

Chemieunterricht nach „SINUS“

L. Stäudel

Mit der Veröffentlichung der Ergebnisse von TIMSS, der Dritten Internationalen Mathematik und Naturwissenschafts-Studie Ende 1997 brach, wie es in der Rückschau aussieht, ein neues Zeitalter für den Unterricht in der Sekundarstufe I an. Nach Lehrerschelte und oft populistisch überzogener Schulkritik setzte ein Zeit der intensiven Auseinandersetzung mit inhaltlichen und methodischen Fragen ein, die mit PISA 2000 weiteren Antrieb erhielt (ähnliches ist für den Herbst 2004 zu erwarten, wenn die nächsten Ergebnisse publiziert werden). TIMSS fand aber unmittelbar eine konstruktive Wende: Bereits zur Jahreswende 97/98 lag eine Expertise vor, in Auftrag gegeben von der Bund-Länder-Kommission und unter der Leitung von Jürgen Baumert in einem Kraftakt von Fachdidaktikern, Erziehungswissenschaftlern und Lernpsychologen erstellt. Diese so genannte Baumert-Expertise [1] war Grundlage für den dann im Frühjahr 1998 ins Leben gerufenen Modellversuch, der später mit „SINUS“ abgekürzt wurde (Abb. 1).

SINUS setzte auf die elf Module der Expertise als Leitlinien für die Weiterentwicklung des Unterrichts, für das Fach Chemie ebenso wie für die benachbarten Naturwissenschaften. Zwar gab es unter diesen Modulen (siehe Kasten 1) mehrere, die für die Naturwissenschaften hätten relevant sein können, von Modul 1 „Entwicklung einer neuen Aufgabekultur“ über Modul 4 „Basiswissen sichern“ bis hin zu Modul 10 „Prüfen – Kompetenzzuwachs rückmelden“, die meisten naturwissenschaftlichen Modellversuchssets bearbeiteten dennoch entweder Modul 2 „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ und/oder Modul 6 „Fächergrenzen erfahrbar machen“. Dabei war zu Modellversuchsbeginn längst nicht jedem der Beteiligten klar – trotz diverser Beschreibungen der Reichweite und Zielsetzungen durch den Programmträger IPN [1a] –, was diese Module in der Praxis bedeuteten.

Die Entwicklung in der Realität der beteiligten Schulen und Kollegien zeigte entsprechend eine ausgeprägte Eigen-dynamik, so wie man es für ein bottom-up-Modell auch erwartet hatte. Die Devise „Mit den Stärken arbeiten“, die den Aktiven wie auch den kritischen Beobachtern signalisieren sollte, dass ja nicht alles falsch gewesen war, woran man sich in der Vergangenheit orientiert hatte, führte dazu, dass man einerseits bewährte innovative Ansätze – z. B. Schülerpraktika, Projektarbeiten, Schülerreferate oder Arbeiten mit dem Internet – ausbaute, sich zum anderen aber auch mit defizitär erlebten Unterrichtssituationen auseinandersetzte. Dabei kristallisierten sich vier Entwicklungsrichtungen heraus:

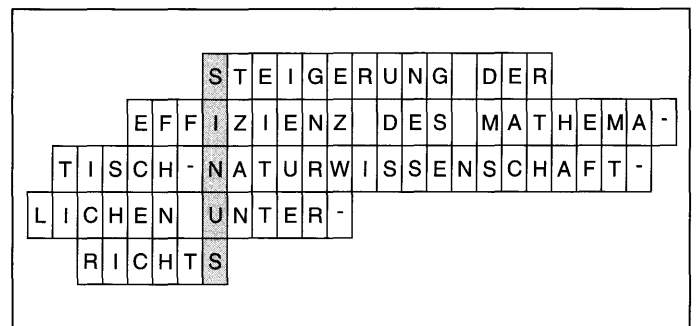
1. Geprägt von der massiven Kritik am Vorherrschen des fragend-entwickelnden Unterrichts wurde die Methodenfrage neu gestellt. Die so genannten Methodenwerk-

zeuge und ihre Einsatzmöglichkeiten im Unterricht fanden ein nachhaltiges Interesse.

2. Noch vor Beginn der PISA-Debatte fand dabei der Gedanke, sich im naturwissenschaftlichen Unterricht um eine Verbesserung der fachorientierten Lesekompetenz zu bemühen, deutliche Resonanz.
3. Etwa zur Halbzeit des Modellversuchs startete dann eine ernsthafte Auseinandersetzung mit den Aspekten des naturwissenschaftlichen Arbeitens und der Frage, wie diese Aspekte für den Unterricht akzentuiert werden könnten.
4. Und schließlich gab und gibt es einen Entwicklungsschwerpunkt, der gegenwärtig auch durch das SINUS-Transfer-Programm auf breiter Front verfolgt wird: die Intensivierung der kollegialen Kooperation, innerhalb der Fachgruppe aber auch mit den Kolleginnen und Kollegen des gesamten naturwissenschaftlichen Lernbereichs.

Im Folgenden soll zu jedem dieser Schwerpunkte Beispiele aus dem Bereich des Chemieunterrichts in der Mittelstufe vorgestellt werden wie auch eine kurze Bewertung von Einsatzmöglichkeiten und Reichweite erfolgen.

Abb. 1: Das Wasser-Molekül hat aber eine gewinkelte Struktur, es ist daher ein Dipol-Molekül.



