Lehr- und Lernforschung liefert viele empirische Befunde zu besonders wirksamen und nachhaltigen Lernformen. In diesem Artikel wird an zwei Beispielen zum Thema «Zwischenmolekulare Kräfte» dargestellt, wie der gymnasiale Chemieunterricht lernwirksamer gestaltet werden kann. Beide Beispiele stammen aus einer neuen Unterrichtseinheit des MINT-Lernzentrums der ETH Zürich.

## Erfinden mit kontrastierenden Fällen

Am Anfang des Lernens steht die Einsicht, dass man etwas noch nicht weiss. Um die Schülerinnen und Schüler auf ein neues Thema vorzubereiten, sollte ihnen daher zunächst bewusst gemacht werden, dass ihnen ein bestimmtes Wissen fehlt, damit sie bereit sind, ihr Wissen umzugestalten. Auch sollten sie ein klares Verständnis der Problemstellung haben, für die ihnen anschliessend eine Lösung angeboten wird. Zudem werden sie neue Inhalte besser an ihr Vorwissen anschliessen können, wenn sie zuvor Gelegenheit haben, relevantes Vorwissen zu aktivieren.

Ein Vorgehen für kognitiv aktivierende Unterrichtseinstiege wird als «Erfinden mit kontrastierenden Fällen» bezeichnet. Dabei werden die Schülerinnen und Schüler vor der Präsentation der Lerninhalte angeleitet, die betreffenden Konzepte selbständig zu erarbeiten. Dazu werden ihnen Fälle vorgegeben, die so ausgewählt sind, dass sie sich zwar in Oberflächenmerkmalen unterscheiden beziehungsweise im Kontrast zueinander stehen, aber eine abstrakte Gemeinsamkeit aufweisen. Diese Gemeinsamkeit sollen die Lernenden – unterstützt durch Hilfestellungen – selber erarbeiten. Sie sollen beispielsweise durch Kontrastierung verschiedener linearer Graphen mit unterschiedlichen Steigungen herausfinden, mit welcher Formel sich die Steigung linearer Graphen beschreiben lässt. Erst nachdem sie ihre Ideen formuliert haben, wird ihnen das wissenschaftliche Konzept vorgestellt. Sie können dann einschätzen, wie nah sie der korrekten Lösung mit ihren eigenen Vorschlägen gekommen sind.

Name	Formel	Anzahl Elektronen	Dipolmoment [D]	Siedepunkt [°C]
Silan	SiH <sub>4</sub>	18	0	-111,9
German	GeH <sub>4</sub>	36	0	-89,9
Stannan	SnH <sub>4</sub>	54	0	-51,7
Phosphin	PH <sub>3</sub>	18	0,58	-87,3

Anhand einer Tabelle werden die Eigenschaften der Moleküle und die Siedepunkte der Stoffe übersichtlich dargestellt. Tabellen und Grafiken: MINT-Zentrum der ETH Zürich

## Werte vergleichen und einander gegenüberstellen

Diese Lernform hat sich in mehreren empirischen Vergleichsstudien gegenüber dem herkömmlichen Vorgehen – erst den Lerninhalt darstellen, dann Übungsaufgaben bearbeiten – als überlegen erwiesen. Sie lässt sich beim Thema «Zwischenmolekulare Kräfte» zum Beispiel folgendermassen einsetzen: Vor der Behandlung der verschiedenen Arten zwischenmolekularer Kräfte haben die Schülerinnen und Schüler bereits die Konzepte des Dipolmoments, der Polarität und der Polarisierbarkeit von Molekülen kennengelernt. Mit dem «Erfinden mit kontrastierenden Fällen» können sie anschliessend auf die Behandlung der einzelnen Arten zwischenmolekularer Kräfte vorbereitet werden. Dazu wird ihnen die oben angeführte Tabelle mit Strukturmerkmalen und Eigenschaften verschiedener Stoffe präsentiert und die folgende Aufgabe gestellt: «Betrachten Sie die Werte in der vorliegenden Tabelle und überlegen Sie sich, welche zwei Faktoren die Siedepunkte der aufgeführten Stoffe bestimmen.» Der Vergleich der Werte von Silan, German und Stannan stützt die Vermutung, dass der Siedepunkt dieser Stoffe von der Anzahl der Elektronen im Molekül abhängt. Hingegen spricht der Vergleich der Werte von Silan und Phosphin dafür, dass die Siedepunkte ebenfalls durch die Dipolmomente der Moleküle beeinflusst werden. Die Schülerinnen und Schüler

können durch diese Kontrastierung zu der Einsicht gelangen, dass man bei der Abschätzung der Siedepunkte beide Faktoren berücksichtigen muss. Dies bereitet sie darauf vor, dass es verschiedene Arten zwischenmolekularer Kräfte geben muss.

## Holistischer Vergleich von Modellen

Wie lassen sich die Umstrukturierung von Begriffswissen und das Beseitigen von Fehlvorstellungen unterstützen? Geht es um das Verständnis komplexer Modelle, dann hat es sich bewährt, den Lernenden zur Vertiefung das korrekte Modell sowie ein teilweise unvollständiges beziehungsweise inkorrektes Laienmodell zu präsentieren und sie anzuleiten, alle wichtigen Unterschiede zwischen diesen Modellen herauszuarbeiten. Dabei kommt es darauf an, dass das Laienmodell sorgfältig auf der Grundlage von Unterrichtserfahrungen erstellt wurde und gängige Alltagsvorstellungen und Misskonzepte der Lernenden enthält. Das Besondere eines solchen Modellvergleichs liegt darin, dass damit gezielt Fehlvorstellungen angesprochen sowie die Vorteile des korrekten Modells hervorgehoben werden können.

