

# Kompetenzen und Standards in Mathematik und Naturwissenschaften

IMST

## IMST NEWSLETTER

### 2 Von Bildungsstandards zum kompetenzorientierten Unterricht

### 4 Thematische Beiträge aus Wissenschaft und Praxis

## EDITORIAL

Mit großer Freude übermitteln wir Ihnen hiermit den IMST-Newsletter zum aktuellen Thema „Kompetenzen und Standards in Mathematik und Naturwissenschaften“. Im Mittelpunkt dieser Ausgabe steht die qualitätsvolle Innovationsarbeit von Projekten aus der Schulpraxis, die vom Team des IMST-Themenprogramms „Kompetenzen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“ betreut wurden. Dieses besteht aus Expertinnen und Experten der Regionalen Fachdidaktikzentren für Biologie, Chemie, Mathematik und Physik in der Steiermark. Die Vielfalt im Team bildet sich in den breit über Fächer und Schulstufen gestreuten Artikeln sehr gut ab. Sie dokumentieren, wie sich Lehrkräfte im Rahmen ihres Professionalisierungsprozesses Zugänge zu kompetenzorientierter Unterrichts- und Schulentwicklung erarbeitet haben.

Das zunehmend notwendige Fokussieren des Unterrichts auf kompetenzorientiertes Lernen und damit auch Lehren stellt gerade in Verbindung mit den Bildungsstandards sowie der neuen teilzentralen Reifeprüfung eine große Herausforderung dar. Der vorliegende Newsletter möchte daher durch das Sichtbarmachen von guter Praxis in diesem wichtigen Umfeld einen Beitrag zur Verbreitung und qualitätsvollen Thematisierung leisten. Dabei wird die Thematik des kompetenzorientierten Unterrichtens in der Mathematik und den Naturwissenschaften sowohl aus theoretischer als auch aus praktischer Sicht bearbeitet, von der Grundstufe bis zur Sekundarstufe. Die linken Seiten geben jeweils eine theoretische Einführung, die rechten Seiten zeigen Erfahrungsberichte von IMST-Projekten aus der Schulpraxis.

Natürlich können die Schulprojekte in diesem Rahmen nur kurz zusammengefasst werden. Die vollständigen Projektberichte finden sich im IMST-Wiki, wobei in diesem Newsletter erstmals ein direkter Weg dorthin mit QR-Codes eröffnet wird. Wenn Sie eine dieser grau/schwarzen Abbildungen mit Ihrem Smartphone fotografieren, erhalten Sie (mit einer frei downloadbaren Software zum Einlesen) eine direkte Verbindung zur entsprechenden Seite im IMST-Wiki. Selbstverständlich finden Sie die Berichte auch klassisch auf [www.imst.ac.at/wiki](http://www.imst.ac.at/wiki).

Wir möchten Sie auch darauf hinweisen, dass wir mit dieser Ausgabe die neue Ausschreibung zur Förderung innovativer Unterrichts- und Schulprojekte im Rahmen der Themenprogramme starten. Gesucht sind Projekte aus den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Deutsch und technischer Fächer aus allen Schulstufen und Schultypen. Genauere Informationen zur Ausschreibung finden Sie online unter [www.imst.ac.at](http://www.imst.ac.at) bzw. in der Heftmitte (Ausschreibungsunterlagen für das Projektjahr 2012/13).

Wir wünschen Ihnen viel Lesevergnügen!  
Heimo Senger & Gerhard Rath

Österreichische Post AG / Sponsoring\_Post  
1020384215



# KOMPETENZEN

PISA

Aufgaben

Lehrplan

Schlüsselqualifikationen

Standards

Lernziele

Lernstoff

von Leopold Mathelitsch  
und Gerhard Rath

## Von Bildungsstandards zum kompetenzorientierten Unterricht

Besonders beliebt sind sie ja nicht gerade in den Schulen. Eine gängige Meinung ist: Wir kommen ihnen nicht mehr aus, wir müssen mit ihnen leben – den nationalen *Bildungsstandards*. Auf Testung ausgerichtet, von „oben“ eingeführt, PISA lässt grüßen. Und dann sind sie noch in Form von Kompetenzen formuliert – der didaktische Modebegriff schlechthin. Verbirgt sich dahinter nicht etwas Altbekanntes: Lehrstoff, Lernziele, Schlüsselqualifikationen, ...?

Wir stimmen diesen Aussagen nicht zu, sondern sehen in dieser Entwicklung Chancen und Möglichkeiten für einen verbesserten Unterricht. Bestärkt wurden wir in unserer Meinung im letzten Jahr durch eine Reihe von IMST-Projekten im Rahmen des Themenprogramms „Kompetenzen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“, die zeigten, dass eine Ausrichtung auf Kompetenzen die Qualität des Lernens nachhaltig steigern kann.

### Was sind Kompetenzen?

Über die Bildungsstandards brauchen wir nicht viele Worte zu verlieren. Wie Lehrpläne stellen sie einen gesetzlichen Rahmen dar. Im Gegensatz zu diesen formulieren sie aber nicht, was im Unterricht gebracht werden soll, vielmehr benennen sie nachhaltige Lernergebnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler bestimmter Altersstufen. Die Standards sind also in Form von Kompetenzen formuliert (Abb.1).

Nicht gemeint sind damit allgemeine „Schlüsselqualifikationen“, die oft als Kompetenzen bezeichnet werden, etwa Selbst- oder Sozialkompetenz. Diese sind von konkreten Lerninhalten weitgehend unabhängig und für Testungen schwer zugänglich. Kompetenzen im Sinne der Bildungsstandards bezeichnen

dagegen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Einstellungen „... zur Lösung von Problemen in bestimmten inhaltsbezogenen Handlungsfeldern“ (Schecker, 2007, S. 6).

Damit sind wir schon ein Stück näher am Unterricht, denn der Erwerb von Fähigkeiten zur Lösung von Problemen in bestimmten Inhaltsfeldern stellt ein wesentliches Lernziel dar, gerade in Mathematik und den naturwissenschaftlichen Gegenständen. Problemlösen war schon immer wichtig, könnte man jetzt einwerfen. Was ist denn das Neue, was kann der Mehrwert dieser Entwicklung sein?

Ein neuer Aspekt begegnet uns in Form von *Kompetenzmodellen*. Lehrpläne strukturieren eine Systematik von *Inhalten*. Bei dem, was Schülerinnen und Schüler damit *machen*, bleiben sie meist vage und beschränken sich auf wenige Handlungsformen („kennen“, „verstehen“). Die Kompetenzmodelle der Bildungsstandards benennen dagegen eine Vielfalt möglicher Tätigkeiten, und sie bringen diese in ein theoretisch fundiertes System. Die Handlungsdimensionen der Kompetenzmodelle können uns dabei helfen, im Unterricht eine größere Breite relevanter Aktivitäten Lernender ins Auge zu fassen.

Durch den Bezug auf Kompetenzmodelle wird eine Schwäche des bisherigen – stark auf Inhalte fokussierten – Unterrichts sichtbar: Ordnet man etwa traditionelle Aufgaben, wie sie in Schulbüchern der Mathematik und Naturwissenschaften zu finden sind, in dieses neue Schema ein, so decken sie nur einen Teil der möglichen Handlungsbereiche ab. Dies zeigt etwa eine Untersuchung von Thaler (2009), in der Aufgaben aus drei Schulbüchern für Physik (8. Schulstufe) nach dem Kompetenzmodell NAW18 analysiert wurden. Einige der Handlungsbereiche kamen überhaupt nicht vor (Abb. 2).



### Kompetenzorientiert unterrichten

Kompetenzmodelle bilden erwünschte Zustände ab, das Lernen ist jedoch ein Prozess, ein individueller Aufbau von Wissen und Fähigkeiten über lange Zeiträume. Wie sich Kompetenzen entwickeln und wie dies bei der/dem Einzelnen gefördert werden kann, das sind Kernfragen eines kompetenzorientierten Unterrichts. Sie lassen sich nicht durch das Aufstellen eines theoretischen Modells beantworten, aber auch nicht durch unreflektiertes Umsetzen im Unterricht. Die Entwicklung kompetenzzentrierten Unterrichts kann nur in einer Wechselwirkung von Theorie und Praxis erfolgen: Erfahrungs- oder theoriegeleitete Unterrichtseinsätze, Evaluation durch die Lehrperson selbst (Aktionsforschung) oder unterstützt durch Externe, Erfahrungsaustausch in relevanten Netzwerken – von der Fachgruppe an der Schule bis hin zu Wissenschafts-Praxisreflexionsgruppen in den Regionalen Netzwerken, Einbeziehung dieser Reflexionen und Veröffentlichung dieser Good-Practice-Beispiele, Verbreitung in Form von Umsetzung durch weitere Lehrpersonen sowie Sammlung und Evaluation dieser Praxisberichte. Dies bedarf einer kontinuierlichen und partnerschaftlichen Zusammenarbeit von SchulpraktikerInnen und FachdidaktikerInnen.