Kasten 1: Die elf Module der Baumert-Expertise

- Weiterentwicklung der Aufgabekultur
- Naturwissenschaftliches Arbeiten
- Aus Fehlern lernen
- Basiswissen sichern – verständnisvolles Lernen auf unterschiedlichen Niveaus
- Kumulatives Lernen erfahrbar machen
- Fächergrenzen erfahrbar machen
- Förderung von Mädchen und Jungen
- Aufgaben für die Kooperation
- Verantwortung für das eigene Lernen stärken
- Prüfen – Kompetenzzuwachs rückmelden
- Qualitätssicherung

1 Die Methodenwerkzeuge

Der Begriff wurde von *J. Leisen*, Leiter des Studienseminars Koblenz und Physiklehrer, geprägt, der mit einer Gruppe von Lehrkräften Arbeitsmaterialien für den deutschsprachigen Fachunterricht an Auslandsschulen entwickelte [2]. Eine genaue Definition existiert bislang nicht, jedoch gibt es näherungsweise Beschreibungen. Ein Methodenwerkzeug dient zur Aufbereitung eines ausgewählten Inhalts für die Schülerhand, oft in Form von Arbeitsmaterialien.

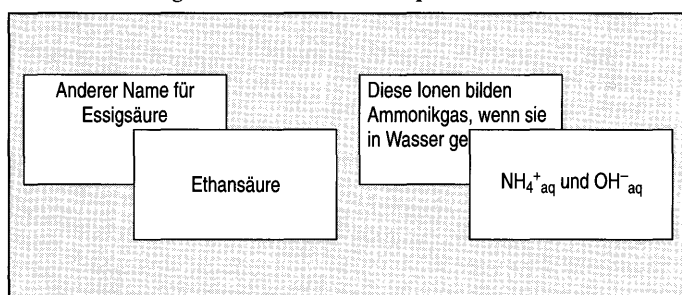
Ein einfaches Beispiel: Am Ende einer Unterrichtssequenz über Säuren und Laugen sollen die Schülerinnen und Schüler das Gelernte und gemeinsam Erarbeitete durch Wiederholung festigen. Sie tragen, z. B. in Gruppenarbeit, Fragen zum Thema zusammen sowie die zugehörigen Antworten. Im Plenum werden die Fragen und Antworten ausgewählt und anschließend zu Frage- und Antwortkärtchen verarbeitet. Diese Kärtchen stehen in der nächsten Stunde für die Partner- oder Gruppenarbeit zur Verfügung, können aber auch zu einem späteren Zeitpunkt zur individuellen Kontrolle oder Auffrischung des Themengebietes genutzt werden. Die Schwierigkeit der Fragen richtet sich nach dem Anspruchsniveau der Gruppe und den Unterrichtszielen der Lehrkraft (Abb. 2).

Nicht nur inhaltlich gibt es kaum Grenzen der Gestaltungsspielräume, auch die methodische Umsetzung ist variabel und anpassungsfähig: Man kann in unterschiedlich großen Gruppen die richtigen Antworten zu den Fragen finden lassen – oder auch umgekehrt; man kann Antwort- und Fragekärtchen unterschiedlich farbig gestalten, bei einer gewissen Allgemeinheit der Inhalte lohnt sich dann auch das Laminieren; man kann jeweils auf die Rückseite einer Antwort eine neue Frage drucken und so eine Art Kettenrätsel entwickeln, man kann aber, ähnlich wie in einer Lernkartei, die richtige Antwort auf die Rückseite einer Fragekarte schreiben.

An diesem kleinen Beispiel wird mehreres deutlich: Methodenwerkzeuge zeichnen sich aus durch inhaltliche Offenheit, methodischen Variantenreichtum und besonders dadurch, dass es mit den entwickelten Materialien gelingen kann, die Mehrzahl der Schülerinnen und Schüler zu geistiger Arbeit zu bringen.

Eine ausführliche Darstellung mit je einem oder zwei inhaltlichen Beispielen für die Umsetzung von Methodenwerkzeugen für den Chemieunterricht findet sich im gleichnamigen Themenheft der Zeitschrift „Unterricht Chemie“ [3] von *Th. Freiman* und *V. Schlieker*, auf der zugehörigen CD gibt es für viele Werkzeuge ‚leere‘ Vorlagen sowie eine eindrucksvolle Videodokumentation zur Hilfen-gestützten Auswertung des Öltröpfchenversuchs.

Abb. 2: Anziehung eines Wasserstrahls – Experiment und Modell



Abschließend soll noch ein Beispiel vorgestellt werden, das inhaltlich in den Unterricht der Oberstufe hineinreicht und ebenfalls an einer SINUS-Schule, dem Behring-Gymnasium in Spardorf bei Erlangen, entwickelt und erprobt worden ist. Der Kärtchentisch „Zwischenmolekulare Wechselwirkungen“ mit seinen Arbeitsanweisungen führt eindrucksvoll vor, dass Methodenwerkzeuge keineswegs nur für Wiederholungen und Vertiefungen geeignet sind, sondern – zumindest fallweise – auch zur Reorganisation von bereits Gelerntem und zur Erarbeitung neuer Zusammenhänge.

2 Literacy – fachorientierte Lesekompetenz

Der „Umgang mit Informationen“ war bereits während der 90er Jahre zum Gegenstand didaktisch-pädagogischer Überlegungen geworden. Mit seinem „Methodentraining“ hatte *H. Klippert* [4] viele Schulen und zahlreiche Kolleginnen und Kollegen erreicht, jedoch nur wenige aus dem Bereich der Naturwissenschaften. Die „Fünf-Schritt-Lese-Technik“, Mindmaps oder der gezielte Umgang mit Inhalts- und Stichwortverzeichnissen blieben lange Zeit ausschließlich der Domäne der geisteswissenschaftlichen Fächer vorbehalten. Erst Impulse aus Rheinland-Pfalz – explizit einer Gruppe um *Udo Klinger* – trugen zu einer Rezeption dieses Methodenrepertoires durch Naturwissenschaftslehrerinnen und -lehrer bei. Die entscheidende Wende wurde herbeigeführt durch eine konsequente Übertragung des methodischen Ansatzes von *Klippert* auf relevante Inhalte von Chemie, Physik und Biologie. Nach vielen Erprobungen in Unterricht, Aus- und Fortbildungen entstand mit SINUS-Unterstützung im Jahr 2000 das Heft „Informationen beschaffen, bearbeiten, präsentieren“ [5], dessen Arbeitsvorschläge inzwischen nahezu überall in der Republik zum Unterrichtsalltag gehören.

