

Von der Testaufgabe zur Lernaufgabe

Lutz Stüdel

1 Einführung

TIMSS und PISA haben nicht nur zum Bewusstsein gebracht, dass die Leistungen deutscher Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Bereich lediglich im internationalen Mittelfeld angesiedelt sind, sie haben auch zu einer intensiven Auseinandersetzung mit Aufgaben geführt, erst unmittelbar – mit den eingesetzten Testaufgaben –, dann mittelbar mit Aufgaben als Element der Unterrichtsgestaltung. Während die unmittelbare Auseinandersetzung zunächst kontrovers geführt wurde, erkannte man aber bald die Bedeutung des Gesamtansatzes von PISA für eine Neuorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die Vorstellung einer breiten Grundbildung, von „Scientific Literacy“ im umfassenden Sinn, hat inzwischen alle Bereiche des deutschen Schulwesens erreicht, wenn auch erst in Ansätzen verändert. Die mittelbare Auseinandersetzung mit Aufgaben findet weniger öffentlich, aber keineswegs weniger wirksam statt: Wenn Schülerinnen und Schüler im Sinne einer belastbaren naturwissenschaftlichen Grundbildung ausgestattet sein sollen, die es ihnen erlaubt, naturwissenschaftliche Fragestellungen zu erkennen, mit angemessenen Mitteln zu bearbeiten und Antworten zu finden sowie Informationen, die sich auf naturwissenschaftliche Inhalte beziehen, zu rezipieren, zu bewerten und zu kommunizieren, dann muss den Lernenden von Anfang an im Unterricht Gelegenheit gegeben werden, diese Kompetenzen in geeigneten Kontexten zu erwerben und zu entwickeln. Aufgaben sind für diese Zielstellung, wie sich inzwischen deutlich erwiesen hat, ein ausgezeichnetes Mittel. Zum einen fordern sie die Selbstständigkeit der Schülerinnen und Schüler heraus, können zur kognitiven Aktivierung beitragen – besonders wenn die Aufgabenstellungen nicht trivial, sondern anspruchsvoll sind; sie sind Mittel der individuellen Förderung von Schülern und können unter bestimmten Rahmenbedingungen auch als diagnostisches Instrument eingesetzt werden. Im Zentrum steht dabei die Aufgabe als Teil einer von der Lehrkraft gestalteten Lernumgebung, in der die Lernenden sich weitgehend selbstständig mit den Fragestellungen und Fachinhalten der Naturwissenschaften auseinandersetzen können, darüber kommunizieren und ihr fachliches Selbstkonzept stärken können.

Auf der anderen Seite stellen Aufgaben ein wichtiges Element zur Veränderung und Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts dar: Mit ihrer Hilfe kann das immer noch vorherrschende Unterrichtsskript des fragend-entwickelnden Lehrgesprächs überwunden und eine methodische, anspruchsvolle und abwechslungsreiche Unterrichtsdramaturgie entwickelt werden. Je nach Akzentuierung können Aufgaben im Vorfeld einer experimentellen Klärung naturwissenschaftlicher Fragestellungen angesiedelt sein, sie können unmittelbar auf experimentelles Handeln abzielen oder auch einem Versuch oder einer Versuchsreihe nachgeordnet sein. Sie können die Deutung von Phänomenen mittels naturwissenschaftlicher Kausalketten, Modellen oder Theorien beinhalten oder sie können sich mit der grundlegenden Frage naturwissenschaftlicher Grundbildung beschäftigen, nämlich, ob eine Problemstellung überhaupt der Bearbeitung mittels naturwissenschaftlicher Methoden zugänglich ist.

Im Unterschied zu Testaufgaben, mit deren Hilfe überprüft werden soll, in welchem Umfang Schülerinnen und Schüler über bestimmte Kompetenzen und aktives Wissen aus einer bestimmten Domäne verfügen, haben Aufgaben wegen ihrer Orientierung auf das Lernen ein in der Regel anderes Design. Zwar ist es ebenso wie bei Testaufgaben günstig, Aufgaben aus einem Kontext heraus zu stellen, jedoch ist dieser Kontext nicht immer unmittelbarer Bestandteil der Aufgabe selbst, sondern wird vorausgehend im Unterricht entfaltet. Auch Umfang und Zuschnitt von Lernaufgaben variieren oft in weitem Umfang. Soll z.B. eine Aufgabe im Rahmen eines Lernzirkels an einer bestimmten Station eingesetzt werden, dann werden sich Umfang und der angenommene Zeitbedarf auch an den Aufgabenstellungen der übrigen Stationen orientieren. Umgekehrt können für bestimmte Formen kooperativen Lernens und Arbeitens sehr umfangreiche Aufgaben gestellt werden, die dann erst noch von den Schülerinnen und Schülern zu präzisieren sind.

Der vielleicht wichtigste Unterschied zwischen Lernaufgaben und Testaufgaben liegt aber im Grad der Eindeutigkeit der erwarteten Lösungen: Während bei Testaufgaben – auch bei solchen mit offenem Antwortschema – stets eine einzige Lösung oder nur wenige variierende Antworten vorgesehen sind und positiv gewertet wer-

den, spielen bei Lernaufgaben Ergebnisoffenheit und Prozessoffenheit oft eine bedeutsame Rolle. Damit unterstützen Lernaufgaben den individuellen Lernprozess, der ja an sehr unterschiedlichen Vorwissensstrukturen und -beständen anknüpft sowie auf ebenfalls verschiedenen entwickelten persönlichen Lernstrategien aufbaut.

Dennoch gibt es bei der Gestaltung von Lernaufgaben vieles von den Testaufgaben zu lernen: Sie schärfen den Blick dafür, welche Kompetenzen eigentlich in ihrer Entwicklung durch eine konkrete Aufgabenformulierung unterstützt werden, sie stellen die Notwendigkeit heraus, wo immer möglich den Kontextbezug herzustellen und schließlich verweisen sie durch ihre eindeutige Orientierung an einer naturwissenschaftlichen Grundbildung immer wieder auf das Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Sekundarstufe I. Aufgaben, auch Lernaufgaben, müssen sich stets daran messen lassen, inwieweit sie kompatibel sind mit den im PISA-Kontext formulierten Zielen dieser Grundbildung, nämlich ob sie dazu beitragen, dass die Schülerinnen und Schüler „naturwissenschaftliche Fragen erkennen und naturwissenschaftliche Untersuchungen verstehen“, „naturwissenschaftliche Phänomene erklären“ und „mit naturwissenschaftlicher Evidenz umgehen“ können, das alles im Hinblick auf eine aktive Teilnahme am gesellschaftlichen Leben und zur möglichst selbstbestimmten Gestaltung des Alltags in einer von Naturwissenschaften und Technik geprägten Welt.

Die folgenden Abschnitte beschäftigen sich entsprechend der in dieser Einführung entwickelten Aspekte mit fünf Schwerpunkten, jeweils illustriert durch eine Reihe von Aufgaben aus dem bzw. für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Mittelstufe:

Im zweiten Teil geht es zunächst darum, in welcher Weise Lehrkräfte unmittelbar die freigegebenen PISA-

Aufgaben nutzen können, für den Unterricht wie auch für die gemeinsame Auseinandersetzung mit den Zielstellungen einer belastbaren naturwissenschaftlichen Grundbildung in der Fachschaft. Herausgestellt wird dabei auch, wie ausgehend von PISA-Aufgaben mit den Anforderungen an die domänenspezifische Lesefähigkeit umgegangen und wie „Literacy“ im naturwissenschaftlichen Unterricht der Mittelstufe durch Aufgaben gezielt entwickelt und gefördert werden kann.

Der dritte Abschnitt widmet sich der eigenen Gestaltung von Lernaufgaben für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Es werden beispielhafte Aufgaben aus der Arbeit der SINUS-Modellversuche vorgestellt und Hinweise für Konstruktion und Zuschnitt von Aufgaben gegeben.

Im vierten Teil wird aufgezeigt, wie sich die Aufgabengestaltung an den Aspekten naturwissenschaftlichen Arbeitens orientieren kann und wie insbesondere im Unterricht weniger stark repräsentierte Kompetenzen durch Aufgaben gezielt unterstützt werden können.

Im fünften Abschnitt geht es um spezielle Formate von Lernaufgaben, insbesondere um die Möglichkeiten, durch Aufgaben mit Hilfen den individuellen Lernprozess zu unterstützen und auch weniger leistungsfähige Schülerinnen und Schüler zu erfolgreichem Lernen und einem selbst wahrgenommenen Kompetenzzuwachs zu führen.

Der sechste Teil setzt sich schließlich mit der Rolle von Aufgaben zur Veränderung und Weiterentwicklung der Unterrichtsskripte auseinander. Gezeigt wird dabei auch, wie durch Aufgaben im Unterricht die Lehrkraft entlastet werden kann und wie Aufgaben es dann gestatten, sich mit diagnostischem Blick dem individuellen Lernen zu nähern, um gegebenenfalls konkrete Fördermaßnahmen – wiederum aufgabengestützt – zu konzipieren.

2 Wie sich PISA-Aufgaben unmittelbar für den Unterricht nutzen lassen

Als Aufgaben, die zum Testen entwickelt und für diesen Zweck optimiert worden sind, eignen sich die PISA-Units naturgemäß nur bedingt als Lernaufgaben. Wie in den ersten Teilen dieser Publikation gezeigt worden ist, überprüfen sie sehr unterschiedliche Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler, indem sie Fragen an einen jeweils in einen spezifischen Kontext eingebetteten Sachverhalt stellen. Lernen entwickelt sich im Unterschied dazu eher in der Konzentration auf ein oder wenige Kompetenzfelder.

Es lassen sich aber durchaus nutzbringende Einsatzmöglichkeiten aufzeigen, bei denen PISA-Aufgaben zur Weiterentwicklung des Unterrichts beitragen können.¹ So können sich Lehrkräfte, am besten in gemeinsamer Arbeit in der Fachschaft, mit einzelnen Aufgaben auseinandersetzen, die Aufgaben können zur Verdeutlichung der Unterrichtsziele für Schüler wie auch für Eltern herangezogen werden, und schließlich können eigene Aufgaben nach ähnlichem Muster für Tests entwickelt werden (vgl. den Beitrag von M. Hammann „Aufgabenentwicklung in Kontexten“ in diesem Band).

PISA-Aufgaben bzw. Teile davon eignen sich aber mindestens ebenso gut zum Erlernen, Anwenden und Vertiefen von Kompetenzen lernstrategischer Art. Davon ausgehend wird auch die Notwendigkeit erkennbar, diese – eher dem Bereich der domänenspezifischen Lesefähigkeit zuzuordnenden Fähigkeiten – kontinuierlich

über die Schuljahre der Sekundarstufe I hinweg zu entwickeln, sinnvollerweise wiederum aufgabengestützt.

Lesekompetenz

Lesekompetenz ist mehr als einfach nur lesen zu können. PISA versteht Lesekompetenz als ein wichtiges Hilfsmittel für das Erreichen persönlicher Ziele, als Bedingung für die Weiterentwicklung des eigenen Wissens und der eigenen Fähigkeiten und als Voraussetzung für die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben. Der PISA-Test erfasst, inwieweit Schülerinnen und Schüler in der Lage sind,

- geschriebenen Texten gezielt Informationen zu entnehmen,
- die dargestellten Inhalte zu verstehen und zu interpretieren sowie
- das Material im Hinblick auf Inhalt und Form zu bewerten.

Dabei wird eine breite Palette verschiedener Arten von Texten eingesetzt, die neben kontinuierlichen Texten wie Erzählungen, Beschreibungen oder Anweisungen auch nichtkontinuierliches Material wie Tabellen, Diagramme oder Formulare umfasst.

(Aus: http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/PISA_im_Ueberblick.pdf, S. 7)

¹Vorschläge, wie man mit Gewinn die älteren und näher am Lehrplan orientierten TIMSS-Aufgaben im Unterricht einsetzen kann, gibt T. Stern (Stern 2002) im Themenheft „Aufgaben“ der Zeitschrift Unterricht Physik (Heft 67, S. 12 – 15) – siehe Kasten auf der Folgeseite.

2.1 Gemeinsam an PISA-Aufgaben lernen

In vielen Fortbildungen ebenso wie in der eigenständigen Arbeit von naturwissenschaftlichen Fachbereichen hat sich die Auseinandersetzung mit PISA-Aufgaben als wirkungsvolles Instrument der Qualitätsentwicklung von Unterricht erwiesen. Während es wenig zielführend erscheint, die neue Orientierung des Unterrichts in der Mittelstufe an Vorstellungen von einer naturwissen-

schaftlichen Grundbildung primär theoretisch zu rezipieren, stellt die Arbeit mit PISA-Aufgaben ein produktives Erfahrungsfeld dar, vor dessen Hintergrund dann der eigene bisherige Unterricht, die Art der eigenen Aufgabenformulierung und Unterrichtsführung reflektiert und die erwünschte Umsteuerung angestoßen werden kann. Mit einigen Abstrichen gilt dies auch für die Rezeption der inzwischen verbindlich verabschiedeten Bildungsstandards für die Fächer Biologie, Physik und Chemie.