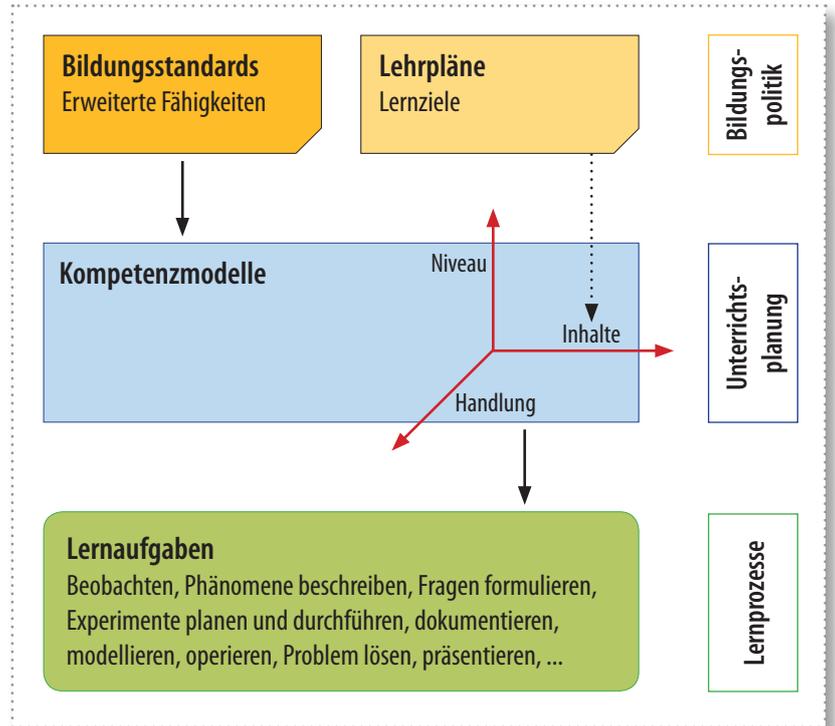


Abb. 1: Begriffliche Struktur des kompetenzorientierten Unterrichts

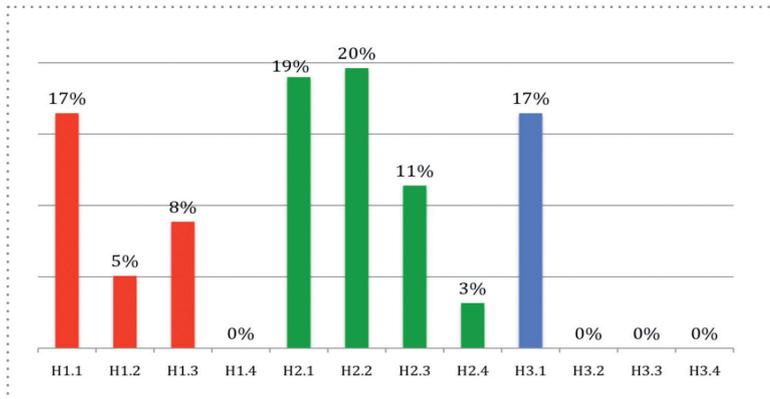


Abb. 2: Prozentuelle Häufigkeit von Handlungsbereichen bei Physikaufgaben aus drei Schulbüchern für die 8. Schulstufe (Thaler, 2009)

### IMST-Themenprogramm „Kompetenzen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“

Im Themenprogramm „Kompetenzen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“ wird versucht, diese Verbindung von Theorie und Praxis zu knüpfen. In den Projekten bringen Lehrpersonen ihre eigenen Zugänge zu Fragen einer Kompetenzorientierung ein. Die Umsetzung und die Evaluierung erfolgen in Zusammenarbeit mit dem Betreuungsteam, was eine Einbeziehung von Ergebnissen fachdidaktischer Forschung bedeutet, diese aber auch anregen kann. Dabei zeigt sich, dass gute Lernaufgaben eine Schlüsselrolle im gezielten Aufbau von Kompetenzen spielen. Sie rücken vom Rand in das Zentrum des Unterrichts, in ihnen verwirklichen sich die Handlungen der Schülerinnen und Schüler.

Diese Wechselwirkung von Theorie und Praxis soll sich auch in diesem Newsletter widerspiegeln. Jedem Thema ist eine Doppelseite gewidmet, wobei sich Good-Practice-Beispiele und fachdidaktische Reflexionen gegenseitig ergänzen und zu einer einheitlichen Darstellung einer Thematik führen sollen.

■ **Leopold Mathelitsch** ist Mitarbeiter des Fachdidaktikzentrums Physik Graz. **Gerhard Rath** unterrichtet am BRG Kepler und ist Mitarbeiter am Fachdidaktikzentrum Physik Graz.

#### Literatur:

- Schecker, H. (2007). Die Bildungsstandards Physik. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 1/07, 4ff.
- Thaler, K. (2009). *Bildungsstandards im Physikunterricht. Korsett oder Katalysator?* Diplomarbeit an der Karl-Franzens-Universität Graz.

#### Weitere Informationen im Internet:

<http://www.science-competences.at>

Website des IMST-Themenprogramm „Kompetenzen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“

<http://fachdid.uni-graz.at/kompetenzen>

Materialien-Plattform des Themenprogramms (für Gäste frei)

## Kompetenzen im Sachunterricht Grundschule

von **Hans Eck, Peter Holl**  
und **Andreas Niggler**

Im österreichischen Schulsystem sind bislang noch keine Bildungsstandards für den Sachunterricht der Grundschule verpflichtend festgeschrieben. Trotzdem wird in der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften versucht, diesem Manko durch eine gezielte, kompetenzorientierte Unterrichtsstruktur zu begegnen, deren Vorbilder in den deutschsprachigen Nachbarländern zu finden sind. Beispielsweise gibt es in Baden-Württemberg die „Bildungsstandards für den Fächerverbund Mensch, Natur und Kultur in der Grundschule“.

Wie kann kompetenzorientierter Unterricht im Rahmen der naturwissenschaftlichen Lern- und Erfahrungsbereiche im Sachunterricht der österreichischen Grundschule gestaltet werden? Frei nach dem Motto „Natur macht neugierig“ sollen Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit erhalten, zu staunen, zu forschen, zu experimentieren, zu dokumentieren, aber auch persönliche Haltungen und Einstellungen zu entwickeln, um die Natur zu entdecken, zu schützen und zu erhalten.

Das Interesse von Kindern im Volksschulalter an naturwissenschaftlichen Experimenten wurde schon vom Reformpädagogen und Physiker Martin Wagenschein im Buch „Kinder auf dem Wege zur Physik“ beschrieben (Wagenschein, 1973). Die kindliche Zugangsweise bezeichnete er als „Kristalle des Verstehens“.

Wenn zum Beispiel ein Kind einen Eiswürfel in einem vollen Wasserglas beobachtet, wird es merken, dass das Wasser nicht überläuft. Wenn es den Eiswürfel mit den Fingern leicht untertaucht, wird es aber sehen, dass etwas Wasser überläuft. Diese Verknüpfung zwischen dem Eintauchen und der Wasserverdrängung ist bereits der Ursprung des Verstehens. Das Staunen über das Ungewohnte nennt Wagenschein den „Urakt aller Naturforschung“ (Wagenschein, 1971, S. 207).

Die Chemiedidaktikerin Gisela Lück weist in ihren zahlreichen Büchern und Veröffentlichungen immer wieder darauf hin, dass im Mittelpunkt eines naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts das Kennenlernen von Phänomenen und das handlungsorientierte, freudige Umgehen mit ihnen stehen müssen. Es geht um erste Deutungen in kindeigener Sprache und um die Entwicklung einer positiven, interessierten und offenen Haltung gegenüber den Naturwissenschaften (Lück, 2006).

Aus diesen Überlegungen heraus lassen sich folgende Kernkompetenzen festlegen, die durchaus in das österreichische Bildungssystem überführbar wären:

Die Schülerinnen und Schüler können ...

- Erscheinungen der belebten und unbelebten Natur und die Erfahrungen mit ihr gezielt wahrnehmen und dokumentieren,
- Phänomene beschreiben und begrifflich erfassen,
- eigene Fragen stellen,
- dazu einfache Experimente planen und durchführen,
- diese diskutieren, auswerten und optimieren,



- Erfahrungen miteinander vergleichen und ordnen,
- Regelmäßigkeiten aufspüren und in anderen Kontexten wiedererkennen,
- technische und mediale Hilfsmittel zur selbstständigen Informationsbeschaffung über Naturphänomene verwenden.

Kompetenzorientierter Unterricht verlangt eine Vielfalt didaktischer Methoden. Einige Möglichkeiten sind u.a. genaues Beobachten, selbstständiges Experimentieren, Lerntagebücher, Ausstellungen und Präsentationen, darstellendes Spiel sowie gezielte Beobachtungs- und Selbsteinschätzungsbögen.

Die zahlreichen Untersuchungen und Diskussionen in den IMST-Projekten der Periode 2010/2011 unterstreichen zudem den folgenden Schluss in Bezug auf kompetenzorientierten Sachunterricht der Grundschule: „Durch die Verbindung schulischen Lernens mit dem eigenen Handeln wird das Lernen persönlich bedeutsam und damit nachhaltig geprägt.“ (KM Baden-Württemberg, o.J., S. 96)

■ **Hans Eck** ist Koordinator des NAWI-Bezirksnetzwerks Voitsberg ([www.nawinetz-voitsberg.stsnet.at/nawi](http://www.nawinetz-voitsberg.stsnet.at/nawi)) und Mitarbeiter an der Pädagogischen Hochschule Steiermark. **Peter Holl** und **Andreas Niggler** sind Mitarbeiter an der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule Steiermark.

### Literatur:

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg (KM Baden-Württemberg) (o.J.). Fächerverbund Mensch, Natur und Kultur. Online unter: [http://www.bildung-staerkt-menschen.de/service/downloads/Bildungsstandards/GS/GS\\_MeNuk\\_bs.pdf](http://www.bildung-staerkt-menschen.de/service/downloads/Bildungsstandards/GS/GS_MeNuk_bs.pdf) [5.1.2012].

Lück, G. & Köster, H. (2006). *Physik und Chemie im Sachunterricht*. Braunschweig: Westermann.

Wagenschein, M., Banholzer, A. & Thiel, S. (1973). *Kinder auf dem Wege zur Physik*. Stuttgart: Klett.

Wagenschein, M. (1971). *Die pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig: Westermann.



# „We try it weekly“

## Wöchentliches Experimentieren ab der ersten Volksschulklasse

von **Susanne Eva Obernberger**



Abb. 1: SchülerInnen der Volksschule beim Experimentieren

- Hast du zu Hause Versuche aus der Schule durchgeführt?
- Gibt es Ideen, was wir forschen könnten?