Deutlich wird im Zusammenhang mit der Entwicklung von Literacy aber auch, dass dies nicht die Aufgabe eines einzelnen Fachlehrers sein kann, weder von Deutsch oder Sozialkunde noch von einem naturwissenschaftlichen Fach allein. Als Querschnittsaufgabe reicht es in alle Fächer, und ein naturwissenschaftliches Kollegium ist gut beraten, sich einerseits untereinander, andererseits mit den anderen Fachkollegen

Kasten 2: Methodenwerkzeuge in Übersicht (nach [2])

Wortgeländer	Dialog
Sprechblasen	Abgestufte Lernhilfen
Lückentext	Archive
Wortfeld	Heißer Stuhl
Text-/Bildpuzzle	Domino
Bildsequenz	Memory
Filmleiste	Würfelspiel
Fehlersuche	Partnerkärtchen
Lernplakat	Kettenquiz
Mind-Map	Zwei aus Drei
Ideennetz	Stille Post
Blockdiagramm	Begriffsnetz
Satzmuster	Kartenabfrage
Fragemuster	Lehrer-Karussell
Bildergeschichte	Kärtchentisch
Worträtsel	Schaufensterbummel
Strukturdiagramm	Kugellager
Flussdiagramm	Expertenkongress
Zuordnung	Aushandeln
Thesentopf	

abzustimmen. Erst wenn diese Aufgabe, nämlich die Schülerinnen und Schüler in die Lage zu versetzen, Informationen aus den unterschiedlichsten Bereichen von Alltag, Technik, Gesellschaft sinnentnehmend zu „lesen“, als integrale Zielstellung verstanden wird, kann ein wirksames Programm (und eine sinnvolle Arbeitsteilung) entwickelt werden. Es macht dann sicher Sinn, dass im Biologieunterricht mit einfachen Übungen angefangen wird, dass später Lese- und Vortragstechniken geübt werden und dass Methoden- und Kommunikationskompetenz gegen Ende der Sekundarstufe I auch technisch anspruchsvoll ausgebaut und den Schülerinnen und Schülern wiederum abverlangt wird, etwa indem sie thematische Vorträge zur Eisen- und Stahlerzeugung mittels Powerpoint-Präsentationen unterstützen oder gezielt im Internet nach Informationen suchen lernen [6].

Bewusst werden muss für alle Beteiligten aber auch, dass es keineswegs nur um schriftsprachliche Informationen geht, sondern um Zeichen- und Darstellungssysteme der unterschiedlichsten Art. PISA 2000 hat uns hier deutliche Muster vorgestellt [7]. Methodenelemente wie Umwandlung eines Textes in eine Tabelle (oder vice versa), die Interpretation eines Schaubildes oder die kritische Bewertung eines Balkendiagramms gehören ebenso dazu wie die Vorberei-

tung eine freien Vortrags durch „Spickzettel“ oder Lernplakate.

Ein einfaches Beispiel, das sich auch für den Chemieunterricht eignet, ist etwa die Schulbuchrallye, bei der die Schülerinnen und Schüler möglichst schnell ein Dutzend Fragen unter zu Hilfenahme ihres Chemiebuch beantworten müssen – und dabei Aufbau des Buches und Verweissystem kennen lernen. Die Fragen können wiederum sehr unterschiedlich sein, fachlicher oder historischer Art („Wie lautet die chemische Formel für Glaubersalz?“, „Wann und durch wen wurde das Element X entdeckt?“) oder können sich auf bloße Seitenzahlen beziehen („Auf welcher Seite gibt es eine Abbildung zum Waschmittelverbrauch?“). Wer glaubt, dies seien wenig hilfreiche Spielereien, der möge sich mit SINUS-Kollegen kurzschließen, die entsprechende Trainingseinheiten mit ihren Klassen durchgeführt haben, und sich davon berichten lassen, wie deutlich sich der Umgang mit Buch und anderen Informationsquellen bereits nach kurzer Zeit verändert.

Ein Beispiel zum Schluss, ausgearbeitet im Rahmen einer Kollegiumsfortbildung an einer hessischen Schule, dokumentiert von *Anja Krüger* (siehe Kasten 4). Hier wird gezielt die Durcharbeitung schulbuch-ähnlicher Texte gefordert, und zwar einmal mit dem Ziel, durch kommunika-

Kasten 3: (Autorin: Waltraud Habelitz-Tkocz, Erlangen)