Hinweise für Lehrerinnen und Lehrer (Stern 2002)	
SZENARIO 1: OFFENES LERNEN	Die Schülerinnen und Schüler arbeiten mit den Fragen, informieren sich, suchen nach Lösungen und stellen ihre Ergebnisse vor. Materialien: <ul style="list-style-type: none"> • Sammlung von TIMSS-Aufgaben • verschiedene Lehrbücher • Computer mit Internetzugang
SZENARIO 2: LÖSUNGEN DISKUTIEREN	Anhand offener Fragen werden verschiedene Lösungs- und Antwortvarianten verglichen und bewertet. Materialien: <ul style="list-style-type: none"> • 3 ausgewählte TIMSS-Aufgaben • Karton für Plakate, Schere, Klebstoff, Stifte
SZENARIO 3: QUIZSPIEL MIT TIMSS-FRAGEN	Die Gruppendynamik des Quizspiels kann dazu führen, dass sich sowohl in der Vorbereitungsphase als auch beim Spiel selbst das Interesse steigert. Entscheidend ist aber (wie bei den anderen Szenarien) die anschließende Diskussion darüber, inwiefern solches Wissen relevant ist. Materialien: <ul style="list-style-type: none"> • Sammlung von TIMSS-Aufgaben auf Kärtchen oder • Sammlung von TIMSS-Aufgaben und deren Nummern auf Kärtchen
SZENARIO 4: AUFGABENQUALITÄT BEWERTEN	Schülerinnen und Schüler reagieren meist positiv auf die Herausforderung, ihre Meinung über das zu Lernende mitzuteilen. Mit ihren Argumenten zeigen sie, was sie wissen und wie sie denken. Materialien: <ul style="list-style-type: none"> • Auswahl von TIMSS-Aufgaben auf Karton (als Material für Lernstationen) • Kontrollblatt mit Lösungen für die ausgewählten Aufgaben • evtl. Bewertungsbögen für die ausgewählten Aufgaben (Skala von 1 bis 6; Kriterien: schwierig/anspruchsvoll, klar formuliert, wichtig/relevant; Begründungen für die Bewertung)
SZENARIO 5: ÜBER LERNZIELE NACHDENKEN	Anhand von TIMSS-Fragen können Lernende darüber nachdenken, welche Themen sie interessieren und auf welche Fähigkeiten es ankommt. Materialien: <ul style="list-style-type: none"> • Sammlung von TIMSS-Aufgaben
TIMSS-FRAGEN VERWERFEN UND BESSERE ENTWICKELN	Eigene Fragen zu entwickeln, erfordert eine eingehende Beschäftigung mit dem Thema. Das Ergebnis zeigt, was einem beim Lernen wichtig erscheint. Materialien: <ul style="list-style-type: none"> • Sammlung von TIMSS-Aufgaben
Eine ganz andere Möglichkeit besteht darin, Schülerleistungen zu testen und mit den Ergebnissen der TIMS-Studie zu vergleichen. Das kann insbesondere dann lohnend sein, wenn eine Lehrergruppe sich daran beteiligt und das Untersuchungsergebnis dazu verwendet, eine grundsätzliche Diskussion über Lernzielprioritäten, fächerübergreifende Kooperationen und Entwicklungsschwerpunkte an der Schule zu führen.	

Bei dieser Auseinandersetzung geht es nicht in erster Linie um die richtige Lösung, sondern darum, am konkreten Fall herauszufinden, welche spezifischen Kompetenzen bei den Schülerinnen und Schülern entwickelt sein müssen, damit sie die gestellten Fragen angemessen beantworten können. Unter Benutzung der OECD-Definition und der Beschreibungen der Kompetenzbereiche kann der Begriff einer belastbaren naturwissenschaftlichen Grundbildung weit besser erfahren und verstanden werden, als dies allein durch die theoretische Ableitung und Umschreibung der Fall wäre.

Die freigegebenen und im Internet verfügbaren PISA-Units sind jeweils mit Lösungen versehen sowie teilweise mit Hinweisen darauf, welche Kompetenzen für die Bearbeitung eine besonders wichtige Rolle spielen. Als Hilfsmittel für die Betrachtung eignen sich Kompetenzraster ebenso wie die auch bei der Analyse von Lernaufgaben mit Erfolg eingesetzte Analyse-Spinne. (vgl. Abschnitt 4.2)

Beim Versuch, die Anforderungen von ausgewählten Aufgaben auf die drei PISA-Kompetenzbereiche abzubilden, stellt sich schnell heraus, dass die beschriebenen Hauptaspekte

- „Erkennen naturwissenschaftlicher Fragen und Verstehen naturwissenschaftlicher Untersuchungen“,
- „Erklären naturwissenschaftlicher Phänomene“ und
- „Umgehen mit naturwissenschaftlicher Evidenz“

nur ein sehr grobes Raster bilden. Für präzisere Analysen eignen sich weiter differenzierte Sets von Kompetenzbeschreibungen, etwa abgeleitet von den Bildungsstandards oder angelehnt an die Elemente naturwissenschaftlichen Arbeitens. (Duit u.a. 2004)

Fachbezogen wird in den Bildungsstandards z. B. für das Fach Chemie folgendes ausgeführt (Auszüge):

Kompetenzbereiche im Fach Chemie	
Fachwissen	chemische Phänomene, Begriffe, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen
Erkenntnisgewinnung	experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen
Kommunikation	Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen
Bewertung	chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten

Standards für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- E 1 erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind,
- E 2 planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen,
- E 3 führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese,
- E 4 beachten beim Experimentieren Sicherheits- und Umweltaspekte,
- E 5 erheben bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten oder recherchieren sie,
- E 6 finden in erhobenen oder recherchierten Daten: Trends, Strukturen und Beziehungen, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen,
- E 7 nutzen geeignete Modelle (z.B. Atommodelle, Periodensystem der Elemente), um chemische Fragestellungen zu bearbeiten,
- E 8 zeigen exemplarisch Verknüpfungen zwischen gesellschaftlichen Entwicklungen und Erkenntnissen der Chemie auf.

Mit dem gleichen Analyse-Instrument kann umgekehrt auch überprüft werden, inwieweit bereits stattgefundenen Unterricht mit den bei PISA formulierten Kompetenzanforderungen kompatibel ist. Dazu können die Mitglieder einer Fachschaft entweder ihren eigenen Unterricht oder eine nach gemeinsam vereinbarten Vorgaben entwickelte Unterrichtseinheit analysieren und an den vorhandenen Stärken und Schwächen weiter arbeiten. Besonders selbst entwickelte Tests und Aufgaben für Klassenarbeiten sollten so einer kritischen Prüfung unterzogen werden, denn bekanntlich gibt es eine deutliche Kopplung zwischen dem, was man als Lehrkraft schließlich überprüfen will, den Akzentsetzungen im Unterricht und dem, was die Schülerinnen und Schüler schließlich lernen.

2.2 Mit PISA-Aufgaben Unterrichtsziele verdeutlichen

Die Orientierung an naturwissenschaftlicher Grundbildung erfordert Veränderungen von Unterrichtsinhalten und methodischer Unterrichtsgestaltung. Grundvoraussetzung für ein Gelingen ist zwar eine von der ganzen Fachschaft getragene Veränderungsabsicht mit entsprechenden verbindlichen Vereinbarungen; dennoch bedarf es gelegentlich auch der Überzeugungsarbeit nach innen und nach außen.

Während es für die Schülerinnen und Schüler meist kein Problem darstellt, vermehrt mit Aufgaben umgehen zu müssen (abgesehen von vielleicht anfänglichem Unwillen auf Grund der intensiveren Einbindung ins Unterrichtsgeschehen), erfährt die Umsteuerung von Elternseite oft auch kritische Nachfragen. Hier helfen Beispielaufgaben aus den PISA-Tests zu verdeutlichen, welche Art von Kompetenzen eigentlich im Zentrum stehen sollen und dass diese Veränderung – wenn auch primär auf Grundbildung orientiert – etwa der Studierfähigkeit der späteren Abiturienten keinen Abbruch tut. Insbesondere kann an geeigneten Beispielen gezeigt werden, dass das Wissen über die Naturwissenschaften und die Art ihres Umgangs mit ihren Gegenständen oft nützlicher ist als manches Faktenwissen im Detail.

Ähnlich wie die PISA-Beispiele eignen sich auch die Aufgaben, die in den Bildungsstandards vorgestellt werden, um Unterrichtsziele und daraus abgeleitete Veränderungen zu begründen. Wie z. B. ganz ohne Rechnen eine alltags-

relevanten Aussage auf Basis eines grundlegenden naturwissenschaftlichen Konzepts – der Energieerhaltung – gemacht werden kann, lässt sich elegant an der „Kühlschranksaufgabe“ (Bildungsstandards Physik, Aufgabe Nr. 12) demonstrieren.

Funktionsweise des Kühlschranks:

Durch ein geschlossenes Rohrsystem wird ein Kühlmittel gepumpt. Als Pumpe dient ein elektrisch betriebener Kompressor. Über dieses System wird dem Innenraum Energie entzogen und er kühlt ab. An der Rückseite des Kühlschranks wird die dem Innenraum entzogene Energie an die Raumluft abgegeben. (...)

An einem heißen Tag im Sommer schlägt Dieter vor, die Kühlschranktür zu öffnen, damit es im Raum kühler wird. Petra meint, es bringe nichts, im Gegenteil, es würde wärmer im Raum.

1. Es werden verschiedene Argumente vorgebracht. Kreuzen Sie diejenigen Argumente an, die Sie für richtig halten.

- Kalte Luft strömt aus dem Kühlschrank und kühlt den Raum ab.
- Diese Abkühlung der Raumluft setzt sich auf Dauer fort, weil das Kühlschrankaggregat ständig den Innenraum abkühlt.
- An der Rückseite des Kühlschranks wird die Raumluft erwärmt.
- Erwärmung und Abkühlung halten sich die Waage, die Temperatur bleibt auf Dauer konstant.
- Die Erwärmung überwiegt, die Temperatur steigt auf Dauer.
- Die Abkühlung überwiegt, die Temperatur fällt auf Dauer.
- Durch die vom Kompressor abgegebene Energie wird der Raum auf Dauer erwärmt.
- Durch den Kompressor wird der Raum auf Dauer abgekühlt.

2. Formulieren Sie eine zusammenhängende begründete Aussage zu der Frage, wie sich die Temperatur in der Küche insgesamt verändert, wenn der Kühlschrank über einen längeren Zeitraum bei offener Tür betrieben wird.

Diese Aufgabe stellt eine typische Modellierungsaufgabe dar, die notwendigen Informationen sind, abgesehen vom Wissen um die Energieerhaltung, im Text zur Funktionsweise des Kühlschranks enthalten.

2.3 PISA-Aufgaben und Lernstrategiewissen

PISA-Aufgaben stellen klare Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler, die vorgelegten Probleme und Fragestellungen selbst zu elaborieren. Dazu müssen die Lernenden zunächst Stimulus-Material (also die Informationen über den Kontext) und die folgende Aufgabenstellung hinsichtlich relevanter Informationen auswerten und die elaborierte, d.h. im naturwissenschaftlichen Sinn präzisierete Frage durch Anwendung geeigneter Vorkenntnisse einer Lösung zuführen. In diesem Sinne eignen sich PISA-Aufgaben sehr gut, um die Art der erforderlichen lernstrategischen Kompetenzen zu erkennen und am Beispiel zu entwickeln und zu festigen.

An der Unit „Klonen“ aus der PISA-Untersuchung im Jahr 2003 (OECD 2004) kann dies beispielhaft gezeigt werden.

Die Schülerinnen und Schüler werden zunächst mit einem umfangreichen Text konfrontiert, der journalistisch-populärwissenschaftlich verfasst ist und neben Sachinformationen und Meinungen auch vieles andere enthält, z. B. bildhafte Vergleiche („Kopiermaschine“), Anspielungen auf gesellschaftliche Formen der Aufmerksamkeit („Tier des Jahres“) usw.

Die erste Teil-Aufgabe für die Lernenden besteht darin, nach einer ersten Rezeption von Informationstext und der Eingangsfrage „Mit welchem Schaf ist Dolly identisch?“ den Text noch einmal durchzuarbeiten und auf relevante Informationen zu durchsuchen. Dabei muss der beschriebene Ablauf des Klonens mental strukturiert

werden, die Tiere und ihre Funktion im Klonprozess müssen in ein eindeutiges Verhältnis zueinander gebracht werden und die Nebeninformationen („das ganze Material, das Eigenschaften von Schaf 2 in einem aus dieser Eizelle entstehenden Lamm bestimmt hätte“; „Zellkern“) müssen zueinander ins Verhältnis gesetzt werden; im konkreten Fall heißt das, dass die Schülerinnen und Schüler dem Text entnehmen müssen, dass es genau der Zellkern ist, der im Folgesatz mit „Material, das die Eigenschaften bestimmt“ umschrieben wird. Einfacher wird diese Teilaufgabe natürlich dann, wenn zeitnah im Unterricht genetische Sachverhalte erarbeitet worden sind.

Um diese PISA-Aufgabe lernstrategisch zu wenden, kann man eben dieses Vorgehen im Unterricht zum Thema machen, also:

- Wie liest man einen Text und wertet ihn bezüglich relevanter Informationen aus?
- Wie lassen sich komplexe Sachverhalte so strukturieren, dass man die Zusammenhänge zwischen mehreren Faktoren übersichtlich darstellen und daraus wiederum Schlussfolgerungen ziehen kann?

Es ist schnell erkennbar, dass diese Situation allenfalls zur Wiederauffrischung, Anwendung und Vertiefung bereits vermittelter Lernstrategien taugt (und außerdem zusätzlich als Vorbereitung für einen Test); die hier notwendigen Verfahren, z. B. eine mehrschrittige Lesetechnik und die eine oder andere Form der Visualisierung, müssen aber bereits vorher eingeführt und über die Schuljahre hinweg geübt worden sein.