Jedes Kind hatte einen Duplostein (Buben blau – Mädchen rot). Die Kinder legten ihren Stein zu der passenden Antwort, bauten Säulen aus den Steinen und legten Holzziffern dazu. Fertig war die Statistik! Die Ergebnisse waren: Die Kinder lieben die Forschertage. Sie zeigen kompetentes Verhalten im organisatorischen Bereich (Herräumen, Wegräumen von Materialien, Vorsicht, Regelbewusstsein, ...), sie können beobachten und dies auch verbal ausdrücken. Es sind bereits Kompetenzen im Beobachten, Beschreiben, Berichten, Überlegen und Verstehen von Sachzusammenhängen zu erkennen.

Das erste Forscherjahr war für uns höchst motivierend und erfolgreich. Nicht zuletzt gewannen wir damit den IMST-Award für Volksschulen!

■ **Susanne Eva Obernberger** ist Lehrerin an der Volksschule Wien 20.

Als ich das Projekt „We try it weekly“ im Rahmen des Themenprogramms „Kompetenzen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“ einrichtete, wollte ich eine Lernumgebung schaffen, in der sechsjährige Kinder wöchentlich Fragen aus dem naturwissenschaftlichen Bereich begegnen. Die Kinder sollten lernen, Vermutungen zu äußern, zu argumentieren, Versuche durchzuführen, gezielt zu beobachten und Beobachtetes zu beschreiben. Forschen sollte annähernd so selbstverständlich werden wie Lesen und Schreiben. Tatsächlich zeigte sich, dass die Kinder durch die Regelmäßigkeit der Forscherstunden nach und nach Kompetenzen und Wissen erworben haben. Erkenntnisse wurden immer stärker vernetzt und somit zu nachhaltigem Wissen. Eine wesentliche Rolle in den wöchentlichen Forscherstunden spielte die Sprachentwicklung. Die Kinder lernten Gegenstände, Prozesse und Beobachtungen in einer fachlich korrekten Sprache mitzuteilen.

Die behandelten Fragen waren sehr nah mit der kindlichen Umwelt verbunden, z.B.:

- Wie löst sich ein Zuckerwürfel auf?
- Kann ich aufgelösten Zucker wieder aus der Flüssigkeit herausbekommen?
- Ist ein leeres Glas tatsächlich leer?

Jede Stunde wurde mit Fotos und Beschreibungen dokumentiert.

Gemeinsam mit den Kindern führte ich eine statistische Erhebung durch. Für die Befragung wurden – da die Kinder noch nicht lesen konnten – Fragekärtchen und unterschiedliche Lösungskärtchen verwendet. Einige der Fragen waren:

- Willst du nächstes Jahr wieder eine wöchentliche Forscherstunde haben?
- Was hat dir an der Forscherstunde gefallen?
- Welcher Versuch hat dir am besten gefallen?



[www.imst.ac.at/wiki](http://www.imst.ac.at/wiki)

Der Projektbericht von Susanne Eva Obernberger ist im IMST-Wiki online.

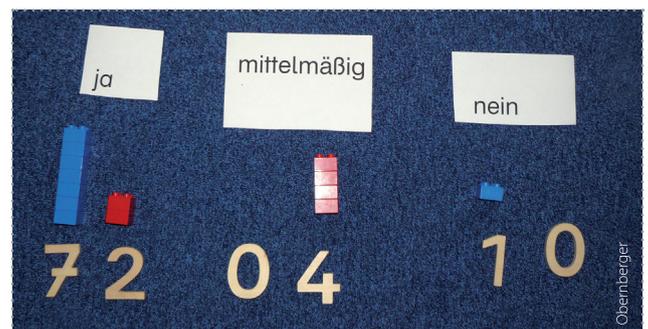
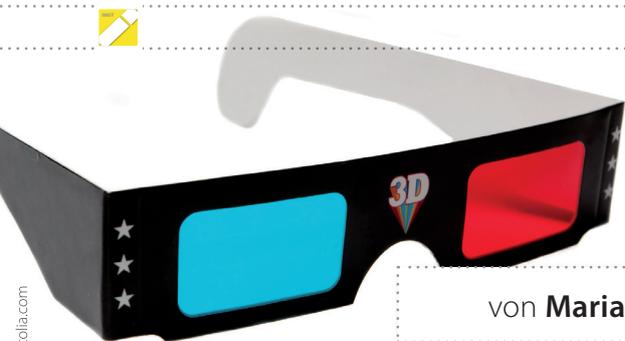


Abb. 2: „Magst du unsere Forscherstunden?“



von **Maria Fast**

## Kompetenzorientiert Mathematik unterrichten

### 1. bis 4. Schulstufe

Um den Ansprüchen eines innovativen Mathematikunterrichts, der auf eine Verbesserung der Unterrichtsqualität zielt, in der Grundschule gerecht zu werden, sind Lehrerinnen und Lehrer gefordert, mathematische Kompetenzen über die vier Schuljahre nachhaltig aufzubauen.

In diesem Beitrag wird die grundlegende inhaltliche Kompetenz „Zahlen im Zahlenraum 100.000 lesen und darstellen“ im Zusammenhang mit den allgemeinen mathematischen Kompetenzbereichen der Bildungsstandards beschrieben. Die angebotenen Übungen zum Erfassen des dekadischen Systems dienen einerseits dazu, die Kompetenz über die Schuljahre hinweg zu entwickeln, und andererseits als Ideenpool für Fördersituationen, wie z.B. nach der Informellen Kompetenzmessung (BIFIE, o.J.).

#### Kompetenzbereich Modellieren

Nicht nur mit „Sachen“ rechnen, sondern tatsächlich **Mathematik und die Wirklichkeit verbinden**.

Von der Alltagssituation zur Mathematik oder vom Material zur Zahl: größere Mengen von Gegenständen (wie z.B. 37, im Klassenverband auch Zahlen im Zahlenraum 1.000) zählen und (zu Päckchen) bündeln. Anschließend wird die Anzahl in die Stellentafel übertragen und die Zahl aufgeschrieben.

*Impuls: „Mach Päckchen, damit man sieht, wie viel das ist, und damit du es als Zahl aufschreiben kannst.“*

Von der Mathematik zur Alltagssituation oder von der Zahl zum Material: Die geschriebene Zahl wird wieder rückgedeutet auf die Menge, indem die einzelnen Ziffern interpretiert werden.

*Frage/Auftrag: „Was haben die einzelnen Ziffern, nämlich 3 und 7 (Zahl 37), mit den Würfeln zu tun?“ „Kannst du mir zeigen, was bei den Päckchen jetzt 3 ist?“*

#### Kompetenzbereich Operieren

Nicht nur **Verfahren** „abspulen“, sondern auch **flexibel einsetzen und verstehen**.

Operieren bedeutet, aus unterschiedlichen Verfahren das Passende auszuwählen und es korrekt durchzuführen. Auch der Umgang mit Tabellen und Grafiken ist inkludiert. Zählen, Strukturieren, Klassifizieren und Ordnen sind notwendige wichtige Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Stellenwertverständnis. Die Vorstellung, dass eine Multiplikation mit 10 bedeutet, in der Stellentafel eine Spalte weiterzurücken, ist wertvoll, weil sie auch später auf der Sekundarstufe, im Gegensatz zum „Null anhängen“, mit Dezimalzahlen tragfähig ist.

#### Kompetenzbereich Kommunizieren

Nicht nur das Ergebnis hinschreiben, sondern auch **sagen, schreiben, zeichnen, legen können, was man denkt/tut**. Nicht nur schriftliche und mündliche Formen, sondern auch andere Repräsentationsformen wie Legen und Zeichnen er-

möglichen eine Kommunikation über mathematische Sachverhalte. Sie helfen, die Kluft zwischen Sprechen/Darstellen und Verständnis zu überbrücken. Die folgenden Stufen (Wartha, 2011, S. 12) gliedern den Abstraktionsprozess und erweitern Fähigkeiten im Kompetenzbereich Kommunizieren:

- Handeln an geeignetem Material
- Verbalisieren der Materialhandlung
- Verbalisieren der Materialhandlung in der Vorstellung
- Arbeiten auf symbolischer Ebene

Größere Zahlen erfordern einen mentalen Zugang über Anzahlen oder Größen, wie z.B. Längen oder Geld. Somit erfolgt der Einstieg im dritten Aspekt.

*Impuls/Auftrag: 100.000 – Wie viel ist das? Ich kann mir das nicht vorstellen. Wie würdest du das erklären? Schreib auf.*

#### Kompetenzbereich Problemlösen

Nicht nur vorher Eingelerntes abarbeiten, sondern auch **durch eigenes Kombinieren einen Lösungsweg finden**.

Problemlöseaufgaben unterscheiden sich von Routineaufgaben dadurch, dass der Lösungsweg nicht von vornherein eindeutig klar und gesichert ist. Problemlösen bedeutet, die Suche nach einem Weg oder einer Lösung durch kreatives Kombinieren des eigenen zur Verfügung stehenden Wissens. Das Ungewohnte, die „Nicht-Routine“ der folgenden Aufgabe ist die zweistellige statt der einstelligen Zehnerstelle. Dies verlangt eine „Bündelung in der Bündelung“.

*Auftrag: „Du hast 3 Einer, 15 Zehner und 2 Hunderter. Lege mit Rechengeld (Einerwürfel, Zehnerstangen, Hunderterplatten), notiere in einer Stellenwerttabelle und schreibe die Zahl auf.“*

Viele KollegInnen werden sich in ihrer Arbeit bestätigt fühlen, weil sie schon immer auf ein fundiertes Stellenwertverständnis besonderen Wert legten. Standards bringen vorrangig keine neuen mathematischen Inhalte, sondern eine andere Sichtweise. Der Blick richtet sich auf die Kompetenzen der Kinder.

■ **Maria Fast** ist Mitarbeiterin an der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule Wien.