Zwischenmolekulare Wechselwirkungen (Kärtchentisch mit 30 Kärtchen)					
1. Ordnet die Kärtchen nach Stoffklassen .					
2. Sortiert die Kärtchen der einzelnen Gruppen anschließend nach steigender Siedetemperatur .					
3. Was könnte die Ursache für den jeweiligen Verlauf der Siedetemperaturen sein?					
4. Vergleiche die Siedetemperaturen verwandter Moleküle in verschiedenen Stoffklassen . Worauf könnten die Unterschiede zurückzuführen sein?					
5. Welche „ Unregelmäßigkeiten “ – die ihr nicht erklären könnt – fallen euch auf?					
„Struktur und Eigenschaften“ – Siedepunkte und Wechselwirkungen					
Methan CH ₄ m _a = 16,0 u T _b = 109 K	Ethan CH ₃ CH ₃ m _a = 30,0 u T _b = 184 K	Propan CH ₃ CH ₂ CH ₃ m _a = 44,0 u T _b = 231 K	n-Butan CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃ m _a = 58,0 u T _b = 272,5 K	n-Pentan CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃ m _a = 72,0 u T _b = 309 K	iso-Pentan CH ₃ -CH-CH ₂ -CH ₃ CH ₃ m _a = 72,0 u T _b = 302 K
neo-Pentan CH ₃ CH ₃ -C-CH ₃ CH ₃ T _b = 282,5 K	Ethanol CH ₃ CH ₂ OH m _a = 46,0 u T _b = 351,9 K	Methanol CH ₃ OH m _a = 32,0 u T _b = 337,5 K	Propan-1-ol CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH m _a = 60,0 u T _b = 370 K	Propan-2-ol CH ₃ CHOHCH ₃ m _a = 60,0 u T _b = 355 K	Mono-chlor-methan CH ₃ Cl m _a = 50,5 u T _b = 249,2 K
Di-chlor-methan CH ₂ Cl ₂ m _a = 85,0 u T _b = 312,8 K	Tri-chlor-methan CHCl ₃ m _a = 119,5 u T _b = 334,1 K	Tetra-chlor-methan Kohlenstofftetrachlorid CCl ₄ m _a = 154,0 u T _b = 349,7 K	Fluor F ₂ m _a = 38,0 u T _b = 85,1 K	Chlor Cl ₂ m _a = 71,0 u T _b = 239 K	Brom Br ₂ m _a = 159,8 u T _b = 332 K
Iod I ₂ m _a = 253,8 u T _b = 457 K	Wasserstoffchlorid HCl m _a = 36,5 u T _b = 188 K	Wasserstofffluorid HF m _a = 20,0 u T _b = 293 K	Wasserstoffbromid HBr m _a = 80,9 u T _b = 206 K	Wasserstoffiodid HI m _a = 127,9 u T _b = 237,6 K	Wasser H ₂ O m _a = 18 u T _b = 373 K
Wasserstoffsulfid (Schwefelwasserstoff) H ₂ S m _a = 34,07 u T _b = 212 K	Wasserstoffselenid H ₂ Se m _a = 80,96 u T _b = 231,7 K	Wasserstofftellurid H ₂ Te m _a = 129,6 u T _b = 271 K	Sauerstoff O ₂ m _a = 32 u T _b = 90 K	Ozon O ₃ m _a = 48 u T _b = 161 K	Stickstoff N ₂ m _a = 28 u T _b = 77 K

3 Naturwissenschaftliches Arbeiten

tionsunterstützende Notizen das eigene Verständnis zu fördern, eine ‚Übersetzung‘ in eigene Worte zu erleichtern und schließlich einen Sachverhalt in fachangemessener Sprache zu beschreiben.

„Lesefähigkeit“ in diesem Sinn dient aber nicht nur der Verständigung im (Chemie-)unterricht, er ist – wie seit PISA allseits betont wird – Voraussetzung der aktiven Teilhabe am alltäglichen, technischen, gesellschaftlichen Leben, aber schließlich ist die aktive Förderung dieser Basiskompetenz schlichte Notwendigkeit, für die lese müden Kinder deutscher Familien ebenso wie für die immer zahlreicher werdenden Schülerinnen und Schüler aus Migrantenfamilien, die Deutsch nicht als Muttersprache sprechen.

Kasten 4: Das Wassermolekül – ein Dipol

Aufgabe 1: Lies dir den Text durch und notiere in der rechten Spalte 4–8 wichtige Begriffe (Key-Wörter). Knicke anschließend das Arbeitsblatt und erkläre deinem Partner mit Hilfe der Key-Wörter die Besonderheit des Wassermoleküls.

Das Wassermolekül. In einem H₂O-Molekül ist das Sauerstoffatom über Atombindungen mit den Wasserstoffatomen verbunden. Aufgrund der Differenz zwischen den unterschiedlich hohen Elektronegativitätswerten von Wasserstoff- und Sauerstoffatomen sind diese Bindungen polar. Da das Wassermolekül nicht gestreckt, sondern *gewinkelt* ist, heben sich die beiden polaren Atombindungen in ihrer Wirkung nicht auf (siehe Abb. 1).

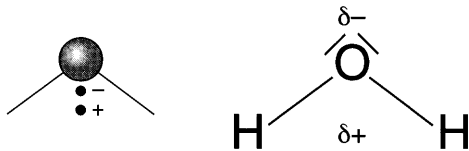


Abb. 1

Das Wassermolekül ist ein *Dipolmolekül*. Das negative Ende liegt am Sauerstoffatom, das positive zwischen den beiden Wasserstoffatomen. Einen Hinweis darauf, dass das Wasser aus Dipolmolekülen besteht, ergibt sich aus der Ablenkung eines Wasserstrahls durch einen elektrisch aufgeladenen Stab (Abb. 2). Ist der Stab z. B. negativ geladen, orientieren sich die Wassermoleküle so, dass die positive Ladung zum Stab zeigt. Dadurch überwiegt die Anziehungskraft.

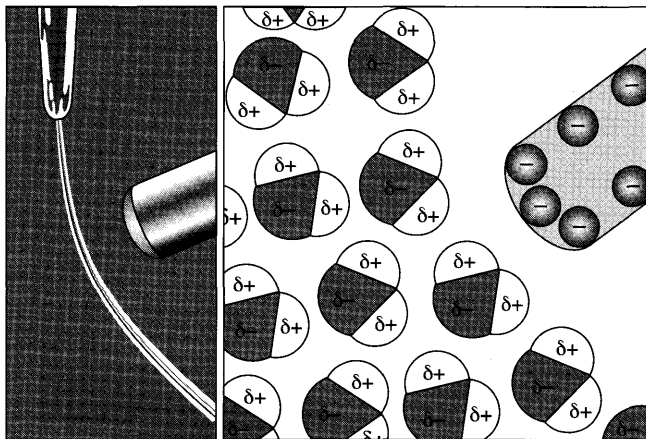


Abb. 2

Wasserstoffbrücken. Die Siedetemperatur von Wasser ist im Vergleich zu Molekülen gleicher Molekülmasse unverhältnismäßig hoch. Es müssen also zwischen den Wassermolekülen starke Anziehungskräfte herrschen. Zwischen der positiven Teilladung des Wasserstoffatoms eines Moleküls und der negativen Teilladung des Sauerstoffatoms eines an-

deren Wassermoleküls besteht eine starke Anziehungskraft. Die sich dadurch ergebenden großen *zwischenmolekularen* Kräfte nennt man **Wasserstoffbrücken**.
Aufgabe 2: Verschriftliche unter zur Hilfenahme der Key-Wörter die Besonderheiten des Wassermoleküls!
Zusatzaufgabe: Bearbeite den folgenden Text nach dem gleichen Verfahren

deren Wassermoleküls besteht eine starke Anziehungskraft. Die sich dadurch ergebenden großen *zwischenmolekularen* Kräfte nennt man **Wasserstoffbrücken**.