KLONEN

Lies folgenden Zeitungsartikel und beantworte die anschließenden Fragen.

Ein Kopierapparat für Lebewesen?

Hätte es Wahlen zum Tier des Jahres 1997 gegeben, wäre Dolly ohne Zweifel der sichere Sieger gewesen. Dolly ist das schottische Schaf, das Sie auf dem Foto
5 sehen können. Dolly ist allerdings kein gewöhnliches Schaf. Sie ist ein Klon eines anderen Schafs. Ein Klon bedeutet: eine Kopie. Klonen heißt kopieren „von einem einzigen Original“. Es ist Wissenschaftlern
10 gelungen, ein Schaf (Dolly) zu erschaffen, das mit dem einen Schaf identisch ist, das als „Original“ ausgewählt worden war.

Es war der schottische Wissenschaftler Ian Wilmut, der die „Kopiermaschine“
15 für Schafe entworfen hat. Er nahm ein sehr kleines Stück vom Euter eines erwachsenen Schafs (Schaf 1). Diesem kleinen Stück hat er den Zellkern entnommen, den er in eine Eizelle eines
20 zweiten (weiblichen) Schafs (Schaf 2) eingepflanzt hat. Zunächst entfernte er aber aus dieser Eizelle das ganze Material, das Eigenschaften von Schaf 2 in einem aus dieser Eizelle entstehenden Lamm bestimmt hätte.

25 Ian Wilmut implantierte die manipulierte Eizelle von Schaf 2 in ein weiteres (weibliches) Schaf (Schaf 3). Schaf 3 wurde trächtig und gebar ein Lämmchen: Dolly.

Manche Naturwissenschaftler glauben, dass es
30 in wenigen Jahren möglich sein wird, auch Menschen zu klonen. Doch viele Regierungen haben bereits beschlossen, das Klonen von Menschen gesetzlich zu verbieten.



Frage 1: Klonen

Mit welchem Schaf ist Dolly identisch?

- A Schaf 1
- B Schaf 2
- C Schaf 3
- D Dollys Vater

Frage 2: Klonen

In Zeile 16 wird der Teil, der vom Euter verwendet wurde, als ein „sehr kleines Stück“ bezeichnet. Du kannst dem Artikel entnehmen, was mit dem „sehr kleinen Stück“ gemeint ist.

Dieses „sehr kleine Stück“ ist

- A eine Zelle.
- B ein Gen.
- C ein Zellkern.
- D ein Chromosom.

Frage 3: Klonen

Im letzten Satz des Artikels steht, dass viele Regierungen bereits beschlossen haben, das Klonen von Menschen gesetzlich zu verbieten.

Zwei Mögliche Gründe dafür werden unten angegeben.

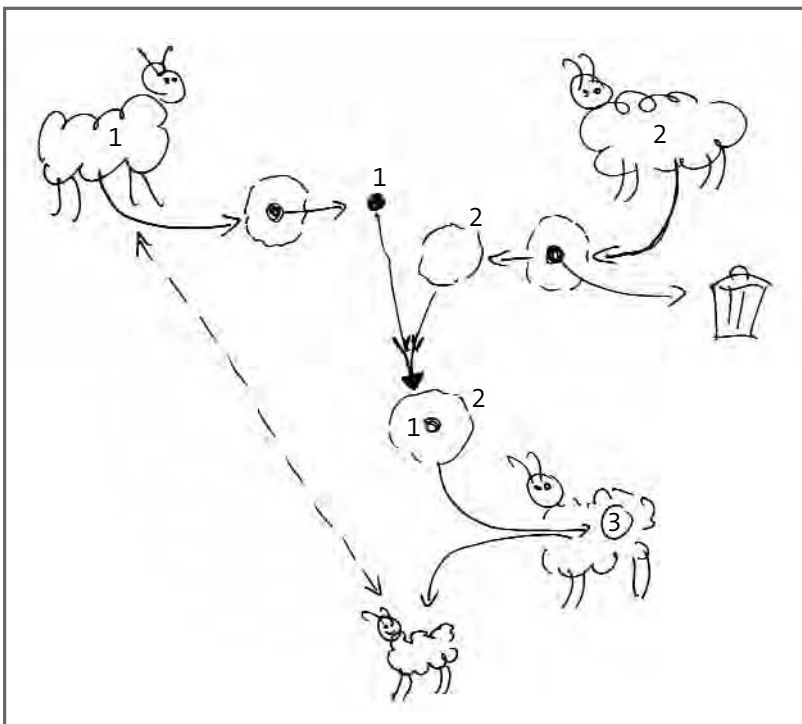
Beurteile, ob es sich hierbei um wissenschaftliche Gründe handelt. Kreise jeweils „Ja „ oder „Nein“ ein.

Grund	Wissenschaftlich?
Geklonte Menschen könnten für gewisse Krankheiten anfälliger sein als normale Menschen.	ja/nein
Menschen sollten nicht die Rolle des Schöpfers übernehmen.	ja/nein

(Quelle: IPN/MPI, S. 14/15)

Bei der Unit „Klonen“ kann das sinnentnehmende Lesen beispielsweise nach einem ersten schnellen Überfliegen durch Unterstreichen der Haupt- und Nebeninformati-
onen unterstützt werden. In einem zweiten Schritt kann die Abfolge der Schritte durch eine selbst angefertigte Skizze veranschaulicht werden.

Ein entsprechendes Vorgehen kann sinngemäß mit anderen veröffentlichten PISA-Aufgaben geübt werden.



Skizze zur Veranschaulichung des Klon-Prozesses


2.4 Aufgabengestützte Entwicklung domänenspezifischer Lesefähigkeit

Lesefähigkeit im naturwissenschaftlichen Bereich umfasst zum einen (sinnentnehmendes) Lesen im engeren Sinn, zum anderen aber auch die Übersetzung zwischen Darstellungsformen in unterschiedlicher Kodierung. Dazu gehören z.B. Abbildungen und Skizzen, Tabellen, Grafiken und Diagramme sowie Ablaufschemata oder Mindmaps. Eine typische, üblicherweise im Unterricht eingeführte Übersetzung zwischen unterschiedlichen Darstellungsformen ist die Umwandlung von Daten aus einer Tabelle in einen Graphen. Entsprechende Aufgaben

können ohne besonderen Aufwand leicht in das Unterrichtsgeschehen integriert werden. Schwieriger gestaltet sich oft die Übertragung von Informationen in eine visualisierte Form (siehe das Beispiel „Klonen“), aber auch das sinnentnehmende „Lesen“ eines Graphen.

Ein reizvolles Beispiel für eine entsprechende Übersetzung ist die „Badewannen-Aufgabe“, (Leiß, 2004) bei der anhand eines Graphen, der den Wasserstand in einer Badewanne in Abhängigkeit von der Zeit darstellt, eine Geschichte erzählt werden soll. Die Anforderungen an Lesefähigkeit und Interpretationsfähigkeit der Schüler ist hier keineswegs trivial: u.a. fehlt die Einteilung der Achsen.

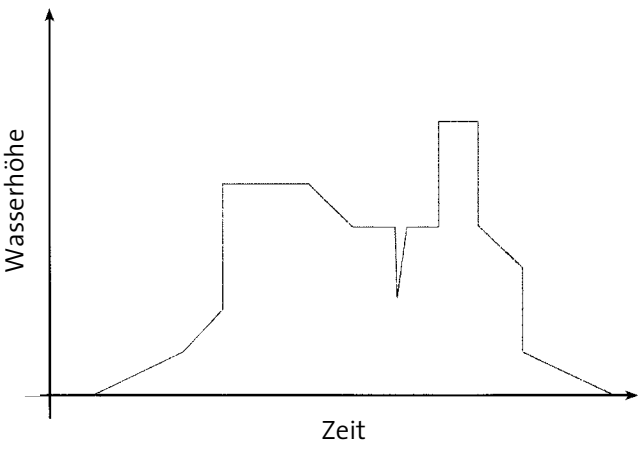
Eine Badewannengeschichte



Aufgabe

Der Graph unten beschreibt den Wasserstand in einer Badewanne.

Erzähle eine Geschichte dazu.



(Quelle: Naturwissenschaftliches Arbeiten, Friedrich Verlag, 2004, S. 5)

Nicht nur wegen der Benutzung von Diagrammen, Tabellen und Skizzen im naturwissenschaftlichen Bereich weist die Lesefähigkeit deutlich Domänen-Spezifität auf. Dass Kompetenzen sich nahezu durchgängig domänenspezifisch ausprägen, wird verständlich, wenn man der Klieme-Expertise (2003, S. 22) folgt: „Kompetenzen spiegeln die grundlegenden Handlungsanforderungen, denen Schülerinnen und Schüler in der Domäne ausgesetzt sind“, das gilt sowohl in Bezug auf den Wissenserwerb wie bezüglich der eher prozessorientierten Kompetenzen. Die Fähigkeit, einen literarischen Text zu lesen und zu interpretieren, ist so zwar eine gute Voraussetzung, auch naturwissenschaftlich-technische Sachtexte sinnentnehmend lesen zu können, aber keineswegs eine hinreichende. Die naturwissenschaftlichen Fächer müssen daher selbst Konzepte entwickeln, um die Kompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler im Umgang mit typischen Informationsangeboten in Unterricht, Alltag und der gesellschaftlichen Sphäre zu stärken.

Der entsprechende Prozess kann nur erfolgreich sein, wenn er sich systematisch über alle Schuljahre der Mittelstufe erstreckt und von allen naturwissenschaftlichen Fächern gemeinsam getragen wird. Von den in diesem Zusammenhang verfügbaren Materialien soll hier nur auf zwei hingewiesen werden, die eine gute Passung² für den naturwissenschaftlichen Unterricht aufweisen:

- Die Methodenwerkzeuge von J. Leisen (Leisen 1999) und

- Die Lernbox Naturwissenschaften von L. Stäudel und B. Werber (2001).

Mit seinen Methodenwerkzeugen stellte Leisen eine Vielzahl einfacher Hilfsmittel zusammen, ursprünglich um nicht-deutschsprachigen Schülerinnen und Schülern an deutschen Auslandsschulen den Zugang zur Fachsprache zu erleichtern. Diese Werkzeuge, die auch als Aufgaben verstanden werden können, lassen sich an viele Inhalte des naturwissenschaftlichen Unterrichts anpassen; ihr Erfolg beim Einsatz in deutschen Schulen – insbesondere im Rahmen der SINUS-Modellversuche – zeigt, dass der domänenspezifische Spracherwerb keineswegs nur ein Problem an Auslandsschulen ist, auch nicht nur eines von Migrantenkindern in heimischen Schulen.

Auf dieser und der folgenden Seite sind zunächst zwei Beispiele für unmittelbare Unterstützung der fachbezogenen Lesefähigkeit vorgestellt, anschließend eine Auflistung weiterer für die Aufgabengestaltung einsetzbarer Methodenwerkzeuge.

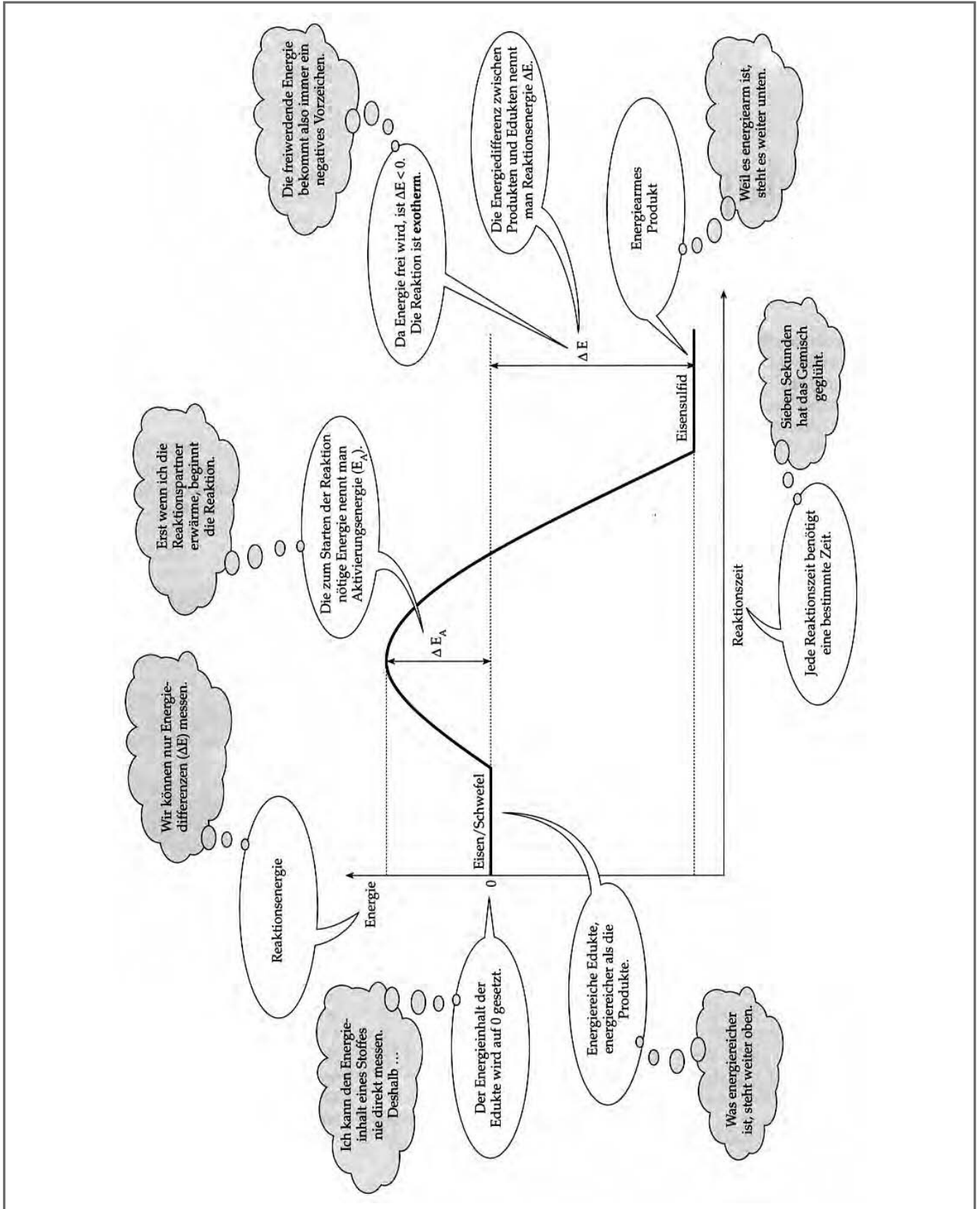
² Die hier vorgestellten Materialien wie auch ähnliche andere stehen deutlich in der Tradition des Klippert'schen Methodentrainings. Dessen mangelnde Domänen-Spezifität wurde aber oft kritisch herausgestellt und wird gelegentlich auch für die teilweise geringe Akzeptanz bei Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Feld verantwortlich gemacht. In diesem Sinn stellen die Ansätze von Leisen und Stäudel & Werber eine Art spezifische Übersetzung von Klippert'schen Elementen für die naturwissenschaftliche Domäne dar.