#### Literatur:

- BIFIE (o.J.). *Diagnoseinstrumente zur Informellen Kompetenzmessung (IKM)*. Online unter: <https://www.bifie.at/ikm> [15.12.2011].
- Fast, M. & Platzgummer, F. (2010). *Bildungsstandards Mathematik 4. Erziehung und Unterricht*, 160(3-4), 281-290.
- Wartha, S. & Schulz, A. (2011). *Aufbau von Grundvorstellungen (nicht nur) bei besonderen Schwierigkeiten im Rechnen*. Handreichungen des Programms SINUS an Grundschulen. Online unter: [http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material\\_aus\\_SGS/Handreichung\\_WarthaSchulz.pdf](http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_WarthaSchulz.pdf) [15.12.2011].

von **Edith Schwarze**

## Bewegt und mutig ins Land der Zahlen und Formen

Rechenoperationen können mit Erfahrungen im Bereich der Basissinne und der Motorik in Verbindung gebracht werden. Sich aufsteigend und absteigend bewegen, das Vorwärts- und Rückwärtsgehen körperlich erfassen, kann den Zugang zum Addieren bzw. Subtrahieren erleichtern, es kann auch das Bestimmen von Vorgänger oder Nachfolger in einer Zahlenreihe verständlicher machen. Mit dem Projekt wollte ich mein Augenmerk auf die Förderung der pränumerischen und numerischen Fertigkeiten von SchulanfängerInnen richten, bei gleichzeitiger Entwicklung von Wahrnehmungsfähigkeit und Motorik.

Zu Schulbeginn ermittelte ich die Ausgangslage im Bereich der sensomotorischen Fertigkeiten. Mit Hilfe eines eigens erstellten Beobachtungskatalogs überprüfte ich das statische und dynamische Gleichgewicht, die Rhythmusfähigkeit, das Körperschema und die kinästhetische Wahrnehmung der Kinder der beiden ersten Klassen. Zur Erfassung der Ausgangslage bei den mathematischen Vorläuferfertigkeiten verwendete ich den Osnabrücker Test zur Zahlbegriffsentwicklung (van Luit, van de Rijt & Hasemann, 2001). Dieses standardisierte Testverfahren ermöglicht die Einstufung der Kinder in Niveaus ihrer Entwicklung. Dabei werden die Kriterien „vergleichen“, „klassifizieren“, „Eins-zu-Eins-Zuordnen“, „nach der Reihenfolge ordnen“, „Zahlwörter benutzen“, „synchrones und verkürztes Zählen“, „resultatives Zählen“ und „Anwenden von Zahlenwissen“ überprüft.

Daraufhin erstellte ich ein Vierstufen-Programm für Kinder, die in beiden Bereichen Auffälligkeiten zeigten:

1. Gleichgewicht – Rhythmus
2. Körperwahrnehmung – Körperschema
3. Mein Körper im Raum
4. Vom Innenraum zum Außenraum

Motorik, Wahrnehmungsbereiche und mathematische Fertigkeiten wurden verknüpft trainiert. Exemplarisch werden im Folgenden die beiden ersten Bereiche genauer ausgeführt.

### Gleichgewicht – Rhythmus

Vor allem das Gehen auf der Linie vorwärts und rückwärts, Balancieren auf Balancierbalken und Balancierbrett, das Fahren mit Pedalo und Rollbrett, das Springen auf dem Trampolin und das Springen von Hampelmann und Hopserlauf wurde angeregt. Themen im mathematischen Bereich waren: das Klassifizieren und Eins-zu-Eins-Zuordnen, das Zählen von Alltagsdingen im Schulhaus, das Führen von Strichlisten mit dem anschließenden Zuordnen gleicher Würfelmengen.

### Körperwahrnehmung – Körperschema

Die Übungen zum Training des Gleichgewichts und des Bewegungsrhythmus wurden beibehalten, jedoch baute ich verstärkt Übungen zur Körperwahrnehmung und des Körperschemas ein.

Im mathematischen Bereich ging es in dieser Phase vor allem um das Ertasten von Formen und Körpern, das Hören und Fühlen von Anzahlen, das Bilden von Mengen bis zehn und deren Ziffernabbildungen. Das Auflegen der Ziffern und Mengen auf dem Zahlenstrahl (= die Linie, die bereits durch die verschiedenen „Geh- und Balancierübungen“ bekannt war) war

für die Kinder in dieser Zeit eine große Motivation und Herausforderung.

### Ergebnisse – Kompetenzen

Die Evaluation zeigte positive Ergebnisse sowohl bei mathematischen als auch bei motorischen Kompetenzen. Offenbar kann ein bewegter und handelnder Zugang in die Welt der Mathematik die Phänomene um Zahlen, Formen und Zeichen „begreifbar“ machen. Durch die aktive und freudige Mitarbeit der Kinder und den positiven Einfluss auf den Lernalltag wurde ich bestärkt, dieses Projekt fortzuführen.

■ **Edith Schwarze** ist Lehrerin an der Volksschule Kirchdorf/Krems.

#### Literatur:

van Luit, J.E.H., van de Rijt, B.A.M. & Hasemann, K. (2001). *Osnabrücker Test zur Zahlbegriffsentwicklung*. Göttingen: Hogrefe.



[www.imst.ac.at/wiki](http://www.imst.ac.at/wiki)

Der Projektbericht von Edith Schwarze ist im IMST-Wiki online.

# Kompetenzorientiert Mathematik unterrichten

## 5. bis 8. Schulstufe

von **Waltraud Knechtl**

### Bildungsstandards

In Lehrplänen ist beschrieben, was im Unterricht behandelt werden soll (Inputsteuerung). Standards legen fest, welche Fähigkeiten und Fertigkeiten Schülerinnen und Schüler am Ende einer Schulstufe erworben haben sollen (Outputsteuerung).

Die Identifikation und Festlegung der Standards für den Mathematikunterricht am Ende der 8. Schulstufe orientiert sich an zwei einander ergänzenden bildungstheoretischen Anforderungen: Lebensvorbereitung und Anschlussfähigkeit.

- Mathematische Standards, die sich an der *Lebensvorbereitung* orientieren, können sich nicht auf operative Aspekte der Mathematik beschränken, sie müssen auch konstruktive (z.B. Modellbilden) und vor allem kommunikative Aspekte der Mathematik (etwa Darstellen, Interpretieren, Begründen) in den Blick nehmen, reflektieren und vernetzen.
- *Anschlussfähigkeit* fokussiert auf mathematisches Wissen und Können, die als Grundlage für eine weiterführende mathematische Ausbildung hilfreich sind. Dies gilt auch für die Bewältigung von mathematischen Anforderungen, die über Alltagsanforderungen hinausgehen. Anschlussfähigkeit ist so gesehen eine Form der „Kommunikationsfähigkeit“ (Kommunikation mit mathematisch höher Gebildeten) wie auch Lebensvorbereitung im weiteren Sinne (IDM, 2007).

### Unterricht

Bei der Konzeption, Planung und Durchführung des Unterrichts soll darauf geachtet werden, dass die Lernenden die in den Standards dargelegten Fähigkeiten entwickeln können. Das Modell der Bildungsstandards lenkt den Blick auf unterschiedliche mathematische Tätigkeiten. Entsprechende Lernarrangements sollen den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, ihre mathematischen Kompetenzen zu entwickeln.

### Aufgaben variieren

Die Variation von Aufgaben ermöglicht, unterschiedliche Handlungs- und Komplexitätsbereiche anzusprechen. Außerdem wird der Mathematikunterricht dadurch vielfältiger und lebendiger, er hält das Interesse wach.

■ **Waltraud Knechtl** ist organisatorische Leiterin des IMST-Themenprogramms „Kompetenzen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“.

In der 1C-Klasse wurden die Schülerinnen und Schüler in einem Fragebogen nach ihren Lieblingstieren, ihrem Lieblingssport und der Höhe ihres Taschengeldes befragt. Gruppe 1 hat zu den Lieblingstieren eine Strichliste gemacht.

Lieblingstier	Anzahl der Kinder
Hund	### III
Katze	### II
Hase	###
Pferd	III
Anderes	II

beide Abbildungen: Knechtl

Gruppe 2 hat die Höhe des Taschengelds der Reihe nach geordnet aufgeschrieben.

0,0,0,3,5,5,5,7,10,10,10,10,10,10,15,15,15,15,20,20,20,25,25,40

Gruppe 3 hat zum Lieblingssport ein Stabdiagramm erstellt.



- Erstelle zu den Lieblingstieren ein geeignetes Diagramm.  
(H1-I4-K1: Darstellen)
- Wie viel Taschengeld bekommen die Kinder der 1C im Durchschnitt?  
(H2-I4-K1: Rechnen)
- Wie viele Kinder haben weder Fußball noch Schwimmen als Lieblingssport?  
(H3-I4-K2: Interpretieren; vernetzt)
- Gruppe 1 hat berechnet, dass die durchschnittliche Taschengeldhöhe der Kinder der 1C-Klasse 12 € beträgt. Gruppe 2 ermittelt die durchschnittliche Taschengeldhöhe, indem sie den Betrag genau in der Mitte der geordneten Liste nimmt und behauptet: „Eigentlich passen 10 € besser für das durchschnittliche Taschengeld in unserer Klasse!“  
Hat die Gruppe 2 Recht? Begründe deine Antwort.  
(H1-I4-K3: Modellbilden; Reflexion)

Abb. 1: Beispiel einer Aufgabenvariation für eine 1. Klasse (5. Schulstufe) zum Inhaltsbereich I4: Statistische Darstellungen und Kenngrößen..