## Siedepunkte miteinander vergleichen

Der Einsatz dieser Lernform bietet sich beim Thema «Zwischenmolekulare Kräfte» zum Beispiel beim Vergleich der Siedepunkte von Wasser und Fluorwasserstoff an. Die Erklärung des grossen

Unterschieds zwischen den Siedepunkten von Wasser und Fluorwasserstoff gelingt nämlich nur dann, wenn man nicht allein die Stärke der einzelnen Wasserstoffbrücken erörtert, sondern auch die Anzahl möglicher Wasserstoffbrücken in Betracht zieht. Sowohl das Wassermolekül als auch das Fluorwasserstoffmolekül weisen vier Stellen auf, an denen sich Wasserstoffbrücken ausbilden können. Die Fluorwasserstoffmoleküle können jedoch eine aktive und drei passive Wasserstoffbrücken ausbilden, so dass ein Fluorwasserstoffmolekül tatsächlich nur Wasserstoffbrücken mit zwei weiteren Fluorwasserstoffmolekülen bilden kann, weil es für die restlichen zwei passiven Stellen keine Fluorwasserstoffmoleküle mit einer aktiven Stelle gibt. Dies führt zu einer kettenartigen Anordnung der Moleküle. Jedes  $H_2O$ -Molekül kann hingegen zwei aktive und zwei passive Wasserstoffbrücken ausbilden, so dass jedes der Moleküle insgesamt vier Wasserstoffbrücken bilden kann, was zu einer vernetzten Struktur der Wassermoleküle führt.

**Stärken und Schwächen von Modellen angemessen berücksichtigen**

Es ist leicht erkennbar, dass die vernetzte Anordnung der  $H_2O$ -Moleküle zu einem stärkeren Zusammenhalt führt, als dies bei



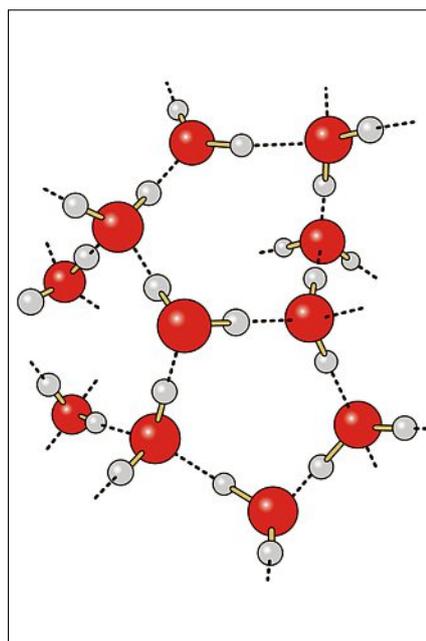
H-Brücken bei einem HF-Molekül und einem  $H_2O$ -Molekül.



Kettenartige Anordnung der HF-Moleküle.

der linearen Anordnung der Fluorwasserstoffmoleküle der Fall ist. Das auf diese Weise erweiterte Expertenmodell kann nun mit dem Laienmodell kontrastiert werden. Das Laienmodell berücksichtigt bei der Abschätzung der Siedepunkte lediglich die Stärke der Wasserstoffbrücken. Hingegen setzt das Expertenmodell die Siedepunkte der Stoffe nicht nur mit der Stärke der Wasserstoffbrücken zwischen den Molekülen in Verbindung, sondern auch mit deren Anzahl. Die Lehrperson stellt eine kurze Zusammenfassung beider Modelle vor und kann mit entsprechenden Fragen (siehe untenstehende Abb.) die Lernenden anleiten, die Möglichkeiten und Grenzen beider Modelle auszuloten. Auf diese Weise gelangen die Schülerinnen und Schüler zu einem vertieften Verständnis des Expertenmodells, indem sie sich dessen Vorteile gegenüber dem Laienmodell vergegenwärtigen. ■

Juraj Lipscher und Ralph Schumacher, MINT-Zentrum ETH Zürich



Die vernetzte Anordnung der Wassermoleküle.

**Weiter im Netz**

www.educ.ethz.ch/lernzentren/mint-lernzentrum.html

**Weiter im Text**

Schumacher, R. (Hrsg.) (2017). Kognitive Aktivierung: Wie lassen sich mathematisch-naturwissenschaftliche Inhalte lernwirksam vermitteln? Schulmanagement Handbuch 163. Oldenbourg Verlag, München.

Schalk, L., Schumacher, R., Barth, A., & Stern, E. (2017). When problem solving followed by instruction is superior to the traditional tell-and-practice sequence. Journal of Educational Psychology (im Druck).

Schwartz, D. L., Chase, C. C., Oppezzo, M. A., & Chin, D.B. (2011). Practicing Versus Inventing With Contrasting Cases: The Effects of Telling First on Learning and Transfer. Journal of Educational Psychology, 103, S. 1–17.

Gadgil, S., Nokes-Malach, T. J., & Chi, M. T. H. (2012). Effectiveness of holistic mental model confrontation in driving conceptual change. Learning and Instruction, 22 (1), S. 47–61.

Laienmodell	Expertenmodell
Kann das Modell den Unterschied zwischen den Siedepunkten von $CH_4$ und $SiH_4$ erklären?	
Ja	Ja
Kann das Modell den Unterschied zwischen den Siedepunkten von $PH_3$ und $SiH_4$ erklären?	
Ja	Ja
Kann das Modell den grossen Unterschied zwischen den Siedepunkten von $NH_3$ und $CH_4$ erklären?	
Ja	Ja
Kann das Modell den grossen Unterschied zwischen den Siedepunkten von $H_2O$ und $HF$ erklären?	
Nein	Ja

Laienmodell und Expertenmodell im Vergleich.