Beispiel Methodenwerkzeug A: Satzmuster zum Thema Periodensystem (Freiman & Schlieker 2001, S. 42)

Grundmodul			
Innerhalb einer <ul style="list-style-type: none"> • Periode • Gruppe 	nimmt/nehmen <ul style="list-style-type: none"> • Ionisierungsenergie • Atomradien • Ionenradien 	von... <ul style="list-style-type: none"> • oben nach unten • unten nach oben • links nach rechts • rechts nach links 	zu/ab
Ergänzungsmodul			
..., weil die Elektronen vom Kern... <ul style="list-style-type: none"> • stärker • schwächer • leichter • schwerer 	<ul style="list-style-type: none"> • angezogen werden • abgegeben werden 		

(Quelle: Unterricht Chemie: Methodenwerkzeuge, Friedrich Verlag, 2001, S. 42)

Beispiel Methodenwerkzeug B: Sprechblasen und Denkblasen zum Energiediagramm (Freiman & Schlieker 2001, S. 57)



(Quelle: Unterricht Chemie: Methodenwerkzeuge, Friedrich Verlag, 2001, S. 57)

Übersicht Methodenwerkzeuge mit Bezug zur domänenspezifischen Lesefähigkeit (nach Stäudel 2004 b)

I. unmittelbar auf Fachsprache bezogen	
Wortliste	Eine Liste wichtiger Wörter und Fachbegriffe z.B. bei einer Versuchsbeschreibung dient als Sprachstütze. Häufig entsteht eine solche Liste beim Einführen neuer Gerätschaften oder Begriffe. Im Schülerheft eignet sich der Heftrand für Wortlisten.
Wortfeld	Dem Schüler wird als Sprachmaterial eine ungeordnete Menge an Fachbegriffen und Satzbruchstücken vorgegeben, um daraus z.B. eigene Sätze zu bilden, Begriffspaare zu finden o. Ä. Das Wortfeld ist der Wortliste verwandt. Im Unterschied dazu werden hier die Begriffe, Wortverbindungen ungeordnet angeboten.
Wortgeländer	Ein Wortgeländer ist eine Art Grundgerüst aus vorgegebenen Wortelementen, mit denen ein Text, z.B. eine Versuchsbeschreibung, konstruiert wird. Die Einführung typischer Satzstrukturen oder das Üben zusammenhängenden Sprechens werden unterstützt. Das Wortgeländer erlaubt zwar nur sehr eng geführte Äußerungen, reduziert aber die Gefahr sprachlicher Fehler.
Sprech- und Denkblasen	Sie dienen als Sprech- und Formulierungshilfen dessen, was „zwischen den Zeilen“ gesagt und gedacht wird. Sie eignen sich etwa bei der Aufstellung oder Interpretation von Formeln, Texten, Bildern. Die Schülerformulierungen in den Blasen müssen nicht fachsprachlich sein.
Lückentext/-bilder	In Fachtexten oder Zeichnungen werden gezielt fachdidaktische Lücken eingebaut. Es wird so die Anwendung neuer Fachtermini oder z.B. das Einbauen von Experimentierteilen in Aufbauten geübt. Der Schwierigkeitsgrad lässt sich durch Vorgabe der einzusetzenden Teile variieren: genaue Vorgabe, ohne Vorgabe, Überangebot an Lösungsworten bzw. -bildern.
Textpuzzle	Ungeordnete Sätze, Satzteile oder Einzelwörter sollen zu sprachlich sinnvollen Sätzen zusammengesetzt und in eine sachlogische Reihenfolge gebracht werden. Die willkürliche Gestaltung der Trennungen entscheidet über den Schwierigkeitsgrad. „Langweilig“ wirkende Texte werden von Schülern interessanter eingeschätzt. Fachliche Textbausteine werden beim Puzzeln mehrfach gelesen und somit wird der Fachwortschatz gefestigt.
Satz-, Fragemuster	Es sind standardisierte Redewendungen oder Fragen der Fachsprache. Sie stellen Mustersätze zu einem Themenbereich dar. Mit Hilfe der standardisierten vorgegebenen Satzteile sollen die Schüler durch Austausch von Wortgruppen eigene Sätze zur Thematik formulieren lernen.
Worträtsel	Rätsel sind eine beliebte Übungsform. Es gibt viele verschiedene Varianten: Kreuzwörterrätsel, Silbenrätsel, Wortsuchrätsel, Verschlüsselungsrätsel, Zuordnungsrätsel, Wortpuzzle u.a.m.. Dieses spielerisch reproduktive Werkzeug ist grundsätzlich einsetzbar, wo Begriffe gelernt, gefestigt oder wiederholt werden sollen. Lösungswörter sollten nicht zu einfach sein, sonst wird eher „geraten“.
II. Klärung von Abläufen/Prozessen	
Bildpuzzle/-sequenz	In Bildsequenzen werden zeitliche Abläufe, räumliche Anordnungen oder inhaltliche Zusammenhänge bildlich veranschaulicht.
Filmleiste	Bildteile einer Folge sollen in die richtige Reihenfolge gebracht oder Bildstücke richtig zusammengesetzt werden. Bei der Filmleiste werden in einzelnen Bildern die Teilschritte eines fachlichen Vorgangs mit zeitlichem Ablauf dargestellt. Bei der selbstständigen Erarbeitung chronologischer Vorgänge können die Einzelteile sachlogisch geordnet werden.
Bildergeschichte	Sie ist eine Kombination aus Bild- und Textmaterial zu einem fachlichen Vorgang (oft unter Nutzung von Sprechblasen). Die Bildergeschichte muss fachlich und didaktisch sinnvoll sein. Sie kann genutzt werden, um naturwissenschaftliche Vorgänge im Alltagsleben bewusst zu machen oder um Allgemeinsprache und Fachsprache gegenüberzustellen.
Fehlersuche	Die Fehlersuche geschieht an präpariertem, fehlerhaftem Bild- oder Textmaterial. Sie verlangt von den Schülern eine exakte Sichtung. Die Fehlersuche ist vornehmlich zur Festigung, Vertiefung oder Überprüfung bekannten Wissens einsetzbar. Anzahl und Art der Fehler müssen bekannt sein. Es existiert eine eindeutige Musterlösung.

III. Visualisierungshilfen	
Mind-Map	Ausgehend von einem zentralen Begriff wird eine verzweigte, meist farbige hierarchische „Ast“-Struktur von Begriffen, Stichwörtern und Bildern aus dem Gedächtnis hergestellt. Die Mind-Map kann in vielen Phasen des Unterrichts eingesetzt werden: Brainstorming, Textaufbereitung, Wiederholung, Themenzusammenfassung, ...
Ideennetz	Das Ideennetz ähnelt der Mind-Map. Es ist ein Brainstorming-Verfahren, bei dem ein Begriff als Kern vorgegeben wird. Die weiter fließenden Ideen und Einfälle werden in der Reihenfolge der Gedanken astartig an den Kern notiert. Jeder Schüler erstellt ein eigenes individuelles Ideennetz. Weiterführende Einfälle werden durch Linien mit den vorhergehenden, ein völlig neuer Einfall direkt mit dem Kern verbunden. So entstehen bildliche Gedankenketten, die oft nur stückweise fachlogische Struktur haben. Ideennetze veranschaulichen durch die Abbildung der individuellen Wissensstrukturen der einzelnen Schüler die aktuelle Lernausgangslage zu einem Thema.
Begriffsnetz	Es werden Begriffe und Beziehungen bildhaft in einer Netzstruktur dargestellt. Das Begriffsnetz dient der kognitiven Zusammenfassung, Strukturierung und der optischen Darstellung eines Beziehungsgeflechtes. Ausgangspunkt sind bereits vorgegebene Begriffe. Diese sollen selbstständig mit Pfeilen vernetzt werden oder können in eine vorgegebene Netzstruktur eingetragen werden.
Strukturdiagramm	Es ist eine abstrakte netzartige Darstellung eines Sachverhaltes. Wichtige Fachbegriffe werden in verzweigter Struktur so dargestellt, dass daraus ihre Logik und innere Struktur hervorgeht. Bewährt hat sich das Anordnen von Begriffs- und Pfeilkärtchen in Gruppenarbeit. Es bietet sich bei Beschreibungen von gegliederten Handlungen oder Prozessen an, kann so z.B. sehr gut als Grundlage für längere mündliche Schülerbeiträge dienen.
Flussdiagramm	Es ist eine grafische Darstellung von Vorgängen, Handlungen, Prozessen oder Lösungswegen zur Verdeutlichung eines funktionalen Zusammenhanges oder eines zeitlichen Ablaufs. Die Fachinhalte müssen eine hinreichende logische Kettenstruktur aufweisen, so dass sich das Darstellen in einem Pfeildiagramm über mehrere Stufen lohnt. Geeignet sind z.B. Ursache-Wirkungs-Ketten oder Ja-/Nein-Entscheidungsabläufe. Bewährt hat sich das Anordnen von Begriffs- und Pfeilkärtchen in Gruppenarbeit.
Lernplakat	Es ist ein Mittel zur Visualisierung der verschiedensten Unterrichtsinhalte und -prozesse. Es kann in vielen Phasen des Unterrichts eingesetzt werden: zur Aktivierung, Materialsammlung, Strukturierung, Lernwegsdarstellung, Präsentation u.a.m. Es wird mit der ganzen Klasse gemeinsam erstellt.

IV. Hilfen zur Rekonstruktion	
Zuordnung	Gegenstände, Bilder, Symbole, Fachbegriffe, Fragen und Antworten etc. werden einander zugeordnet. Es gibt eine eindeutige Musterlösung. Zuordnungen stellen einfache Strukturierungsanforderungen. Sie eignen sich besonders für Partner- oder Gruppenarbeit. Hier sollte mit vielgestaltigem Kärtchenmaterial gearbeitet werden.
Partnerkärtchen	Diese Kärtchensammlung mit thematischen Wissensfragen und Lösungen dienen zur individuellen Übung, Wiederholung und Festigung. Das Kärtchenmaterial kann von den Schülern selbst hergestellt und im Schwierigkeitsgrad gestaffelt werden. Bei gegenseitigem Abfragen werden richtig beantwortete Kärtchen herausgenommen, fehlerhaft oder unvollständig beantwortete bleiben im Spiel.
Domino	Dieses Zuordnungs-Legespiel mit Fachbildern und -begriffen dient zur Übung, Wiederholung und Festigung. Die Dominokärtchen können auch von Schülern selbst hergestellt werden. Das Spiel eignet sich vor allem für die Gruppenarbeit. Stark unterschiedliche Lerntempi werden hierbei ausgeglichen.
Memory	Es ist ein bekanntes Merkspiel, bei dem z. B. Bild- und Begriffskarten einander zugeordnet werden sollen. Auf einfachem Niveau können Begriffe und Zusammenhänge in Gruppen- oder Partnerarbeit ohne die Führung des Lehrers spielerisch gefestigt werden. Das Spiel ist vor allem für den Anfangsunterricht geeignet.
Würfelspiel	Durch Würfeln gelangen Spielfiguren auf Spielfelder, auf denen fachliche oder fachsprachliche Aufgaben gelöst werden müssen. Spielbrett und Fragen-Antwort-Paare können vorgegeben sein, werden aber sehr gerne auch von Schülern selbst entwickelt. Es sollten nicht mehr als 4 Spieler beteiligt sein.
Kartenabfrage	Sie ist ein Brainstorming-Verfahren, bei dem möglichst viele divergente Ideen, Anregungen, Vorschläge, Tipps etc. aus der ganzen Klasse gesammelt und dann strukturiert werden. Die Kartenabfrage wird mit der ganzen Klasse oder in größeren Teilgruppen durchgeführt. Sie wird am besten zur Ideenfindung oder zur gemeinsamen Unterrichtsplanung bei der Einführung in ein neues Thema genutzt.
Kärtchentisch	Ein vorgegebener Satz von Kärtchen mit Begriffen, Bildern, Symbolen, Formeln, Fakten u.a. soll ohne Vorgabe strukturiert, geordnet, klassifiziert, d.h. in einen sachlogischen Zusammenhang gebracht werden. Es gibt verschiedene Lösungsmöglichkeiten. Diese Strukturierungsaufgabe ist anspruchsvoll, aber bei Schülern sehr beliebt. Geeignet hierfür ist die Gruppenarbeit in Gruppen mit mehr als 3 Schülern. Neben einfachen Paarzuordnungen müssen auch Hierarchien, Clusterungen und sachlogische Strukturen von den Schülern selbst gefunden und in der Gruppe muss eine gemeinsame Lösung ausgehandelt werden.