#### Literatur:

IDM (2007). *Standards für die mathematischen Fähigkeiten österreichischer Schülerinnen und Schüler am Ende der 8. Schulstufe*. Klagenfurt: Institut für Didaktik der Mathematik. Online unter: [http://www.uni-klu.ac.at/idm/downloads/Standardkonzept\\_Version\\_4-07.pdf](http://www.uni-klu.ac.at/idm/downloads/Standardkonzept_Version_4-07.pdf) [12.1.2012]

#### Weitere Informationen im Internet:

<http://www.bifie.at>

Aufgabenpool, Freigegeben Items, Praxishandbuch für „Mathematik“ 8. Schulstufe

<http://mb-gemeinsamlernen.bmukk.gv.at>

Anregungen für den Unterricht, Mathematik Methoden, Projekt „Mathematische Bildung von der 5. bis 8. Schulstufe, P[MB:5-8]“

<http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/programm>

Programm SINUS (Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts)



# Ein Eisberg von Kompetenzen

von **Anna Peer**

Begonnen hat das Ganze bei einer Fortbildungsveranstaltung an der Hauptschule Anger. Dort lernten wir das „Eisbergmodell“ der Realistischen Mathematik nach Freudenthal kennen.

Nach diesem Modell erfolgt Lernen immer auf drei Ebenen:

- der **informalen** oder Handlungsebene,
- der **präformalen** oder symbolischen Ebene,
- der **formalen** Ebene.

Vier Lehrerinnen der Hauptschule Anger erprobten dieses Modell beim Thema „Geometrische Körper“ in der fünften und siebenten Schulstufe.

In der Vorbereitung haben wir den Stoffbereich „Prismen“ in drei Inhaltsbereiche gegliedert: Eigenschaften, Oberflächeninhalt und Rauminhalt. Zu jedem dieser Bereiche haben wir ein „Eisbergmodell“ erstellt, um deutlich zu machen, welche Anforderungen bzw. Aufgabenstellungen den drei Ebenen des Modells entsprechen. Im nächsten Schritt haben wir Beispiele ausgewählt und diese nach den drei Ebenen des Eisbergmodells kategorisiert.

Damit sollte ein solides *Basiswissen* vermittelt werden, das ein verständnisvolles Lösen von Aufgaben ermöglicht und eine gute Grundlage für das Erreichen der formalen Ebene schafft. Für den Unterricht war uns wichtig, mit entsprechendem Material und geeigneten Arbeitsaufträgen Gelegenheiten zum Problemlösen auf der informalen und der präformalen Ebene zu schaffen.

Zuerst wurden durch das Betrachten und Hantieren mit Alltagsgegenständen, Körpermodellen und zeichnerischen Darstellungen die Eigenschaften der Körper erarbeitet. In der 5. Schulstufe beschränk-

te sich die Arbeit auf quader- und würfelförmige Gegenstände, in der 7. Schulstufe wurden auch andere Körpermodelle (z.B. Prismen) betrachtet und beschrieben,

anschließend wurde eine Definition für Prismen erarbeitet. Viele Schülerinnen und Schüler haben den Zusammenhang zwischen der Anzahl der Ecken, Kanten und Begrenzungsflächen mit der Form der Prismengrundfläche herausgefunden. Sie konnten sogar eine Formel zur Berechnung der Anzahl von Kanten, Ecken und Flächen beliebiger Prismen erarbeiten und haben somit die formale Ebene erreicht.

Das Ausschneiden, Falten und Zeichnen von Prismennetzen war eine wichtige Vorbereitung für das Berechnen des Oberflächeninhalts. Mit eher offen gehaltenen Arbeitsaufträgen wurde das selbstständige Denken gefördert: „Stelle selbst eine Schachtel her“ (Arbeitsauftrag in der 5. Schulstufe) oder „Stelle eine Verpackung für drei Tennisbälle her“ (7. Schulstufe). Auch für die Berechnung des Rauminhalts haben wir viele Arbeitsaufträge auf der Handlungsebene gestellt: Befüllen von Gegenständen, Auslegen mit Einheitswürfeln oder Bauen von Würfelkörpern.

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung haben bestätigt, wie wichtig es ist, dass dem Problemlösen auf der informalen und der präformalen Ebene ein breiter Raum eingeräumt wird. Wie ein Eisberg nur dann stabil schwimmfähig ist, wenn er eine breite Basis hat! Für verständnisvolles, nachhaltiges Lernen dürfen das Formalisieren und das Anbieten von Algorithmen zum Problemlösen nicht zu früh erfolgen.

Wesentliche Aufgabe für Lehrende ist es, zu erkennen, ob ein Kind auf einer Ebene überfordert ist, denn es ist nicht zielführend, auf einer höheren Stufe intensiver zu üben, wenn das Grundverständnis für eine Problematik fehlt.

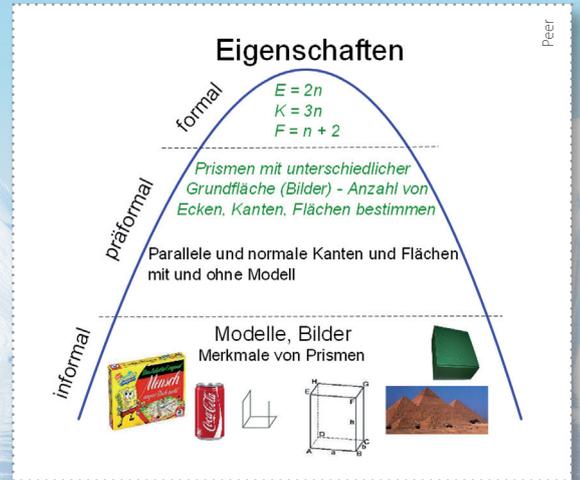


Abb. 1: Körpermodelle im Eisbergmodell der 7. Schulstufe

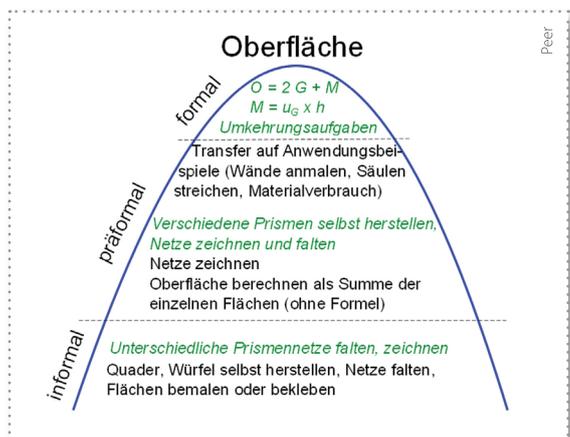


Abb. 2: Die drei Ebenen des Eisbergmodells

■ **Anna Peer** ist Lehrerin an der Hauptschule Anger.



[www.imst.ac.at/wiki](http://www.imst.ac.at/wiki)

Der Projektbericht von Anna Peer ist im IMST-Wiki online.

z576, forolia.com

# Förderung von experimentellen Kompetenzen

## Forschendes Lernen in vier Phasen

von **Erich Reichel**  
und **Eduard Schittelkopf**

In der aktuellen Version des österreichischen Kompetenzmodells NAWI8 in der Fassung vom Juni 2011 sind die Handlungsbereiche „Wissen organisieren“, „Erkenntnisse gewinnen“ und „Schlüsse ziehen“ definiert. Die experimentellen Kompetenzen sind vorwiegend im zweiten Bereich verankert. Ich kann einzeln oder im Team ...

E1 ... zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben.

E2 ... zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen.

E3 ... zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren.

E4 ... Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren.

Wir stellen im Folgenden eine Methode vor, wie experimentelle Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler beim forschenden Lernen qualitativ und quantitativ erfasst werden können.

### Phase 1 (optional): Einführung

Die Schülerinnen und Schüler werden in das Beobachten eingeführt. Unter einer Beobachtung versteht man eine Wahrnehmung mit allen Sinnen ohne Interpretation. Dazu wird den Schülerinnen und Schülern ein Experiment gezeigt. Die durchgeführten Beobachtungen können dem Experimentiermaterial, der Durchführung oder dem Phänomen zugeordnet werden. Für das forschende Lernen ist es notwendig, dass die ausgesuchten Experimente ein selbstständiges Weiterentwickeln durch die Lernenden erlauben. Bei fortgeschrittenen Schülerinnen und Schülern kann diese Phase entfallen.

### Phase 2: Experimentieren

Die Schülerinnen und Schüler führen das Experiment selbstständig durch und fixieren ihre Beobachtungen schriftlich. Sie werden aufgefordert, diese in einem vorgegebenen Raster (vgl. Abb. 1) zu dokumentieren (Handlungsbereich E1). Dies ermöglicht eine quantitative Erfassung der erworbenen Kompetenzen durch die Lehrperson.

### Phase 3: Finden der eigenen Forschungsfrage

Die dokumentierten Beobachtungen führen zur Formulierung eigener Forschungsfragen und Vermutungen (Handlungsbereich E2). Die Dokumentation zeigt diesen Weg von der Beobachtung bis zum Experiment auch für Mitschüler und Mitschülerinnen sowie für die Lehrperson.

### Phase 4: Untersuchen der Forschungsfrage

Die Schülerinnen und Schüler planen, bearbeiten und dokumentieren das ihrer eigenen Forschungsfrage entsprechende Experiment. Dies schärft die Beobachtungsgabe und weckt Interesse und Bereitschaft, sich mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu beschäftigen (Handlungsbereich E3). Sind die Lernenden in der Lage ihre Daten zu ordnen, zu vergleichen, Abhängigkeiten festzustellen und Ergebnisse zu präsentieren, werden auch Kompetenzen in der Handlungsdimension E4 gefördert.

■ **Erich Reichel** unterrichtet am BG/BRG Seebachergasse Graz und ist Mitarbeiter an der Pädagogischen Hochschule Steiermark. **Eduard Schittelkopf** ist Mitarbeiter an der Pädagogischen Hochschule Steiermark.

	Beobachtung	Anzahl
-> Zyklus <	Frage	vorhanden
	Vermutung	vorhanden
	Eigenes Experiment	vorhanden
	Weitere Beobachtungen	Anzahl
	Auswertungen und Schlussfolgerungen	vorhanden
	Präsentation	durchgeführt

### Einfache Auswertung mittels Checkliste

Mit Hilfe dieses Rasters ist es der Lehrperson möglich, den Fortschritt jedes/jeder einzelnen Lernenden zu verfolgen. Der „Zyklus“ gibt an, welche Arbeitsschritte beim Experiment immer wieder durchlaufen werden können.