Aufgabe 2: Verschriftliche unter zur Hilfenahme der Key-Wörter die Besonderheiten des Wassermoleküls!

Zusatzaufgabe: Bearbeite den folgenden Text nach dem gleichen Verfahren

Eis – Struktur und Eigenschaften

Im Winter gefriert Wasser in den Rissen des Straßenbelages. Das Eis aber nimmt ein größeres Volumen als das Wasser ein. Die Risse werden geweitet. Die Straße kann im Frühjahr Spalten und Löcher aufweisen. Worauf beruht die Volumenzunahme beim Übergang des Wassers zu Eis?

Das Molekülgitter von Eis. Eis- oder Schneekristalle bilden regelmäßige sechseckige Muster (siehe Abb. unten). Dies gibt einen Hinweis auf die besonders regelmäßige Anordnung der Wassermoleküle. Im Gitter des Eises ist jedes Sauerstoffatom von vier Wasserstoffatomen umgeben (siehe Abb. 3). Zu zwei Wasserstoffatomen führt je eine Atombindung, zu den beiden etwas weiter entfernten, je eine Wasserstoffbrücke. Diese Anordnung ergibt ein *weitmäsiges Gitter* mit *durchgängigen Hohlräumen* von *sechseckigem Querschnitt* (siehe Abb. 3). Wegen dieser weiträumigen Struktur besitzt Eis ein größeres Volumen als Wasser derselben Masse. Eis hat damit aber eine kleinere Dichte als flüssiges Wasser und schwimmt auf Wasser. Im Gegensatz dazu haben die meisten Stoffe im festen Zustand eine größere Dichte als im flüssigen.

Schmilzt Eis, bricht das Gitter zusammen. Die Moleküle können enger zusammenrücken. Die Hohlräume werden kleiner. Es bilden sich *Gruppen von Molekülen*, die durch *Wasserstoffbrücken* zusammenhalten. Mit steigender Temperatur werden die Bruchstücke immer kleiner, die Moleküle können noch enger zusammenrücken. Dadurch nimmt das Volumen des Wassers bis 4 °C ab und die Dichte zu. Bei weiterer Temperaturerhöhung vergrößern sich die Abstände zwischen den Molekülen, Wasser dehnt sich wie die meisten Flüssigkeiten aus. Die Dichte nimmt dann wieder ab. Da kälteres Wasser eine geringere Dichte hat als Wasser von 4 °C gefrieren Gewässer von der Oberfläche her.

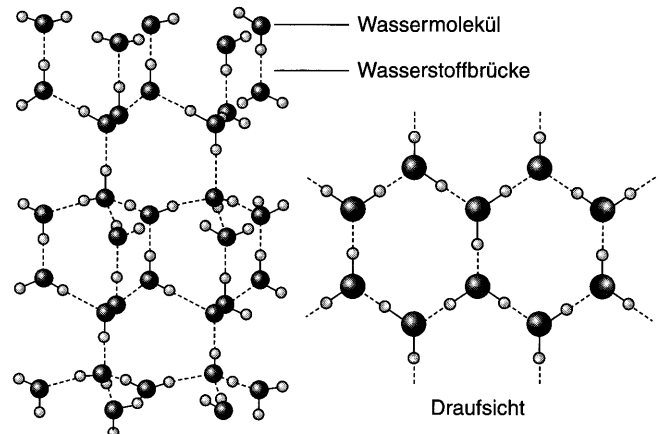


Abb. 3

cher Form in den Unterricht integriert werden können.“ (Abschnitt 7.6, S. 28 der Onlineversion), und dass „das naturwissenschaftliche Arbeiten (...) phasenweise geradezu zum Organisationsprinzip der Unterrichtsführung“ gemacht werden könnte.

Bald war klar, dass dies kein neues Unterrichtsschema bedeuten durfte, das womöglich das forschend-entwickelnde Verfahren ablösen sollte, sondern viel eher eine fallweise Akzentuierung einzelner Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens. Eine Botschaft war jedoch von Anfang an eindeutig: Mit einer Vergrößerung des Anteils von Experimenten alleine wäre eine Veränderung nicht zu bewerkstelligen. Denn solange Schülerinnen und Schüler nur nach Vorgabe Reagenzien mischen und Farbumschläge notieren, würden sie kaum zum Kern des naturwissenschaftlichen Umgangs mit der Welt vordringen. Experimente können zwar Antworten liefern, aber deren Bedeutung erfasst nur derjenige, der die Frage selbst – wenigstens teilweise – formuliert hat.

Betrachtet man die notwendigen Kompetenzen, die zur Bearbeitung naturwissenschaftlicher Fragestellungen erforderlich sind, dann sind dies einerseits laborpraktische Fertigkeiten, andererseits aber kognitive Fähigkeiten wie das Strukturieren eines Problems, das Definieren und Erfassen von Parametern, das Modellieren von Abläufen, das Aufstellen von Hypothesen, die Wahl eines geeigneten Experiments zur Verifizierung u. v. a. m.