Anmerkung zur Übersicht „Methodenwerkzeuge“

Im Original führt Leisen 40 Methodenwerkzeuge auf, von denen hier jedoch nicht alle wiedergegeben sind. Weggelassen wurden insbesondere die vorwiegend kommunikativ orientierten wie „Kugellager“ oder „Heißer Stuhl“ sowie die komplexeren wie „Expertenmethode“ oder „Lernen an Stationen“, auf deren Verhältnis zu Aufgaben an anderer Stelle eingegangen wird. Eine aktuelle Zusammenstellung findet sich in Hepp/Krüger/Leisen 2003 als „Steckbrief-Methodenwerkzeuge“ (Beilage).

Mit der „Lernbox Naturwissenschaften – Informationen beschaffen, aufbereiten, präsentieren“ beziehen sich Stäudel und Werber ganz unmittelbar auf Klippert'sche Ansätze. Jedoch werden alle methodischen Vorschläge an (Text-)Beispielen aus dem naturwissenschaftlich-technischen Bereich entfaltet.

Die Vorschläge im ersten Teil „Informationen beschaffen“ haben durchweg Aufgaben-Charakter; es geht darum,

Bezeichnungen und Begriffe alphabetisch zu ordnen, Fachbegriffe nachzuschlagen, eine Kartei anzulegen, ziel-sicher mit Inhalts- und Stichwortverzeichnis eines Schul- oder Fachbuchs umzugehen, ein Nachschlagewerk wie auch elektronische Quellen zu benutzen. Mittels der „schnellen Informationssuche“ können schließlich am Ende einer Unterrichtssequenz spielerisch die Lesekom-petenz getestet wie auch Teile des Erarbeiteten wieder-holt und vertieft werden.

Schnelle Informationssuche
Manchmal ist es notwendig, aus Texten schnell eine wichtige Information herauszusuchen. Das schnelle Lesen kannst du üben.
Suche aus deinem Biologie-Buch möglichst schnell die Antworten auf die folgenden Fragen zum Thema Heimische Säugetiere:
1. Wie groß ist das Revier, in dem ein Wolfsrudel jagt?
2. Manchmal findet man im Wald Stellen, die wie umgepflügt aussehen. Wer war's?
3. Wie viel Gramm Nahrung benötigt ein Maulwurf am Tag?
4. Welche Körpertemperatur hat ein Igel beim Winterschlaf?
5. Welches Körpergewicht hat ein Feldhase etwa?
6. Welchen Schaden in Euro richten Wanderratten jährlich weltweit an?
7. Wie hoch schätzt man die Zahl der Rehe bei uns?
8. Hirsche setzen ihr Geweih bei Auseinandersetzungen nur zum Kräftemessen ein, nicht um den Gegner zu verletzen. Wie nennt man deshalb solche Kämpfe?
9. Seit wie vielen Jahren gibt es bei uns ausgewilderte Waschbären?
10. Das Biberfell ist besonders wertvoll. Wie viele Haare wachsen auf einem Quadratzentimeter?
11. Was versteht man bei Eichhörnchen unter einem „Kobel“?
12. Wie heißt der größte bei uns vorkommende Bilch?
13. Wie heißt die für Kaninchen gefährlichste Krankheit?
14. Wie viele Junge kann eine Feldmaus während ihres Lebens bekommen?
15. Er galt im Gebiet der Bundesrepublik seit 1818 als ausgestorben und ist die größte heimische Katzenart.
16. Wegen welcher Krankheit, die auch für den Menschen lebensgefährlich ist, wurde der Rotfuchs bei uns stark verfolgt?
17. Von seiner Art gibt es im Gebiet der Bundesrepublik nur noch einige Dutzend. Früher wurden sie als angebliche Fischereischädlinge verfolgt.

Die Fragen beziehen sich auf das Schulbuch „Natura I“. (Quelle: Informationen beschaffen, aufbereiten, präsentieren, Friedrich Verlag, 2001, S. 15)

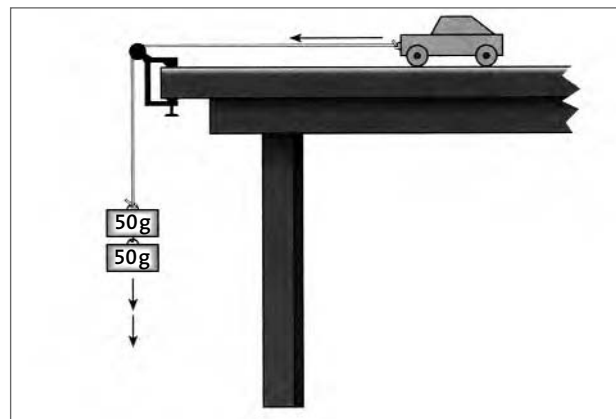
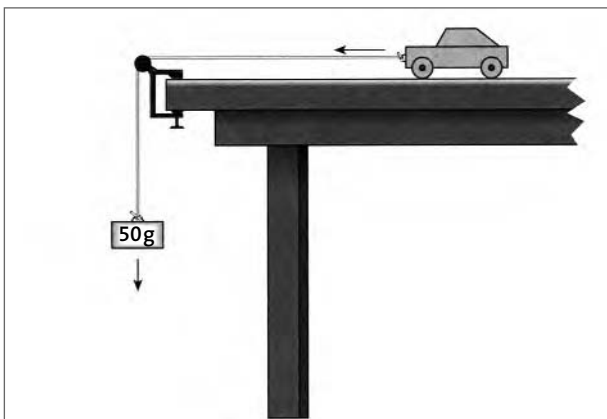
Im zweiten Teil gibt es Anleitungen zum intensiven Lesen, zum Markieren von Textstellen, dem Auffinden von Schlüsselbegriffen sowie weiteren unterstützenden Techniken zur Text-Rezeption. Dazu gehören auch die Herstellung von Frage- und Antwort-Kärtchen und diverse „Übersetzungs“-Aufgaben, etwa die Umgestaltung eines Textes in eine Tabelle oder die Herstellung

einer Zeitleiste. Wiederum eröffnen sich vielfältige Möglichkeiten, im Zusammenhang mit experimentellem Arbeiten entsprechende Aufgaben vorzuschalten wie die im folgenden gezeigte, die die Interpretation einer visuell präsentierten Versuchsanordnung erfordert sowie die Antizipation des möglichen Verlaufs (Stäudel 2001, S. 36).

Eine Versuchsskizze in eine Text umwandeln

Naturwissenschaftliche Experimente werden oft durch eine Abbildung verdeutlicht. Meistens kannst du aus einer solchen Abbildung bereits sehen, wie der Versuch vorbereitet und durchgeführt werden soll. Manchmal kannst du aus der Zeichnung auch darauf schließen, wie die Auswertung stattfinden soll.

- Finde eine Überschrift für die abgebildeten Versuche.
- Stelle eine Materialliste für den Aufbau und die Durchführung der beiden Versuche zusammen.
- Beschreibe möglichst genau, wie der Versuch abläuft; worauf musst du achten, was kannst du dabei messen?
- Formuliere in eigenen Worten, was die beiden Teilversuche zeigen sollen.
- Welches Ergebnis erwartest du im Vergleich der beiden Teilversuche?



(Quelle: Informationen beschaffen, aufbereiten, präsentieren, Friedrich Verlag, 2001, S. 36)

Ein weiteres Beispiel stammt aus dem Biologieunterricht einer SINUS-Schule. Die Aufgabe besteht hier darin, die Informationen aus einem Text in eine Tabelle umzusetzen, auch hier nicht als Selbstzweck, sondern zur Unterstützung der kognitiven Strukturierungsfähigkeit – und zugleich zur Vertiefung der Thematik (Sauer & Stäudel 2004, S. 12-13).

Die pflanzliche Zelle

Jede Zelle ist mit einem kleinen Betrieb vergleichbar. So wie der Betrieb mit Mauern umgeben ist, so ist auch die pflanzliche Zelle mit einer Zellwand umgeben. Sie gibt der Pflanze Festigkeit und schützt sie.

Der Zellkern ist die Befehlszentrale. Er ist mit dem Büro eines Betriebes vergleichbar.

Er steuert die Lebensvorgänge innerhalb der Zelle. Außerdem enthält er die Erbinformationen. Ohne den Zellkern ist eine pflanzliche Zelle nicht lebensfähig.

Das Zellplasma ist eine durchscheinende, feinkörnige Flüssigkeit. Man nennt es auch Protoplasma. Hier werden, wie auf den Straßen eines Betriebes wichtige Stoffe transportiert. In vielen Zellen lässt sich die Bewegung des Zellplasmas gut beobachten.

Jede Fabrik braucht, so wie die Zelle, einen Lagerraum. Man nennt den Lagerraum der Zelle Vakuole oder Zellsaft-raum. Er ist mit Wasser und anderen lebensnotwendigen Stoffen prall gefüllt und hält so die gesamte Zelle unter Spannung, so wie die Luft einen Fahrradschlauch. Verliert die Vakuole Wasser, so lässt die Spannung der Zelle nach und die Pflanze welkt.

Neben dem Büro sind auch noch Produktionsstätten da. Hier wird etwas hergestellt.

Sie sind für den Betrieb lebenswichtig. Die Produktionsstätten der Zelle sind Blattgrünkörperchen oder Chloroplasten. In ihnen werden wichtige Bau- und Betriebsstoffe hergestellt. Jede Fabrik hat auch ein Pförtnerhäuschen, wo die ein- und ausgehende Fracht kontrolliert wird. Die Zelthaut ist die Pforte der Zelle. Sie kontrolliert, welche Stoffe in die Zelle hinein und auch wieder hinaus gelangen.

Wandle den Text über den Vergleich von Zelle und einem Betrieb in eine Tabelle um!

Das Ergebnis kann wie folgt aussehen:

Dieser Teil der Zelle wäre in einem Betrieb	und hat die Aufgabe
Zellwand	Mauern um das Betriebsgelände	gibt der Pflanze Festigkeit und schützt sie.
Zellkern	Büro, Befehlszentrale	steuert die Lebensvorgänge, enthält die Erbinformationen.
Zellplasma	Straßen auf dem Betriebsgelände	transportiert wichtige Stoffe in der Zelle.
Vakuole oder Zellsaft-raum	Lagerraum	speichert Wasser und andere lebensnotwendige Stoffe, hält die Zelle unter Spannung.
Blattgrünkörperchen oder Chloroplasten	Produktionsstätten	zur Herstellung wichtiger Bau- und Betriebsstoffe.
Zellhaut	Pförtnerhäuschen	kontrolliert, welche Stoffe in die Zelle hinein und wieder hinaus gelangen.

Im dritten Teil der Materialien werden schließlich Hinweise zum sachgemäßen Präsentieren der erarbeiteten Informationen gegeben, etwa wie man sinnvoll einen Ordner, eine Sachmappe oder ein Portfolio anlegt oder wie man ein kleines Referat hält.

Naturwissenschaftliche Fachschaften haben an verschiedenen Schulen bereits begonnen, ihre diesbezüglichen Aktivitäten zu koordinieren und ein Literacy- und Methoden-curriculum für die gesamte Mittelstufe zu entwickeln. Gelegentlich hat eine entsprechende Schwerpunktbildung bereits Eingang ins Schulprogramm gefunden (Nahrgang 2004).

3 Lernaufgaben für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Lernaufgaben stellen bezogen auf einen fragend-entwickelnden Unterricht eine Öffnung in Richtung auf die Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler dar; sie sind zugleich der Versuch, bei den Lernenden eine kognitive Aktivierung zu bewirken, jene also zu Akteuren des Lernprozesses werden zu lassen statt sie zu einer passiven Rezipientenrolle zu verurteilen. Duit (2002) kommt in seiner kritischen Betrachtung des Aufgabengebrauchs im Physikunterricht und in Physik-Schulbüchern zu dem Schluss, dass „Routineaufgaben bzw. formale Aufgaben zu den jeweils angebotenen Inhalten überwiegen“. Mit eben solchen Aufgaben kämen deutsche Schülerinnen und Schüler „noch akzeptabel zurecht“; sie hätten „aber große Schwierigkeiten, Aufgaben zu lösen, in denen es um anspruchsvolle und sinnvolle Anwendung und Übertragung des Gelernten geht. Aufgaben, in denen unterschiedliche Lösungswege möglich sind, erweisen sich für die meisten Schülerinnen und Schüler als kaum lösbar.“ Für diese Defizite macht er in erster Linie „die Art, wie Aufgaben im Unterricht eingesetzt werden“ verantwortlich. Wie aber müssen neue Aufgaben aussehen? Wie können ihre Einsatzmöglichkeiten aussehen?