Die aktuelle Version des Protokollrasters und der Checkliste findet man auf: <http://physik.didaktik-graz.at>

Abb. 1: Schema des Protokollrasters zum Dokumentieren von Experimenten



von **Artur Habicher**  
und **Hans Hofer**

## Vom Bauen und Messen in der Naturwerkstatt

Welche naturwissenschaftlichen Kompetenzen werden durch einen Laborunterricht (Naturwerkstatt) gefördert? Wie verändern sich dabei Konzepte der Lernenden? Werden auch Haltungen erworben, die zu einer verantwortungsvollen Entwicklung unserer Umwelt beitragen können?

Diese Fragen wurden im Schuljahr 2010/11 an der Praxishauptschule der Pädagogischen Hochschule Tirol mit dem Unterrichtsprojekt „Kompetenzentwicklung durch Laborunterricht am Beispiel Energie“ untersucht. Das Thema Energie wurde gewählt, weil es ein zentrales Konzept der naturwissenschaftlichen Fächer darstellt und weil es gleichzeitig in den öffentlichen Diskussionen über Wirtschafts- und Umweltprobleme allgegenwärtig ist.

### Kompetenzen beim Bauen und Messen von Autos

Die Schüler, die sich für die unverbindliche Übung „Naturwerkstatt“ meldeten (es nahmen nur Buben daran teil), entwickelten Modellautos und testeten verschiedene Antriebsformen. Genaue Protokolle und vom Lehrer geleitete Reflexionen unterstrichen den naturwissenschaftlichen Charakter dieses Laborunterrichts.

Das Projekt zeigte, dass naturwissenschaftliche Kompetenzen in besonderem Maße gefördert wurden. Beinahe die Hälfte der Zeit wurde zum „Bauen“ verwendet. Die Bereiche „Messungen durchführen“, „Dokumentieren“, „Messdaten interpretieren“ und „eigene Fragestellungen entwickeln“ nahmen jeweils fast ein Achtel der Zeit in Anspruch. Stark gefördert wurde auch das Dokumentieren der Entwicklungsschritte.

Große Kompetenz zeigten die Schüler ferner beim *Formulieren eigener Fragen* und beim Beziehen der Ergebnisse auf die Messdaten. Sie stellten sich zusätzliche, eigene Fragen, auch wenn das nicht extra gefordert war. Insgesamt konnten die beobachteten Aktivitäten der Schüler im Laborunterricht allen drei Handlungskategorien im österreichischen Kompetenzmodell für die naturwissenschaftlichen Fächer (Wissen aneignen, Erkenntnisse gewinnen und Schlüsse ziehen) zugeordnet werden.

Da das praktisch-handwerkliche Tun durch regelmäßige Reflexionsphasen ergänzt wurde, zeigte auch der sprachliche Ausdruck der Teilnehmer eine positive Entwicklung: Die zuerst auf konkrete Gegenstände bezogenen Begriffe wurden mehr und mehr durch abstrakte Fachtermini ersetzt.

### Kompetenzen der nachhaltigen Entwicklung

Anders sah es aus bei Kompetenzen, die im Konzept der *Bildung für nachhaltige Entwicklung* angestrebt werden. Diese umfassen die Fähigkeiten und Fertigkeiten, alltägliche Probleme in Zusammenarbeit mit den beteiligten Menschen so zu lösen, dass auch nachkommende Generationen daraus einen Nutzen ziehen können. Es zeigte sich, dass diese Kompetenzen nicht von selbst – quasi als Nebenprodukt einer praktischen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen – entstehen, sondern gezielt angesprochen und geübt werden müssen.

■ **Artur Habicher** und **Hans Hofer** sind Mitarbeiter an der Pädagogischen Hochschule Tirol.



Abb. 1: Bauen von Modellautos in der Naturwerkstatt



Abb. 2: Luftdruck als alternativer Antrieb

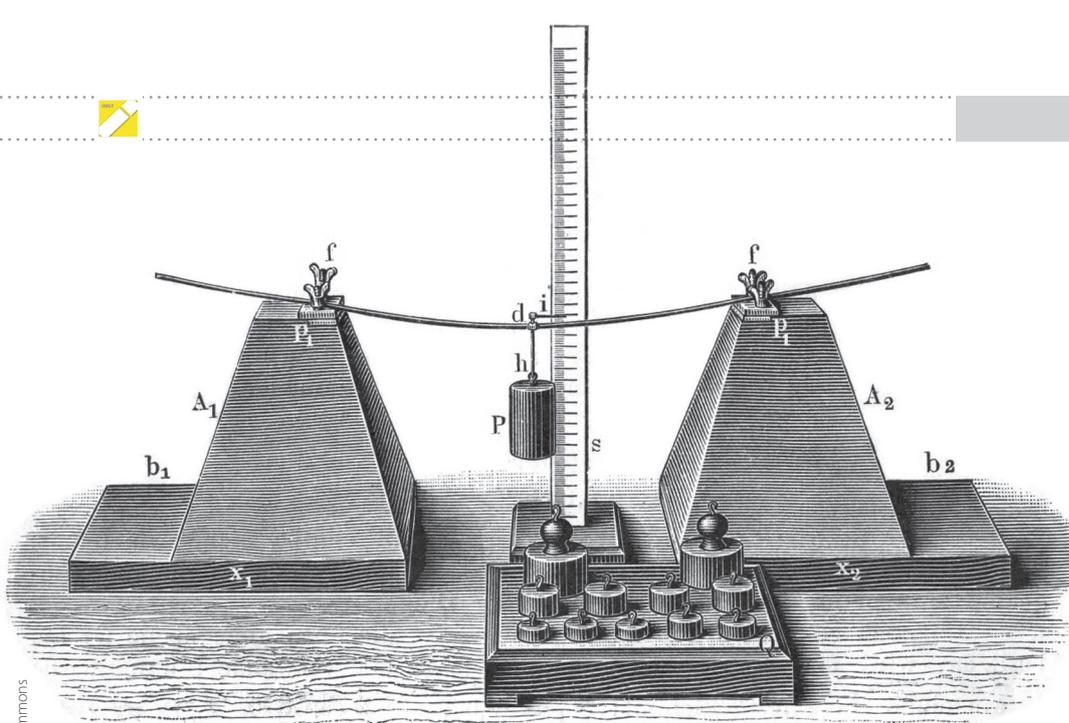


Abb. 3: Solarenergie als alternativer Antrieb



[www.imst.ac.at/wiki](http://www.imst.ac.at/wiki)

Der Projektbericht von Artur Habicher und Hans Hofer ist im IMST-Wiki online.



von Elisabeth Langer

## Fachbezogene Sprachkompetenz im Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht

„Betrachten Sie die Versuchsanordnung in der Abbildung auf dieser Seite und verfassen Sie eine schriftliche Beschreibung in englischer Sprache!“ Das fällt Ihnen schwer? So ähnlich geht es vor allem Schülerinnen und Schülern mit nichtdeutscher Muttersprache tagtäglich im Naturwissenschaftsunterricht (Beispiel in Analogie zu Tajmel, 2010).

Wahrscheinlich wäre Ihnen geholfen, wenn die Abbildung durch Wortschatzangaben (z.B. level pole = Messlatte, butterflynut = Flügelmutter) ergänzt wäre. Wortschatzhilfen, die nicht ausschließlich die Fachsprache selbst, sondern die Bildungssprache allgemein betreffen, sind auch im Fachunterricht eine wichtige Unterstützung.

Um fachbezogene Textkompetenz im rezeptiven und produktiven Bereich zu fördern, ist Wortschatzarbeit freilich nicht ausreichend. Die gerade in der Mathematik und den Naturwissenschaften stark elaborierte Fachsprache wird oft mit den Fachbegriffen gleichgesetzt. Es sind jedoch nicht nur die Fachbegriffe selbst, die das Verständnis der Fachsprache erschweren, sondern zahlreiche morphologische und syntaktische Besonderheiten, deren adäquate Anwendung nicht vorausgesetzt werden kann (vgl. Langer, 2010).

Andererseits sind durch den didaktischen Paradigmenwechsel (Kompetenzorientierung, Bildungsstandards, neue Reifepfung mit Vorwissenschaftlicher Arbeit) die sprachlichen Herausforderungen ge-

stiegen. In einem kompetenzorientierten Unterricht gehen die Anforderungen auch auf sprachlicher Ebene über das Reproduzieren des Lehrstoffs hinaus. Die Lernenden sollen Fachinhalte miteinander verknüpfen und in wechselnden Zusammenhängen zur Anwendung bringen, sie sollen Daten interpretieren und komplexe Situationen auf der Basis von Fachkonzepten in mündlichen und schriftlichen Beiträgen bewerten. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, im Unterricht aller Fächer das Hörverständnis ebenso zu trainieren wie das sinnentnehmende Lesen, die Bedeutungsaushandlung durch mündliche Diskussionen anzuregen und besonders auch das Schreiben von Texten zu üben. Dazu ist vor allem ein Umdenken erforderlich und ein verstärktes Bewusstsein für die Rolle der Sprache beim Aufbau von Fachkompetenz.

Im Unterricht muss den Lernenden ausreichend Zeit zur Formulierung von Fragen und/oder Antworten eingeräumt werden, und die Komplexität ihrer Aussagen soll sich schrittweise steigern. Das sinnentnehmende Lesen von Fachtexten (z.B. aus dem jeweiligen Lehrbuch) soll unter Zuhilfenahme geeigneter Lesestra-

tegien geübt werden. Besonders wichtig ist das Wahrnehmen bzw. Schaffen von Schreibchancen. Die Lernenden sollen im Rahmen kompetenzorientierter Aufgaben das Exzerpieren, das Zusammenfassen, das Verfassen und das Überarbeiten von Texten trainieren. Das Formulieren eigener Mathematik-Textbeispiele, das Schreiben von Versuchsvorschriften, das Verfassen von Protokollen und Berichten soll selbstverständlicher Teil des Unterrichts sein. Vor allem zur Unterstützung von Schülerinnen und Schülern mit nichtdeutscher Muttersprache ist ein Angebot an gestuften Lernhilfen zu empfehlen.