In den inzwischen erschienenen Berichten über die Ansätze und Ergebnisse derart akzentuierten Unterrichts [8] sowie in Unterrichtswerken, die das naturwissenschaftliche Arbeiten als Gliederungselement aufgenommen haben [9], finden sich zahlreiche Beispiele aus der Chemie. Allen ist die oben angesprochene Aspekthaftigkeit gemeinsam sowie die Forderung, dass die Lehrkraft mit den Schülerinnen und Schülern auch auf der Metaebene kommuniziert, m.a.W. ihnen verdeutlicht, welcher Art Tätigkeit sie nachgegangen sind und wie sich dieses Vorgehen in ein Verständnis naturwissenschaftlichen Arbeitens einordnen lässt. Die mit diesem Vorgehen verbundene Hoffnung ist, dass die Schülerinnen und Schüler über die Jahre der Mittelstufe hinweg dann die fallweise erarbeiteten Vorgehensweisen mit Hilfe ihrer Lehrkräfte zu einem sinnvollen Ganzen vereinigen und sich am Ende der Mittelstufe tatsächlich eine – auch alltagstaugliche – Vorstellung davon entwickelt hat, welches die Gegenstände der Naturwissenschaften bzw. der Chemie eigentlich sind und mit welchen Sichtweisen, Mitteln und Modellen sie auf die bearbeitbaren Fragestellungen zugehen.

Ein ebenso einfaches wie eindrucksvolles Beispiel lieferte kürzlich *Heinz Schmidkunz*, der vorschlägt, Schüler sollen eine Versuchsanordnung entwickeln, mit der man die Brenndauer einer Kerze bestimmen kann [10]. Ähnliche Aufgaben spielten in den SINUS-Schulen von Anfang an eine wichtige Rolle, etwa die Aufforderung an die Lernenden, die Übergänge zwischen den Aggregatzuständen experimentell nachzubilden. Eine Vielzahl weiterer Vorschläge mit SINUS-Hintergrund finden sich im Themenheft „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ von Unterricht Chemie [8] sowie in Dokumenten aus den SINUS-Projekten. [11]

Während die meisten Begriffe im Zusammenhang mit dem naturwissenschaftlichen Arbeiten mehr oder weniger geläufig sind (siehe Kasten 5), stieß die Bezeichnung „Modellieren“ anfangs auf einige Skepsis. Allzu deutlich war, dass dieser Begriff aus der Mathematik entlehnt war, wo man die gedankliche Strukturierung eines (komplexen)

Problems sowie die Wahl geeigneter Lösungsansätze darunter verstand.

Inzwischen haben sich die Vorbehalte vermindert, weil viele Lehrkräfte in eigenen Erprobungen die Nützlichkeit dieser spezifischen Sichtweise positiv erlebt haben. Dabei kann sich das Modellieren auf sehr unterschiedlichem Niveau vollziehen, z. B. kann es auf Stoff-Kreisläufe und deren Störungen angewandt werden, etwa die Atmosphäre und den Treibhauseffekt, es kann aber auch um die Nutzung logischer Verknüpfungen gehen, wenn statt eines schlecht zugänglichen Parameters ein besser kontrollierbarer untersucht werden soll. Ein Beispiel ist der Stoff- und Energieumsatz beim Menschen. Natürlich lässt sich dessen Wärmeproduktion in einer temperierten Kammer messen, einfach ist es aber, den CO₂-Anteil seiner Atemluft zu kontrollieren und – über eine eindeutige chemische Gleichung verknüpft – die Menge der „verbrannten“ Kohlenhydrate oder die freigesetzte Energie anschließend zu berechnen.

Eine besondere Rolle spielen in diesem Kontext Aufgabenformate. Ja sie könnten womöglich leichter als andere Sichtweisen den geforderten Perspektivwechsel im Chemieunterricht voran bringen. Zum einen eigenen sich Aufgaben nach den Erfahrungen der SINUS-Schulen ganz hervorragend, um die vorgestellte Aspektierung in Bezug auf naturwissenschaftliches Arbeiten zu unterstützen: Man kann sinnvolle Teilaufgaben abgrenzen und sie den Schülerinnen und Schülern zur individuellen und gemeinsamen Bearbeitung überantworten, man kann die so gewonnenen Ergebnisse in das Unterrichtsgeschehen zurück holen und so auch einen Wechsel der Arbeitsformen bewerkstelligen. Zum anderen können Aufgaben auch die immer wieder geforderte innere Differenzierung (bei grundsätzlicher Zielgleichheit) befördern: Das Angebot gestufter Hilfen, wie sie in den letzten Jahren an vielen SINUS-Schulen entwickelt wurden, gleicht Lerntempi aus und unterstützt dennoch die Selbstständigkeit [12].

Kasten 5: Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens

Beobachten
Messen
Vergleichen
Ordnen
Erkunden
Vermuten
Prüfen
Hypothesen formulieren
Experimentieren
Diskutieren
Interpretieren
Modellieren
Mathematisieren
Recherchieren
Kommunizieren

Kasten 6

„Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.“ (OECD 1999)

Schließlich führte die Orientierung am naturwissenschaftlichen Arbeiten noch zu einer ganz anderen Wendung: Mit der Akzentuierung wurde vielen der agierenden Lehrkräfte zugleich deutlich, was man unter Naturwissenschaftlicher Grundbildung verstehen kann. Die Definition alleine (siehe Kasten 6) reicht da kaum aus, mit den Aspekten des naturwissenschaftlichen Arbeitens entwickelt sich aber eine Vorstellung davon, über welche Kompetenzen Schülerinnen und Schüler im Endeffekt verfügen sollen und an welchen geeigneten Beispielen diese erworben, entwickelt und erprobt werden können.

4 Kollegiale Kooperation

Das vielleicht wichtigste Ergebnis von SINUS sind die überaus positiven Erfahrungen mit der Intensivierung der kollegialen Kooperation. Nicht dass sie sich überall in gleicher Weise und gleicher Intensität vollzogen hätte: besonders im gymnasialen Bereich gab es anfangs Widerstände und später Verzögerungen, teilweise auch Aus- und Abgrenzungen. Aber an den Schulen, die sich bewusst die Kooperation auf die Fahnen geschrieben hatten, sind Entwicklungen eingetreten, die mit einiger Sicherheit dauerhaft sein werden.