Bei der Entwicklung einer neuen Aufgabekultur erweist sich für die Naturwissenschaften der Umstand als erschwerend, dass – vom Physikunterricht und seinem oben kritisierten Aufgabengebrauch abgesehen – Aufgaben bislang kaum einen festen Platz im Unterricht hatten. Im Vergleich dazu geht es für den Mathematikunterricht „lediglich“ darum, die tradierten Aufgabenformate zu ergänzen und bestimmte Kompetenzen durch spezifische Aufgabenformulierungen deutlicher herauszufordern und ihre Entwicklung zu fördern. Ein Blick auf diese Nachbardisziplin zeigt, in welche Richtung diese Umsteuerung inzwischen erfolgt ist:

Es werden kognitiv anspruchsvolle Aufgaben formuliert, insbesondere solche, die eine Modellierung des Problems erfordern, die oft auch mehrere Lösungswege zulassen und bei denen es weniger auf ein zahlenmäßiges Ergebnis ankommt als vielmehr auf eine nachvollziehbare Strukturierung und die angemessene Auswahl passender mathematischer Ansätze und Werkzeuge.

Je nach Leistungsfähigkeit einer Lerngruppe mutet man den Schülerinnen und Schülern gelegentlich sogar die Formulierung der Frage selbst zu.

Wegen ihrer Anschaulichkeit wird hier die bekannte „Heißluftballon-Aufgabe“ noch einmal präsentiert – und weil an einem Beispiel aus einem „fremden“ Fach womöglich besser zu erkennen ist, was das wünschenswerte Neue eigentlich ausmacht.



(Quelle: W. Herget / T. Jahnke / W. Kroll: Produktive Aufgaben für den Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I, Cornelsen, 2001; © Bulls Press/Express Newspapers)

Für viele Schülerinnen und Schüler ist dieses Foto, das den Extremsportler Ian Ashpole nach seiner Landung mit einem Fallschirm auf einem Heißluftballon zeigt, hinreichend motivierend, um selbst eine Fragestellung zu entwickeln. Andere brauchen als Impuls die Frage „Finde heraus, wie viel Luft etwa im Heißluftballon ist!“

Um eine Antwort zu finden, müssen die Schüler dreierlei tun:

- Eine Abschätzung der Ballondimensionen vornehmen: Dazu kann der Mann auf der Ballonoberseite als Maßstab dienen – die Höhe des Ballons ist etwa 12 mal so groß wie der Mensch.
- Die Ballonform ins Verhältnis setzen mit einem bekannten (und leicht berechenbaren) regelmäßigen Körper: Das kann eine Kugel ebenso sein wie ein Kubus, natürlich auch eine Halbkugel ergänzt durch einen Kegel.
- Schließlich müssen sie die zugehörige Formel zur Volumenberechnung heranziehen und die Abschätzung rechnerisch vollenden.

Die größten Schwierigkeiten treten bei Aufgaben dieses Typs jedoch nicht bei den genannten Schritten auf, sondern bereits im Vorfeld. Die Fragestellung vermittelt mit ihrer Vagheit ein Gefühl der Unsicherheit; dass man schätzen und nicht berechnen soll, ist Teil der Verunsicherung. Begegnen kann der Unterricht dieser Irritation allein dadurch, dass solche und ähnliche Aufgaben, die durchaus typisch sind für reale Fragestellungen in Alltag und Technik, vermehrt zum Gegenstand des Lernens werden.

Die Ballonaufgabe stellt den Prototyp einer Modellierungsaufgabe dar: Erst muss die Fragestellung präzisiert werden, dann müssen geeignete Vorgehensweisen gesucht und probeweise auf das Problem angewandt werden und schließlich muss die Berechnung erfolgen und das Ergebnis auf Plausibilität geprüft werden. Unter 3.1 werden vergleichbare Aufgaben aus dem Bereich Naturwissenschaften vorgestellt und ihr Potential für das Lernen diskutiert. Weil Aufgaben wie die Ballonaufgabe aber nicht in beliebiger Zahl zur Verfügung stehen, sollen zwei weitere Ansätze präsentiert werden, zum einen ein Aufgabenformat, bei dem experimentelles Vorgehen antizipiert und/oder eine Versuchsanordnung konzipiert werden muss (3.2), zum anderen eine in noch höherem Maß alltagstaugliche Variante: die gezielte Veränderung bekannter Aufgaben (3.3).

3.1 Modellierungsaufgaben

Modellierungsaufgaben stellen die anspruchsvollste Form von Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht dar. Wegen ihrer komplexen Anforderungen an die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler muss besonders sorgfältig geprüft werden, ob sie tatsächlich für die Lernenden lösbar sind. Gegebenenfalls muss eine Phase der Aktivierung des Vorwissens vorgeschaltet werden, damit eine hinreichende Basis zur eigentlichen Bearbeitung existiert. Wenn der Erfolg dieser Aktivierung fraglich erscheint, z.B. weil Teile der benötigten Unterrichtsinhalte bereits zu weit in der Vergangenheit liegen, kann die betreffende Aufgabe zur Sicherheit mit Hilfen versehen werden, was ihren Charakter dann aber verändert (vgl. 5.1).

Eine anspruchsvolle Modellierungsaufgabe für den Physikunterricht zitieren Duit u. a. (2002):

Wo setzt sich der Schnee fest?

Haben Sie sich nicht auch schon über die Vorliebe des Schnees gewundert, sich an bestimmten Stellen zuerst festzusetzen?



Sie haben hier eine Fotografie von solchen Schneemustern, die sich kurz nach Beginn des Schneefalls gebildet haben: Sie sehen eine Gartenterrasse aus Betonsteinen, deren Zwischenräume mit bemoostem Sand gefüllt sind.

Schreiben Sie einen gut durchdachten physikalischen Aufsatz, in dem Sie die Entstehung der Muster erklären. Eigene winterliche Beobachtungen sind als Bereicherung willkommen!

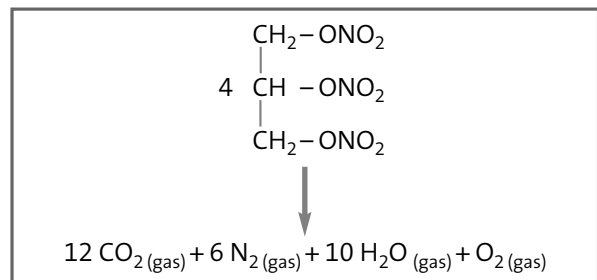
(Quelle: Aufgabe 4.2.4.1 aus Dreyer, H. P. u. a.: Phänomene. Aspekte der Realität in Physikaufgaben. Aarau: Sabe, 1999, S. 100, Sauerländer Verlage AG)

Auf dem wiedergegebenen Foto können die Schülerinnen und Schüler beispielsweise erkennen, dass Schnee besser über den Fugen von Pflastersteinen liegen bleibt als auf den Steinen selbst. Hier muss ein Phänomen zunächst in Beziehung gesetzt werden zu einer Eigenschaft der verschiedenen Stoffe. Es bedarf einer Evidenzbetrachtung um festzustellen, dass es sich bei dieser Eigenschaft um die Wärmeleitfähigkeit handeln muss: Wenn erst die obersten Schichten des Bodens abgekühlt sind und Schnee auf Pflastersteine und die mit Sand gefüllten Fugen fällt, bleibt er über dem Material mit der geringen Wärmeleitfähigkeit besser liegen, also zwischen den Steinen.

Auch aus anderen Bereichen der Naturwissenschaften sind Modellierungsaufgaben inzwischen bekannt.

- So lässt Freiman (2003) seine Schülerinnen und Schüler „das Pulver selbst wieder erfinden“, indem er die Frage bearbeiten lässt, wie vermutlich die Füllung einer Patrone unter chemischen Gesichtspunkten beschaffen sein muss: Herauszufinden ist, dass es sich um eine Oxidation (genauer Redox-Reaktion) mit großer Gas-

entwicklung handeln muss, bei der sich aber das Oxidationsmittel bereits mit in der Hülse befinden muss, weil die Patrone ja nach außen abgeschlossen ist. Das ist sowohl beim Schwarzpulver der Fall mit Kaliumnitrat als Oxidationsmittel wie auch bei modernen Explosivstoffen; Nitroglycerin vereinigt im Molekül oxidierende und reduzierende Komponenten und setzt diese beim Zünden explosiv in Gase um.



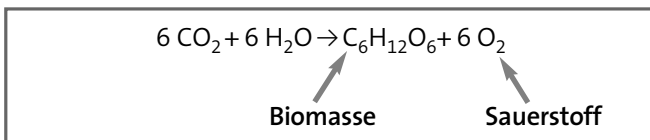
- Auch das Spritzen einer Sprudelflasche gibt ein interessantes Modellierungsproblem ab (Stäudel 2003). Wie bewirkt die durch Schütteln der verschlossenen Flasche zugeführte Energie beim Öffnen das vermehrte Herausspritzen von Wasser? Zur Lösung gelangen die Lernenden durch eine Kombination von genauer Beobachtung und Übertragung eines in der Regel bereits aus dem Alltag bekannten Effekts, dass z.B. siedendes Wasser beim Einstreuen von Salz aufwällt: Durch das Schütteln gelangt eine Vielzahl kleiner Gasbläschen ins Flüssigkeitsvolumen; dort wirken sie als Keime für die Bildung größerer Gasblasen.



(Abb. von Lutz Stäudel)

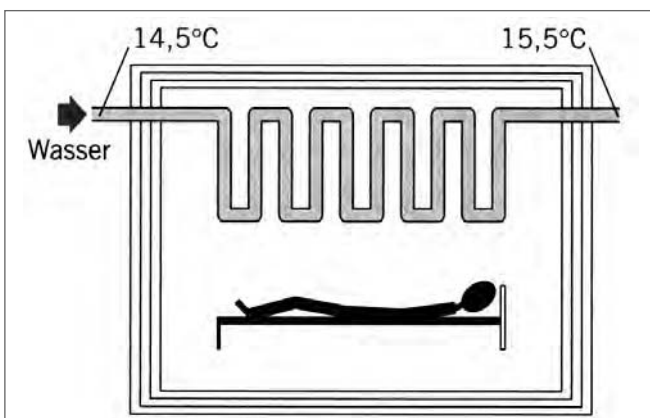
Auch zwei andere Modellierungsaufgaben kann man erst lösen, wenn der richtige Ausschnitt gefunden, das richtige System definiert sind:

- In einem Fall geht es um den Grundstoffwechsel des Menschen, im anderen um den „Stoffwechsel“ des tropischen Regenwaldes. Beim Regenwald steht am Anfang die Problematisierung dieses Biotops als „Grüne Lunge“, die uns mit Sauerstoff versorgt. Ausgestattet mit der Information, dass die Biomasse des tropischen Regenwaldes wegen der begrenzten Verfügbarkeit von Mineralstoffen nahezu konstant bleibt, kann geschlussfolgert werden, dass es auch keine Netto-Sauerstoffproduktion gibt:



Aus der Fotosynthese-Gleichung ist zu entnehmen, dass Biomasse und Sauerstoff immer nur im gleichen Verhältnis gebildet werden können. Sobald Biomasse wieder abgebaut wird, z.B. durch Mikroorganismen, wird in äquivalentem Umfang auch Sauerstoff verbraucht.

- Auch für die Frage nach dem energetischen Grundumsatz des Menschen muss man zuerst das betrachtete System in geeigneter Weise definieren: Da es schwierig ist, den Energie- und Wärmehaushalt direkt zu messen, muss man abhängige Faktoren finden, die zum Stoffwechsel in Beziehung gesetzt werden können. Ein Mensch in einer isolierten Kammer bewirkt einen bestimmten – messbaren – Temperaturanstieg. Noch leichter ist es, z.B. die Zunahme des CO₂-Gehaltes in diesem Raum messend zu verfolgen und aus der Gasbilanz beim Atmen auf den Energieumsatz zu schließen.



(Quelle: Naturwissenschaftliches Arbeiten, Friedrich Verlag, 2004, S. 119)

Die beiden zuletzt angeführten Beispiele zeigen nebenbei, dass ein Bereich der Chemie wie die Stöchiometrie, die wegen ihrer üblichen Rechenorientierung bei Schülern wie Lehrern zu den ausgesprochen ungeliebten Themen des Unterrichts gehört, auch ganz andere, elementare Verwendung finden kann. Hier werden Reaktionsgleichungen als Teilchenumsätze interpretiert und eine Äquivalenz- oder Proportionalitätsbetrachtung angestellt, ohne auf die realen Massenverhältnisse eingehen oder gar rechnen zu müssen – eine Sicht, die der PISA-Philosophie deutlich nahe kommt.

Über die Modellierung konkreter Problemstellungen hinaus hat dieser Aufgabentyp eine weitreichende allgemeine Bedeutung. Zwar spielen hier Modelle im engeren Sinn, wie z.B. dreidimensionale Veranschaulichungen eines Moleküls oder ein „begreifbares“ Modell des menschlichen Körpers, in der Regel keine Rolle, stattdessen spielen geistige Konstruktion und Modellbildung eine überragende Rolle. Die Schülerinnen und Schüler üben dabei einen der zentralen Aspekte des naturwissenschaftlichen Herangehens an die Dinge der Welt, indem sie nach Bedarf von den individuellen Besonderheiten der Phänomene oder Gegenstände abstrahieren. Je mehr Möglichkeiten den Lernenden in dieser Hinsicht eingeräumt werden, desto leichter fällt ihnen dieses bewusste Absehen vom Besonderen und desto mehr lernen sie, ihren eigenen gedanklichen Modellen der (naturwissenschaftlichen) Welt zu vertrauen.