Zur Unterstützung der Fachlehrkräfte bei der Gestaltung eines sprachsensiblen Unterrichts stehen zahlreiche Publikationen zur Verfügung. Erwähnt sei hier nur das außerordentlich praxistaugliche Handbuch von Leisen (2010).

■ Elisabeth Langer unterrichtet am RGORG 15 Wien und ist Mitarbeiterin am Fachdidaktikum für Chemie der Universität Wien.

### Literatur:

- Langer, E. (2010). Spracherwerb im Naturwissenschaftsunterricht in Klassen mit Migrationshintergrund. In G. Fenkart, A. Lembens & E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.), *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften* (S. 89). Innsbruck: Studienverlag.
- Leisen, J. (2010). *Handbuch Sprachförderung im Fach*. Bonn: Varus.
- Tajmel, T. (2010). DaZ Förderung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In B. Ahrenholz (Hrsg.), *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache* (S. 167). Tübingen: Narr.



## Mehr Fachkompetenz durch Sprachkompetenz?

Das RGORG 15 liegt im 15. Bezirk in Wien. Seine Schülerinnen und Schüler stammen überwiegend aus Familien mit Migrationshintergrund und/oder aus bildungsfernen Schichten. Zwar ist die allgemeine Sprachkompetenz meist gut, die sogenannte „Academic Literacy“ allerdings meist nur in geringem Maß ausgebildet. Dies wirkt sich gerade in Unterrichtsgegenständen wie Mathematik oder den Naturwissenschaften deutlich auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler aus.

Das Spannungsfeld Sprachkompetenz – Fachkompetenz untersuchten wir in zwei IMST-Projekten: In der Unterstufe „Fachbezogene Textkompetenz in Mathematik und Naturwissenschaften“ und „Fachspezifische Textkompetenz im bilingualen Naturwissenschaftsunterricht“ in der Oberstufe, geleitet von Kollegin Stefanie Tausig.

Die beiden Projekte hatten zum Ziel, durch einen gezielten Aufbau bildungs- und fachsprachlicher Fähigkeiten eine Steigerung der allgemeinen Fachkompetenz zu erreichen. Dies sollte auch eine erhöhte Motivation der Lernenden nach sich ziehen.

Im Projekt der Unterstufe wurden vor allem Materialien und Methoden verwendet, welche im Handbuch „Sprachförderung im Fach“ von Josef Leisen (2010) beschrieben sind. Viele Arbeitsblätter wur-

den von den Lehrpersonen selbst entwickelt und in der Praxis erprobt. Bewährte Methoden zum Aufbau eines fachbezogenen Wortschatzes wurden regelmäßig angewendet. Im Mathematikunterricht der 5. Schulstufe lernten die SchülerInnen eigene Textbeispiele zu verfassen.

Die Evaluierung des Projekts erfolgte mit Hilfe von Fragebögen, Unterrichtsvideos und Lernzielkontrollen. Da die gezielte Förderung der Textkompetenz nicht bei allen Lerninhalten eingesetzt worden war, konnte man mit Hilfe von Lernzielkontrollen die Merkfähigkeit und die inhaltlichen Kenntnisse in Abhängigkeit vom Thema erheben.

Außerdem wurden die Daten des Salzburger Lese-Screenings (Auer, Gruber, Mayringer & Wimmer, 2010) in die Evaluation dieses Projekts einbezogen. Das SLS testet zwar die fachunabhängigen Lesefähigkeiten, doch die in einer Projektklasse (6. Schulstufe) festgestellte deutliche Steigerung aller SchülerInnen gegenüber dem Vorjahr und im Vergleich zur Parallelklasse ließ sich nur als Folge der sehr intensiven Textarbeit in Mathematik und Biologie erklären.

Im Oberstufenprojekt wurde vor allem mit CLIL (Content and Language Integrated Learning) gearbeitet. Dabei diente die Fremdsprache Englisch als Vehikel zur Erhöhung des Sprachbewusstseins. Zu den

von **Julia Marsik**

eingesetzten Methoden zählten „Concept Cartoons“ (Keogh & Naylor, 2000), außerdem sollte ein „Simple English Wikipedia“ Artikel erarbeitet werden.

Auch in diesem Projekt wurden Unterrichtsvideos aufgenommen und das Transkript dahingehend analysiert, ob die sprachfokussierten, kooperativen Aufgabenstellungen über einen Prozess der Bedeutungsaushandlung zu einer Entwicklung der SchülerInnen-Vorstellungen beitragen.

Beide Projekte waren aus der Sicht der Lehrpersonen und der Schülerinnen und Schüler im Sinne der angeführten Evaluation erfolgreich. Die Lehrerinnen selbst erfuhren einen deutlichen Kompetenzzuwachs bei der Aufgabenerstellung, und die Unterrichtseinheiten machten den Kindern und Jugendlichen großen Spaß, da durch die Methodenvielfalt und die ansprechenden Arbeitsaufträge eine neue Dynamik in den Schulalltag kam. Die Möglichkeit, durch das Schreiben und Bearbeiten von Texten, die Note in den Projektfächern zu verbessern, wurde von vielen genützt.

■ **Julia Marsik** ist Lehrerin am RGORG 15 Wien.



Abb. 1: Verbesserung der Sprachkompetenz als Gruppenförderung

### Literatur:

- Auer, M., Gruber, G., Mayringer, H. & Wimmer, H. (2010). *Salzburger Lesescreening 5-8*. Online unter: [http://www.bsrif.lsr-noe.gv.at/lesescreening/sls-5-8\\_handbuch.pdf](http://www.bsrif.lsr-noe.gv.at/lesescreening/sls-5-8_handbuch.pdf) [5.1.2010].
- Keogh, B. & Naylor S. (2000). *Concept Cartoons in Science Education*. Milgate House.
- Leisen, J. (2010). *Handbuch Sprachförderung im Fach*. Bonn: Varus.
- Simple Wikipedia. Online unter: <http://simple.wikipedia.org> [5.1.2010].



[www.imst.ac.at/wiki](http://www.imst.ac.at/wiki)

Der Projektbericht von Julia Marsik ist im IMST-Wiki online.

# Lernaufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht

## Warum? Wofür? Und vor allem – Wie?

von **Claudia Haagen-Schützenhöfer**

Bisher kam Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht eine eher untergeordnete Rolle zu. Unter *Aufgaben* wurden häufig kleinschrittige Anweisungen, Arbeitsaufträge („Lies den Text“, „Berechne!“, „Überprüfe!“) verstanden. Seit dem bescheidenen Abschneiden bei verschiedenen internationalen Vergleichsstudien und der dadurch ausgelösten Kompetenzorientierungs- und Standardisierungswelle sind *Aufgaben* in aller Munde: prototypische Aufgaben, Lernaufgaben, Lehraufgaben, Testaufgaben, Unterrichtsaufgaben, PISA-Aufgaben, Standardaufgaben, kompetenzorientierte Aufgaben, ...

Der folgende Beitrag setzt sich damit auseinander, warum diese „neue Aufgabenkultur“ einen Mehrwert für die Unterrichtsqualität bringen kann, wofür – für welche unterrichtlichen Zwecke – Aufgaben eingesetzt werden können und wie „gute Aufgaben“ gestaltet sind. Abschließend wird exemplarisch eine Beispielaufgabe vorgestellt.

**WARUM?** Lernen ist mehr als das bloße Aufnehmen und Abspeichern von Informationen. Lernen ist ein individueller Prozess, in dem Bedeutungen in Abhängigkeit von Vorwissen, Vorerfahrungen und Einstellungen von Lernenden aktiv konstruiert werden. Lernaufgaben bieten einen möglichen Kontrast zu gängigem Unterricht, der inputorientiert und an traditionellen Fachstrukturen orientiert ist. Lernaufgaben bieten die Möglichkeit, Lernumgebungen zu gestalten, die sich verstärkt an den Lernprozessen und Bedürfnissen der Lernenden orientieren und auf einen definierten Lernoutput hinsteuern.

**WOFÜR?** Der Einsatz von Aufgaben ist für alle Phasen des Unterrichts geeignet. Je nach Konzeption und Fokus kann zwischen Einstiegs-, Erarbeitungs- und Ergebnissicherungsaufgaben unterschieden werden. Durch diese vielfältigen Ausformungen eignen sich Aufgaben besonders, um verschiedene Facetten naturwissenschaftlicher Kompetenzen zielgerichtet zu fördern. Aufgaben haben anderen Unterrichtsmethoden gegenüber nicht zu unterschätzende Vorteile: Sie bieten etwa im Gegensatz zu fragend-entwickelndem Unterricht allen Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit zur Beteiligung und vermögen sie auf allen Leistungsniveaus kognitiv zu aktivieren. Zudem fördern sie selbsttätiges Lernen, ermöglichen ein eigenes Lerntempo und unterstützen Kooperationen sowie sachbezogene Kommunikation. Durch eine Strukturierung nach Anforderungsniveaus oder durch das Bereitstellen von Hilfen erweisen sich Aufgaben als ein gutes Instrument zur inneren Differenzierung, wodurch sie auch in der Lage sind, das Könnensbewusstsein der Lernenden sowie deren Einstellung zu Naturwissenschaften positiv zu beeinflussen (Gropengießer, Höttecke, Nielsen & Stäudel, 2006).