Zuerst ist da der pragmatische Aspekt: Wenn sich eine Fachgruppe mit dem Stationenlernen auseinander setzt (Beispiele hierzu finden sich in großer Zahl in [13]), macht sich Kooperation schnell bezahlt. Die ausgearbeiteten Stationen können, wenn im Konsens entwickelt, im ganzen Jahrgang eingesetzt werden, vermutlich auch in den Folgejahren. Die zunächst investierte Mehrarbeit wird bald durch eine deutliche Entlastung überkompensiert. Weitere ganz praktische Aspekte betreffen die Absprachen über Regeln im Unterricht: Wie sieht ein Protokoll idealtypisch aus, welcher Art sollen die Ausarbeitungen der Schülerinnen und Schüler sein, wie wird mit der Fachsprache umgegangen und vieles mehr.

Wo der Austausch zur Selbstverständlichkeit wird, wo vielleicht gemeinsam eine Unterrichtseinheit entwickelt wird, fällt auch leichter das Prinzip der geschlossenen Türen. Kollegiale Hospitationen, von vielen gefürchtet, weil man sich auf Augenhöhe in die Karten blicken lässt, vermeintlich all seine Schwächen offenbart, werden umso einfacher, je enger zuvor an einem gemeinsamen Konzept gearbeitet worden ist. Ergänzender Grundsatz in den Modellversuchsschulen war, dass es keine Rundum-Rückmeldungen durch die Beobachter gab, sondern eine vom Unterrichtenden formulierte Frage, auf die er dann eine detaillierte Antwort erwarten konnte. Der Gegenstand der Beobachtungen konnte dabei alles mögliche sein, von der Kommunikation mit einzelnen Schülern bis hin zur Durchführung eines Experiments am Lehrertisch.

In Schulen, die ein gewisses Niveau der Kooperation verwirklicht hatten, begann dann auch die Auseinandersetzung mit übergreifenden Programmen: Wie können wir Literacy unterstützen? Wie könnte ein durchgängiges Methodenkonzept für unseren Fachbereich aussehen? Und gemeinsam mit den Nachbarfächern: Was bedeutet für uns Naturwissenschaftliche Grundbildung und wie können wir unseren Unterricht so gestalten und aufeinander abstimmen, dass dieses Ziel der Kompetenzentwicklung auf Seiten der Schülerinnen und Schüler auch tatsächlich in Reichweite kommt. [14]

5 Resume

Chemieunterricht nach SINUS ist nicht sehr viel anders als davor: Schüler müssen beobachten, protokollieren, Formeln lernen, Lehrkräfte müssen mit geringem Etat Schülerversuche organisieren, sich über Vorschriften partiell hinwegsetzen, um Aufmerksamkeit kämpfen und vieles mehr. Dennoch hat sich vieles geändert: Der Anteil der Schüleraktivitäten ist deutlich gewachsen, den Schülern werden kognitiv anspruchsvolle (Teil-)Aufgaben zur Bearbeitung vorgelegt, es wird mehr gesprochen, insbesondere über das jeweilige Tun, es werden Alternativen zugelassen, Kontexte gesucht. Und in den betreffenden Kollegien geht mehrheitlich die gemeinsame Arbeit weiter, gibt es eher Zufriedenheit mit der eigenen Unterrichtsarbeit und nach all der methodischen Innovation auch wieder erste didaktische Überlegungen im engeren Sinn.

Literatur

- [1] Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (Hrsg.): Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Materialien Heft 60. Bonn 1997 (vergriffen; zum Download: <http://www.blk-bonn.de/papers/heft60.pdf>)
- [1a] http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/blk_prog/blkstefr.htm
- [2] J. Leisen (Hrsg.): Methodenhandbuch DFU. Bonn 1999
- [3] Th. Freiman, V. Schlieker: Methodenwerkzeuge. Unterricht Chemie, Heft 64/65, 12. Jg., Seelze 2001. Die gleichnamige CD erschien ebenfalls im Friedrich Verlag (Seelze 2002).
- [4] H. Klippert: Methodentraining. Weinheim 1994
- [5] L. Stäudel, B. Werber (Hrsg.): Informationen beschaffen, aufbereiten, präsentieren. Methodenlernen in den Naturwissenschaften. „Lernbox Naturwissenschaften“. Seelze 2001
- [6] P. Slaby: Mit Maus und Tastatur – PC-Einsatz im Chemieunterricht. In Unterricht Chemie H. 70/71 (Offene Lernformen). 13. Jg., S. 62–65
Ders.: 100 alltägliche Stoffe – Multiples Training im Umgang mit Informationen. In: Unterricht Chemie H. 76/77 (Naturwissenschaftliches Arbeiten). 14. Jg., S. 28–29
- [7] OECD PISA: PISA 2000 – Beispielaufgaben aus dem Lesekompetenztest. Broschüre als Download: http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/Beispielaufgaben_Lesen.PDF
- [8] P. Pfeifer, T. Freiman, L. Stäudel (Hrsg.): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht Chemie H. 76/77, 14. Jg., Seelze 2003
R. Duit (Hrsg.): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht Physik H. 74, 14. Jg., Seelze 2003
H. Gropengießer, L. Stäudel, R. Duit: Naturwissenschaftliches Arbeiten. Seelze 2004
- [9] L. Stäudel, B. Werber, T. Freiman: Lernbox: Naturwissenschaften – verstehen und anwenden. Seelze 2002
- [10] H. Schmidkunz: Experimente mit Kerzen. In: Unterricht Chemie H. 82/83, (Aufgaben). 15. Jg., S. 21–24
- [11] http://www.evbg.de/de/sinus/cd_struktur/indexfranken.html (SINUS-Set Bayern/Gymnasien)
- M. Stamme, L. Stäudel: Naturwissenschaftliches Arbeiten und Methodenvielfalt. CD-ROM für die kollegiale Fortbildung. Kassel 2000 (erhältlich beim Autor dieses Beitrags, Schutzgebühr 9,00 €)
- [12] siehe die Beispiele in L. Stäudel, V. Woest (Hrsg.): Aufgaben. Unterricht Chemie H. 82/83, 15. Jg., Seelze 2004
- [13] L. Stäudel (Hrsg.): Lernen an Stationen. Unterricht – Chemie Heft 58/59, 11. Jg., Seelze 2000
- [14] E. Nahrgang: Eine Schule übt Literacy. In: Lernchancen 2004 (im Druck)