Wie in der Auseinandersetzung mit einem Realmodell erlangen sie beim Modellieren Geläufigkeit beim Umgang mit Modellen. Dabei wird u.a. zunehmend deutlich, dass es zwar immer ein Gegenüber von Original und Modell gibt, dass es sich aber keineswegs durchgängig um reale Objekte handeln muss: Das Denken in der Teilchenwelt gehört ebenso zu dieser Kategorie wie die Mehrzahl der energetischen Betrachtungen.

Die Schülerinnen und Schüler lernen beim Modellieren auch, dass es darum geht, solche Eigenschaften auszuwählen, die für die anzustellende Betrachtung besonders wichtig sind, dass man Grenzen ziehen und Unwesentliches ausblenden muss, um das Wesentliche sichtbar zu machen. Duit u.a. (2004, S. 105) führen dazu aus, dass „Modelle – ganz gleich ob gegenständlicher oder theoretischer Natur – (...) weder selbstverständlich noch selbsterklärend (sind), sondern vielmehr Mittel zum besseren Verstehen. Ihr Einsatz sollte Erkenntnis fördernd sein: einmal, indem die Entsprechungen, Verkürzungen und Überschüsse des jeweiligen Modells systematisch herausgearbeitet wer-

den. Zum anderen, indem verschiedene Modelle mit einem Original verglichen werden. Und des Weiteren, indem Modelle selber erdacht und gebaut oder entwickelt werden.“

3.2 Versuchsanordnungen entwickeln lassen

Experimente stehen von jeher im Mittelpunkt des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Ihr volles Potential für das Lernen und Verstehen naturwissenschaftlicher Sachverhalte entfalten sie allerdings erst dann, wenn die Schülerinnen und Schüler sich die experimentell zu klärende Frage so weit möglich selbst zu Eigen machen, besser noch: an der Umsetzung der ursprünglichen Fragestellung in ein experimentelles Design beteiligt sind. Dazu bedarf es der Anwendung meist mehrerer naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen. Wie Aufgaben die Ausbildung der betreffenden Teilkompetenzen unterstützen können, wird weiter unten ausgeführt. Hier soll es zunächst um Aufgaben gehen, die vom Typ her eine Modellierung erfordern, jedoch spezifisch auf ein Experiment oder eine Versuchsreihe bezogen und weniger weitreichend im Modellierungsanspruch sind.

Ein Beispiel, das dieses Aufgabenformat verdeutlichen kann, wurde von E. Peter für den Biologieunterricht entwickelt und erprobt. Die Keimung von Kressesamen gehört zu den Standardinhalten des Unterrichts in den Jahrgangsstufen 5 und 6. Statt die betreffenden Versuche vorzuführen, mit denen die Faktoren bestimmt werden können, die zum Keimen notwendig sind, oder sie anhand von Versuchsanleitungen nacharbeiten zu lassen, lässt Peter ihre Schülerinnen und Schüler diese Versuchsserien selbst entwickeln. Nach einem Brainstorming zum Sammeln der Vermutungen erhalten die Schüler einen mehrteiligen Arbeitsauftrag (Peter 2004):

Was brauchen Kressesamen zum Keimen?

Entwerft ein oder mehrere Experimente, mit denen man entscheiden kann, welche Bedingungen zum Keimen von Kressesamen unbedingt notwendig sind!

Beschreibt die Experimente so genau, dass andere danach arbeiten könnten! Fertigt – wenn nötig – eine Skizze an.

Stellt für jedes einzelne Experiment die notwendigen Hilfsmittel zusammen. Nehmt dabei möglichst nur solche Hilfsmittel und Geräte, die in der Schule vorhanden sind!

Wie flexibel man mit solchen Aufgaben umgehen kann, zeigt eine zweite Version des Arbeitsauftrags, der für weniger leistungsfähige Lerngruppen konzipiert wurde. Die einzelnen Gruppen erhalten dann jeweils nur einen Teilauftrag, nämlich den Auftrag, einen Versuch zu entwickeln, der die Notwendigkeit *eines* Faktors – Wasser, Licht, Wärme ... – belegen oder widerlegen kann.

Was brauchen Kressesamen zum Keimen?

(Vermutung: Samen brauchen (Wasser) zum Keimen)

Überlegt euch in der Gruppe ein Experiment, mit dem die Vermutung „Samen brauchen (Wasser) zum Keimen“ überprüft werden kann.

1. Notiert Materialien und Geräte, die ihr benötigt.
2. Beschreibt euer Vorgehen und macht, wenn nötig, eine Skizze.
3. Nennt ein mögliches Ergebnis.

Es kommt hierbei in erster Linie auf die mentale Durcharbeitung der Aufgaben an, also z.B. darauf, die Frage „Wie kann man testen, ob Luft zum Keimen notwendig ist?“ in eine experimentelle Anordnung umzusetzen, bei der alle anderen vermuteten Faktoren ungehindert Zutritt zu den Keimen haben usw. Die spätere Durchführung ist dann zwar spannend und interessant wegen des teilweise unerwarteten Ergebnisses, im Vordergrund steht aber die kausal-logische Konstruktion, die eine eindeutige Aussage ermöglicht, sowie die Antizipation möglicher Verläufe und Ergebnisse. Verglichen mit Modellierungsaufgaben sind Aufgaben dieses Typs auch deswegen leichter zu bewältigen, weil sie mit dem zu entwickelnden Versuchsdesign eine Ebene der Anschaulichkeit besitzen, die ein geistiges Hantieren mit real vorgestellten Gegenständen einschließt.

Ein Beispiel für den Chemie- oder Physikunterricht mit ebenfalls elementarem Gegenstand hat M. Stamme (Stamme 2001) vorgestellt. Er fordert seine Schüler auf, die Aggregatzustände des Wassers und die Übergänge dazwischen durch eine Folge von praktischen Schritten im Experiment darzustellen.

In den Ergebnissen (Klasse 8) erkennt man verschiedene Stadien der Nähe zum naturwissenschaftlichen Aktions-

inventar, sowohl sprachlich als auch in der visuellen Darstellung. Lernen bedeutet in diesem Fall, aus dem Alltag Bekanntes systematisch zu reorganisieren und das gedankliche Modell in eine dinglich-konkrete Planung zu übersetzen. Stamme hat diese Versuchsplanung als Basis für das Wiederaufgreifen des einfachen Teilchenmodells benutzt, die Teilchenvorstellung wird sozusagen auf das zuvor konstruierte zusammenhängende mentale Bild der stofflichen Veränderung projiziert.

Versuchsbeschreibung

1. Versuch: Man nimmt einen Eisbrocken und legt ihn in ein Topf. Dann müssen wir den Topf mit dem Eis auf dem Herd stellen und warten bis es schmelzen tut. Dann warten wir bis es anfängt zu kochen und dann kommt der Deckel drauf um zu gucken, wo das verdampfte Wasser hingelt.

2. Vermutung: Das hehmt sich Kondenswasser, und es hängt am Deckel.

- Versuch -

- 1 - Zuerst machen wir Eiswürfel in das Reagenzglas und halten es mit einer Zange über das Feuer.
- 2 - Nach kurzer Zeit schmelzen die Eiswürfel.
- 3 - Dann dampft es später.
- 4 - Zur Abkühlung tun wir es kalt lösen.
- 5 - Wenn man es wieder zu Eiswürfeln haben will, muss man es wieder in den Kühlschrank machen.

- 286 -

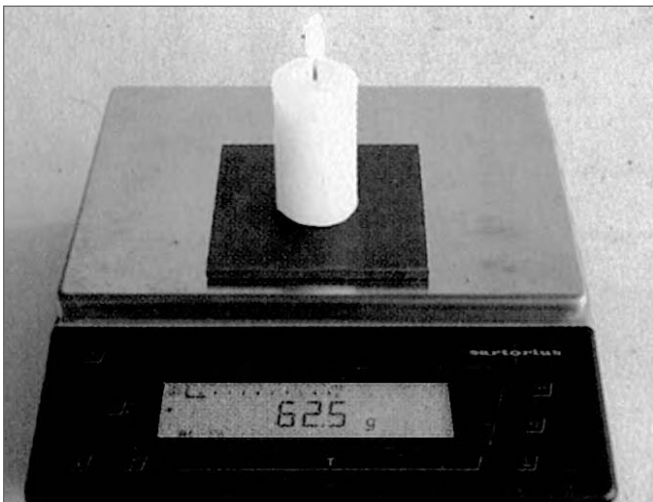
(Quelle: Naturwissenschaftliches Arbeiten, Friedrich Verlag, 2004, S. 56 und Pro Schule)

Ähnliche Aufgaben lassen sich an vielen Stellen des naturwissenschaftlichen Unterrichts formulieren. Sie sind immer dann von besonderer Lernwirksamkeit, wenn die Schülerinnen und Schüler ein Aha-Erlebnis haben (können), wenn sie durch Anwendung ihres Vorwissens und geeignete gedankliche Konstruktion zu einer neuen Einsicht gelangen. Andrea Gerdes (2002) hat dies eindrücklich am Fall der Massenerhaltung vorgeführt: Sie produziert im Kontext des Themas „Verbrennung“ einen kognitiven Konflikt, indem sie zum einen eine Kerze auf eine Waage stellt und dabei zeigt, dass die Masse kontinuierlich abnimmt, zum anderen hängt sie ein Bündel entfettete Eisenwolle an eine Balkenwaage und lässt die Schüler nachverfolgen, wie beim Entzünden und der weiteren Verbrennung des Eisens eine Massenzunahme stattfindet.

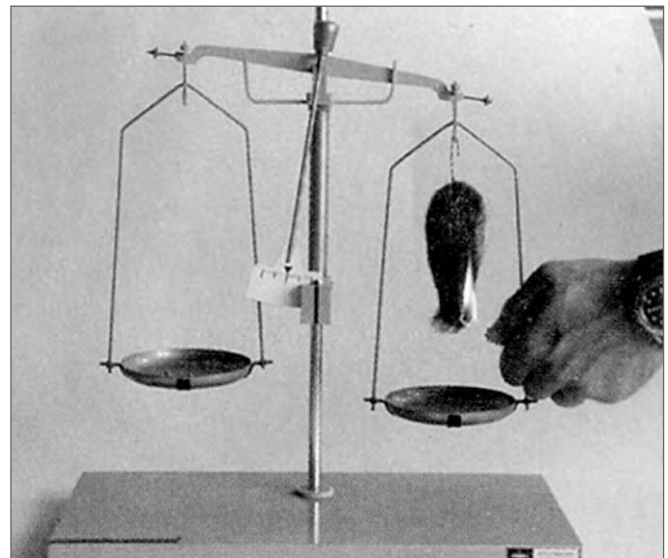
Anschließend sollen die Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen eine Versuchsanordnung entwerfen, mit der zweifelsfrei bestimmt werden kann, ob es bei einer Verbrennung zu einer Massenzunahme oder -abnahme kommt oder ob die Massen gleich bleiben. Als Resultat liefern die Schüler teilweise kaum zu realisierende Ver-

suchsvorschläge, denen aber eines gemeinsam ist: Sie versuchen, Brennstoff und die die Verbrennung unterstützende Luft in einem gemeinsamen Raum abzuschließen, mit anderen Worten: sie definieren ein System, das dann von außen betrachtet (und gewogen) werden kann, vor und nach der Verbrennung. Damit ist die Grundlage geschaffen für das Verständnis des üblicherweise eingesetzten eleganten Experiments, bei dem einige Streichholzköpfe in ein Reagenzglas gegeben werden, dieses dann zugeschmolzen (oder mit einem Luftballon verschlossen) und gewogen wird. Durch Erhitzen von außen entzünden sich die Köpfe; die Masse, zur Kontrolle nach dem Abkühlen wieder gewogen, bleibt aber trotz stattgefundener chemischer Reaktion gleich.

Aus den SINUS-Schulen sind eine Reihe weiterer Aufgaben bekannt geworden, bei denen es um das Entwerfen einer experimentellen Anordnung geht, z.B. um die Frage, ob ein schwerer Skiläufer/Bobfahrer durch sein Gewicht einen Vorteil im Wettbewerb hat. Zur Klärung entwickeln Schüler Experimente an der Schiefen Ebene mit unterschiedlich großen und schweren Kugeln.



(Quelle: Lernbox Naturwissenschaften verstehen und anwenden, Friedrich Verlag, 2002, S.55)

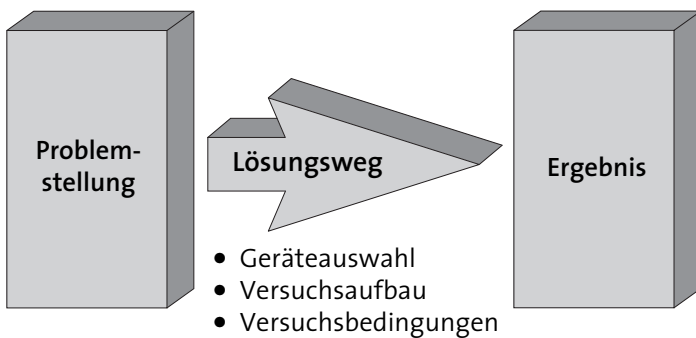


3.3 Aufgaben gezielt verändern

Der Unterrichtsalltag lässt oft nicht hinreichend Zeit, für das aktuell im Unterricht bearbeitete Thema eigene Aufgaben zu entwickeln, bei denen es entweder um eine Modellierung geht oder um das Design einer Versuchsanordnung im Zusammenhang mit zu klärenden Problemstellungen. Die in den Schulbüchern und auch in vielen fachdidaktischen Veröffentlichungen zu findenden Aufgaben sind überwiegend „geschlossene“ Aufgaben, bei denen meist lediglich eine bekannte Vorgehensweise oder ein zuvor eingeführter Algorithmus angewandt werden muss und womöglich ein numerisches Ergebnis zu berechnen ist. Um diese Aufgaben dennoch als Anregung für den Unterricht verwenden zu können, müssen sie in geeigneter Weise verändert werden. Dieses Verändern, im Bereich des Mathematikunterrichts schon seit längerer Zeit üblich, muss für die Naturwissenschaften in der Schule erst noch seine eigene Tradition entwickeln.