**WIE?** Für die erfolgreiche Gestaltung von schriftlichen oder mündlichen Lernangeboten gibt es, wie so oft im

Kontext Unterricht, kein Kochrezept. Grundsätzlich ist allerdings von vorrangiger Bedeutung, dass deutlich und für Lernende nachvollziehbar zwischen Lern- und Leistungsaufgaben unterschieden wird. In der gängigen Unterrichtspraxis findet leider allzu oft eine Vermischung von beidem statt, was sich nachteilig auf Lernprozesse auswirken kann (Leisen, 2010).

Meist weisen Lernaufgaben eine Dreiteiligkeit auf: Neben dem *Aufgabentext*, der Informationen über Fachinhalt, Kontext und die Einbettung in eine Situation enthält, umfassen Aufgaben idealerweise eine konkrete *Frage* bzw. *Aufforderung* und den *Unterstützungsteil* mit Bearbeitungshinweisen und Lösungshilfen (Kauertz & Fischer, 2010; Gropengießer et al., 2006).

Merkmale, die sich für Lernaufgaben als vorteilhaft erweisen haben, sind vielfältig. Die folgende Zusammenstellung erhebt weder Anspruch auf Vollständigkeit, noch kann eine Aufgabe alle Kriterien gleichzeitig beinhalten. Gute Aufgaben

- greifen lebensweltliche Kontexte auf und gehen von realistischen Angaben aus.
- passen zu den Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler, berücksichtigen den individuellen Lernstand, knüpfen an Vorwissen an und berücksichtigen SchülerInnenvorstellungen.
- sind lernerzentriert.
- legen die Funktion der jeweiligen Aufgabe im Lernprozess offen und führen so zu einem auswertbaren Lernprodukt.
- fördern das Könnensbewusstsein.
- mildern Lernhürden und Verständnisschwierigkeiten durch Bearbeitungshinweise und Lösungshilfen.
- unterstützen Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit.
- fördern Problemlösefähigkeiten.
- vernetzen erarbeitetes Wissen mit anderen Wissens- bzw. Anwendungsbereichen.

(Hepp & Lichtenstern, 2010; Leisen, 2010; Gropengießer et al., 2006)

■ **Claudia Haagen-Schützenhöfer** arbeitet am AECC Physik in Wien.

### Literatur:

- Gropengießer, H., Höttecke, D., Nielsen, T. & Stäudel, L. (Hrsg.) (2006). *Mit Aufgaben lernen: Unterricht und Material 5-10. Orientierung gewinnen, Wissen erarbeiten, Sicherheit erlangen, Probleme lösen*. Seelze: Friedrich.
- Hepp, R. & Lichtenstern, H. (2010). Verschiedene Ziele – verschiedene Aufgaben: Vielfältige Aufgabenformate zur Unterrichtsentwicklung nutzen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 21(117/118), 4-8.
- Kauertz, A. & Fischer, H. (2010). Standards und Physikaufgaben. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (S. 663-688). Berlin: Springer.
- Leisen, J. (2010). Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren: Informationen und Beispiele zu Lernaufgaben im kompetenzorientierten Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 21(117/118), 9-13.
- Wodzinski, R. & Stäudel, L. (Hrsg.) (2009). *Aufgaben mit gestuften Hilfen für den Physik-Unterricht*. Seelze: Friedrich.



## Beispielaufgabe FROSTSCHUTZ

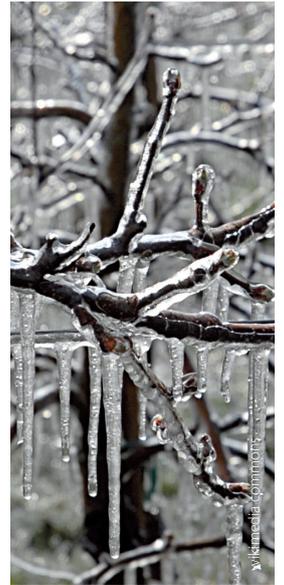
Adaptiert und ergänzt aus Wodzinski & Stäudel (2009, S. 60ff.)

[http://www.leifiphysik.de/web\\_ph09/umwelt\\_technik/07obstschutz/obstschutz.htm](http://www.leifiphysik.de/web_ph09/umwelt_technik/07obstschutz/obstschutz.htm)

Die Aufgabe „Frostschutz“ eignet sich für den Physikunterricht der Oberstufe und beinhaltet die Verwendung von gestuften Hilfen. Die Grundidee hinter Hilfekärtchen ist, aktivierende Aufgaben, die einen gewissen Komplexitätsgrad aufweisen und ein bestimmtes Maß an Vorwissen voraussetzen, Lernenden aller Leistungsniveaus zugänglich zu machen. Dazu wird eine Reihe von inhaltlichen und lernstrategischen Hilfen angeboten, über deren Nutzung die Lernenden selbst entscheiden. Für die Verwendung gestufter Hilfen eignen sich besonders Aufgaben, die komplex und eher geschlossen sind sowie auf Aktivierung, Reorganisation, Anwendung und Transfer bereits vorhandenen Wissens abzielen.

Die Bearbeitung von Aufgaben mit gestuften Hilfen empfiehlt sich in Teams vorzunehmen. Die Hilfekärtchen haben eine Vorderseite („Hilfe“) mit Denkanstößen und Fragen sowie eine Rückseite („Antwort“) mit den entsprechenden Lösungen. Um zu verhindern, dass die Hilfe vorschnell zur Lösung der Aufgabe herangezogen wird, empfiehlt es sich, die Hilfekärtchen in nummerierte Kuverts zu geben oder zu falten.

Als Zielsetzungen verfolgt die Lernaufgabe ein qualitatives Verständnis der Erstarrungswärme (Energiebetrachtung) sowie das Modellieren eines realen Problems. Vorausgesetzt wird Wissen über Phasenübergänge, Schmelz- und Erstarrungswärme.



### Frostschutz durch Beregnung

Wenn im Frühjahr Obstbäume und Weinreben austreiben, tritt häufig noch Frost auf – vor allem nachts oder am frühen Morgen. Damit die jungen Triebe und Blüten nicht erfrieren, werden sie während der ganzen Nacht mit feinen Wassertröpfchen bespritzt. Blüten und Triebe werden dann mit einer dünnen Eisschicht überzogen. Wenn die Sonne aufgeht, beginnt das Eis wieder zu schmelzen und die Blüten haben den Frost unbeschadet überstanden.

Erklärt das Verfahren der Obst- und Weinbauern physikalisch. Geht dabei davon aus, dass es in solchen Nächten nicht kälter als  $-3\text{ °C}$  wird.

*Zusatzinformation:* Die Flüssigkeit in pflanzlichen Zellen enthält Mineralstoffe und Zuckerbestandteile und gefriert daher etwas unterhalb von  $0\text{ °C}$ .

**Hilfe 1:** Erklärt euch gegenseitig, wie ihr die Aufgabe verstanden habt und was euch noch unklar ist.

**Antwort 1:** Wir sollen physikalisch erklären, warum frische Triebe vor Frost geschützt werden, wenn man sie bei Minusgraden ständig mit Wasser besprüht.

**Hilfe 2:** Die Triebe erfrieren nicht, wenn sie von einer Eisschicht umgeben sind. Welche Funktion könnte die Eisschicht haben? Welche Temperatur herrscht vermutlich unter der Eisschicht?

**Antwort 2:** Die Eisschicht wirkt wie eine Isolierschicht und verhindert, dass Triebe weiter abkühlen. Die Eisschicht kann nicht viel kälter als  $0\text{ °C}$  sein, sonst würden die Triebe erfrieren.

**Hilfe 3:** Die Eisschicht wirkt also wie eine „Heizung“, die die Temperatur der Triebe bei  $0\text{ °C}$  hält. Wo kann die Energie herkommen, die die Eisschicht auf  $0\text{ °C}$  hält?

**Antwort 3:** Das Sprühwasser hat eine höhere Temperatur als  $0\text{ °C}$  und somit höhere Wärmeenergie. Außerdem spielt die Erstarrungswärme eine Rolle.

**Hilfe 4:** Unter welchen Bedingungen wird Erstarrungswärme frei? Seht in euren Unterlagen nach.

**Antwort 4:** Wenn Wasser friert, wird Energie an die Umgebung abgegeben. Umgekehrt wird der Umgebung Energie (Schmelzwärme) entzogen, wenn Wasser auftaut.

**Hilfe 5:** Jetzt habt ihr alle wichtigen Infos zusammen, um die Aufgabe zu lösen. Geht bei eurer Erklärung darauf ein, dass das Sprühwasser wärmer als  $0\text{ °C}$  ist und dass es bei der Beregnung gefriert.

**Antwort 5:** Bei Beregnung bei Minusgraden entsteht um die Triebe herum eine Eisschicht, die isolierend wirkt. Zusätzlich wird die Temperatur der Eisschicht bei ca.  $0\text{ °C}$  gehalten, weil das Sprühwasser wärmer als  $0\text{ °C}$  ist. Wenn das Wasser um die Triebe herum friert, wird Erstarrungswärme frei.

### Weiterführende Aktivitäten:

- Diskutiert und recherchiert anschließend, welche Grenzen dieses Verfahren hat.
- Im Winter halten sich Temperaturen um  $0\text{ °C}$  häufig über einen längeren Zeitraum. Welche Erklärungen könnt ihr dafür finden?
- Ermittelt die Wärmeenergie in der Aufgabe: Wenn  $1\text{ g}$  Wasser gefriert, entsteht Wärme? Wie viel g Eis kann man damit von  $-2\text{ °C}$  auf  $0\text{ °C}$  erwärmen?



# Professionalität \* Freude \* Lernen



**PFL**

## Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen Universitätslehrgänge 2012–2014

- PFL Lehrgänge für **Deutsch, Englisch, Mathematik, Naturwissenschaften** ab der Sekundarstufe I
- PFL Lehrgang **Naturwissenschaften** für die Grundschule
- PFL Lehrgänge **Grundschule** mit den Schwerpunkten **Deutsch – Lesen – Schreiben und Mathematik**

Anmeldung bis: 31. Mai 2012

Anmeldung und Informationen unter: <http://pfl.aau.at>