Anschrift des Verfassers:

Dr. Lutz Stäudel, Universität Kassel, Institut für Chemie, Didaktik der Chemie, 34109 Kassel

Aulis Verlag Deubner
Köln und Leipzig

Schriftleiter und Herausgeber:
Prof. Dr. Michael W. Tausch, Syke
Herausgeber:
Prof. Dr. Reinhard Demuth, Kronshagen; Prof. Dr. Brigitte Duvinage,
Potsdam; Dr. Gert Latzel, Riemerling; Prof. Dr. Viktor Obendrauf, Gnas
(Österreich)

TIMSS, PISA und mehr ...

Herausgeber: R. Demuth

INHALT

Praxis-Info
Was soll die Chemiedidaktik
leisten? II
M. W. Tausch

Thementeil
Vorwort 1
R. Demuth

Computergestützte
Concept Maps 2
I. Stracke, D. Urhahne,
C. Gräsel u. R. Demuth

Diagnose von vernetztem
Wissen 8
I. Stracke, C. Gräsel u.
R. Demuth

Chemie lernen und
mit Chemie lernen 12
I. Parchmann u. J. Menthe

Curriculare Innovation 18
M. W. Tausch

Eine neue Aufgabenkultur
für einen neuen Chemie-
unterricht 21
P. Nentwig, D. Christiansen
u. B. Steinhoff

Die Bestimmung und
Zuordnung von Feststoffen
als Wettbewerb im
Chemieanfangsunterricht 25
M. Damberg

Chemieunterricht
nach „SINUS“ 27
L. Stäudel

Serie
Kurzversuche mit Elementen
Teil 9b: Bor und Aluminium
aus der dritten Gruppe 33
G. Schwedt

Forum
Denkfigur 1 –
Das Falsifikationsprinzip 34
M. Wohlmuth

Magazin
Vergleichende Gewässer-
untersuchungen 38
R. Schmidt

Zeitschriftenrundschau 45

Hinweis 46

Bücher 46


Rückschau 48

Biologie 8/53 48

Physik 8/53 48

Impressum 48

Kurzfassungen III

 Die so gekennzeichne-
ten Beiträge enthalten
Online-Ergänzungen
unter [http://www.aulis.de/zeit-
schriften/chis/](http://www.aulis.de/zeit-
schriften/chis/)

VORSCHAU

Heft 1 / Jg. 54 (15. 1. 2005)
Kits for Kids
Hrsg.: Dr. G. Latzel/P. Heinzerling

Heft 2 / Jg. 54 (1. 3. 2005)
Wissen festigen
Hrsg.: Prof. Dr. B. Duvinage

Heft 3 / Jg. 54 (15. 4. 2005)
Titandioxid
Hrsg.: Prof. Dr. M. W. Tausch

Heft 4 / Jg. 54 (1. 6. 2005)
Anfangsunterricht
„Naturwissenschaften“*
Hrsg.: Prof. Dr. R. Demuth



Titelbild

Weitere Themenplanung

Chemie und Kunst*
Hrsg.: Prof. Dr. V. Obendrauf

Methan im Aufwind*
Hrsg.: Dr. G. Latzel

Technische Verfahren
gestern und heute*
Hrsg.: Prof. Dr. B. Duvinage

Methodenkarussell*
Hrsg.: Prof. Dr. Tausch

Aufforderung zur Mitarbeit: Bei
den mit * gekennzeichneten The-
menheften ist eine Mitarbeit am
Thementeil noch möglich.

Zuschriften und Manuskripte die
Themenhefte betreffend werden
an den jeweiligen Herausgeber
erbeten.

Einsendungen zum Magazinteil,
zum Forum und den übrigen Ru-
briken werden an die Schriftlei-
tung erbeten. Alle Beiträge wer-
den nur unter der Voraussetzung
angenommen, dass sie keiner
anderen Zeitschrift zur Veröf-
fentlichung angeboten worden
sind. Unverlangt zur Rezension
eingehende Bücher werden nicht
zurückgesandt. Alle Rechte vor-
behalten.

Hinweise: Einzelne Beiträge, Ar-
beitsblätter und Materialien dür-
fen entsprechend dem Urheber-
recht zu Unterrichtszwecken bis
zu Klassen- bzw. Kursstärke ver-
vielfältigt werden. Die hierfür
vom Gesetz vorgeschriebene Ver-
gütung ist durch den Pauschalver-
trag zwischen Kultusministerium
und VG Wort abgedeckt.

Der Inhalt dieses Heftes wurde
sorgfältig erarbeitet. Dennoch
übernehmen Autoren, Heraus-
geber, Redakteur und Verlag für
die Richtigkeit von Angaben,
Hinweisen und Ratschlägen so-
wie für eventuelle Druckfehler
keine Haftung. Bei allen Substan-
zen, die in Experimenten einge-
setzt werden sollen, sind die ent-
sprechenden Gefahrenhinweise
angegeben; z. B. Natrium (leicht-
entzündlich, F; ätzend, C). Die
Herausgeber wollen damit den
Lesern einen zusätzlichen Service
anbieten. Jeder Experimentator ist
aber selbst gehalten, sich genaues-
tens über das Gefährdungspoten-
zial der verwendeten Stoffe zu in-
formieren, mit entsprechender
Vorsicht zu experimentieren und
hinterher alles ordnungsgemäß zu
entsorgen. Dabei sind die Vor-
schriften der Gefahrstoffverord-
nung (ein-schließlich R-, S- und
E-Sätze) in deren aktuellster Fas-
sung sowie die Dienstvorschriften
der Schulbehörden zu beachten!