O. Wißner (2004) schlägt für die Modifikation von Aufgaben vier Werkzeuge vor:

- das Weglassen von Teilen der Informationen,
- das Verändern von Aufgabentexten,
- das Neuerfinden von ähnlichen Aufgaben,
- die Umkehrung von Ausgangsfrage und Ergebnis.

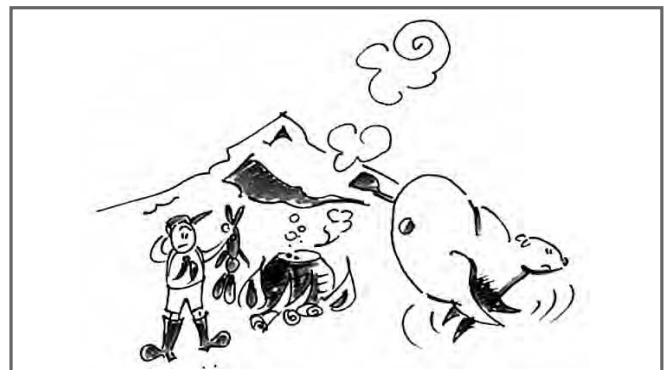


Das Weglassen kann je nach Aufgabenstellung und Fach sehr unterschiedlich gestaltet werden. Die meisten Aufgaben mit konkreten Anleitungen, etwa zur Durchführung eines Experiments, enthalten Angaben zur Fragestellung selbst, zu den zu verwendenden Geräten, dem Versuchsaufbau und zu Versuchsbedingungen, die kontrolliert werden müssen. Man erkennt unmittelbar, dass z. B. das Weglassen der zu kontrollierenden Bedingungen zu einer interessanten neuen Aufgabe führt. Die zentrale Frage lautet dann sinngemäß: „Unter welchen Bedingungen ist das Ergebnis des Versuches aussagefähig?“

Auf Basis der Experimente zur Kressekeimung kann z. B. die folgende Aufgabenstellung entwickelt werden:

„Man vermutet, dass Kresse zum Keimen Wasser, Luft, Wärme, Licht und Erde braucht. Thomas schlägt vor, einige Kressesamen auf einen Teller mit feuchter Erde zu legen und den Teller in den Kühlschrank zu stellen. Kann Thomas aus dem Ergebnis des Keimungsversuchs schließen, ob Licht ein notwendiger Faktor für das Keimen ist? Muss er seinen Versuch womöglich verändern?“

Das Verändern von Aufgaben kann auf vielerlei Weise erfolgen, u.a. auch dadurch, dass man eine Aufgabe in einen (neuen) Kontext stellt. Wißner gibt hierzu ein instruktives Beispiel: Aus einer Versuchsanleitung zur Trennung eines Gemisches von Sand und Salz wird bei ihm eine Geschichte, die zum einen Motivation für die Auseinandersetzung schafft, zum anderen auf Grund ihrer im Vergleich zur fertigen Anleitung deutlichen Unbestimmtheit ein Moment der kognitiven Aktivierung der Lernenden darstellt:



Gestern Abend war Benny angekommen. 200 km Wildnis lagen hinter ihm, 200 km bis zur nächsten Menschenseele. Hier am Ufer des Yukon konnte man noch immer ein Schnäppchen mit der Goldwäscherei machen. Benny war glücklich, aber hungrig. Zum Glück war ihm gestern ein Hase vor die Flinte gekommen. Etwas fade schmeckte er, naja, er hatte ja genug Salz. Benny langte mit der Hand zur Salzpackung, da ließ ihn ein wildes Gebrumm zusammenzucken – ein Grizzly. Benny sprang, stolperte, bekam das Gewehr zu fassen, ein Schuss löste sich. Der Grizzly ergriff die Flucht. Puuh, das war überstanden.

Aber das Salz war überall im Ufersand verstreut. Keine Chance, es sauber zurück in die Packung zu bekommen. Benny dachte mit Schaudern an das Essen der nächsten Monate – zu fade oder mit Geknirsche zwischen den Zähnen.

Könnt ihr Benny eine besser Lösung anbieten?

(Quelle: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Heft 82/83, Friedrich Verlag, 2004, S. 42)

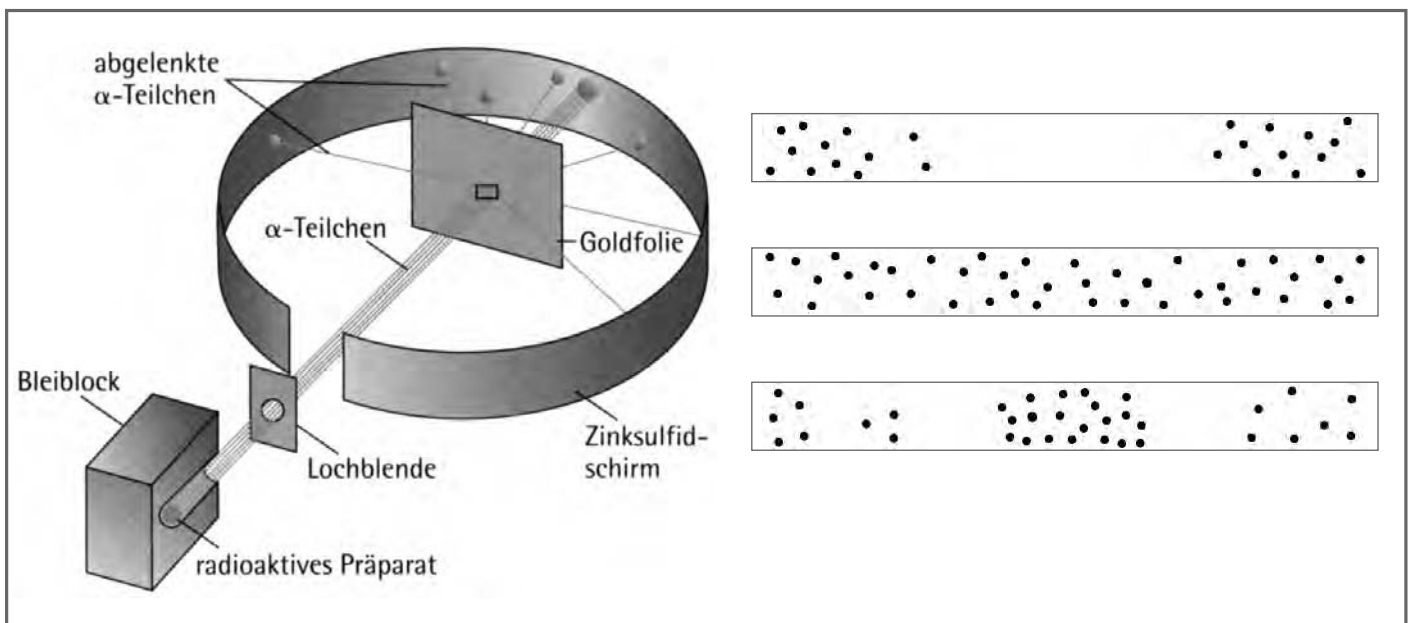
Das Stimulusmaterial einer solchen Aufgabe muss natürlich dem Lern- und Entwicklungsstand und der Interessenlage der jeweiligen Lerngruppe angepasst werden. In diesem Sinne gibt Wißner zur Strategie *Erfinden* mehrere Stichpunkte: So kann die Lehrkraft sich von Schulbuchaufgaben anregen lassen und dann neue Aufgaben entwickeln, Ereignisse im Alltag können hierzu ein günstiger Anlass sein. Besonders interessant kann es auch sein, die Schülerinnen und Schüler selbst Aufgaben zu dem aktuellen Themengebiet erfinden zu lassen. Die Variationsbreite ist meist erstaunlich groß; zudem erhält der Lehrer/die Lehrerin so einen aufschlussreichen Einblick in das Denken der Lernenden, denn sie versuchen ja mit den entwickelten Aufgaben etwas umzusetzen und zu veranschaulichen, was sie sich selbst erst gerade angeeignet haben.

Das *Umkehren* von Fragestellung und Ergebnis erscheint auf den ersten Blick trivial. Das Beispiel „Rutherford'scher Streuversuch“ für den Physik- oder Chemieunterricht zeigt aber, welches Potential mit der Umkehrstrategie im Einzelfall entfaltet werden kann: Üblicherweise wird den Schülerinnen und Schülern der historische Befund mitgeteilt, dass Rutherford eine Goldfolie mit α -Teilchen beschossen und dabei festgestellt hat, dass der Teilchenstrahl nur zu einem sehr geringen Teil abgelenkt wurde. Er schloss aus diesem Ergebnis, dass Atome aus einem sehr kleinen massiven Kern bestehen und einer nahezu substanzlosen Hülle. Will man, dass die Lernenden sich intensiver mit Befund und experimentellem Beleg für die Kern-Hülle-Hypo-

these auseinandersetzen, dann kann man sie auffordern, das Ergebnis dieses Experiments, also das Streubild der α -Teilchen auf dem kreisförmig gebogenen Zinksulfid-Schirm selbst zu (re-)konstruieren. Alternativ können sie sich auch mit verschiedenen vorgegebenen Trefferbildern beschäftigen und ihre Wahl schließlich begründen. Zur Unterstützung ihrer Überlegungen erhalten sie eine Skizze der Versuchsanordnung.

Das Beispiel zeigt, dass sich durch die Veränderung auch der Charakter eines Lernelements deutlich verändern kann. Statt Rezeption ist eigene kognitive Anstrengung gefordert. Aber es kommt regelmäßig auch zu einer Akzentverschiebung die Inhalte betreffend. Im vorliegenden Beispiel rückt die logische Schlussfolgerung in den Mittelpunkt, sicher auch ein wichtiger Aspekt naturwissenschaftlichen Arbeitens; eine andere Version der Rutherford-Aufgabe könnte ebenso die Planung des Experiments in den Vordergrund stellen oder die Frage nach einer sinnvollen Geometrie des Schirms.

Bei entsprechend veränderten Aufgaben muss neben der Akzentverschiebung besonders darauf geachtet werden, dass die Lernenden die Aufgabe noch auf der Basis ihrer Vorkenntnisse lösen können. Manche der so genannten Eggrace-Aufgaben, die nahe mit den hier besprochenen Formaten verwandt sind, lassen schließlich so viele Informationen weg, dass das Lösen der Aufgabe eher zu einem Raten verkommt.



4 Aufgaben zur Akzentuierung naturwissenschaftlichen Arbeitens

Das Modellieren und das Entwerfen von Experimenten sind zwar zwei zentrale, keineswegs aber die einzigen Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens. Besonders die Rolle des Experiments im Unterricht wurde in Zusammenhang mit TIMSS und PISA kritisch hinterfragt. In der Expertise zur Vorbereitung der SINUS-Modellversuche (Baumert 1997) führen die Autoren einerseits zwar aus, dass die große Chance der naturwissenschaftlichen Fächer in der Schule darin bestehe, dass naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in Ansätzen und in einfacher Form in den Unterricht integriert werden können. „Vertrautheit mit naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und Argumentationsformen ist deshalb nicht nur ein Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts, sondern das naturwissenschaftliche Arbeiten kann phasenweise geradezu zum Organisationsprinzip der Unterrichtsführung werden.“ Andererseits geben sie jedoch zu bedenken, dass „Beobachten und Experimentieren (...) aber erst dann zum naturwissenschaftlichen Arbeiten (werden), wenn sie Teil des spezifisch naturwissenschaftlichen Argumentierens sind.“ Und sie stellen weiter kritisch fest, dass dieser Umgang mit dem empirischen Arbeiten deutlich weniger beliebt sei als der meist „bloß handelnde Umgang mit Gegenständen des Fachs“. Das Arbeiten nach Vorschrift schule jedoch „höchstens manuelle Geschicklichkeit im Umgang mit diversen, sehr speziellen Apparaten und die Fähigkeit, Arbeitsanweisungen sequentiell abzuarbeiten.“

Baumert und die Mitautoren der BLK-Expertise fordern daher die konsequente „Einbettung des empirischen, insbesondere experimentellen Arbeitens“ in bewusst gestaltete Unterrichtsphasen, „deren Organisationsprinzip das naturwissenschaftliche Arbeiten, freilich in elementarer Form, dann selbst ist.“

Während die Expertise in der Fortführung auf ein Phasenmodell naturwissenschaftlicher Tätigkeiten Bezug nimmt, hat sich im Zusammenhang mit den SINUS-Modellversuchen eine eher didaktische Interpretation des naturwissenschaftlichen Arbeitens herausgebildet, die eine punktuelle Akzentuierung weit besser erlaubt, als es mit dem Phasenmodell möglich wäre.

Dennoch lohnt ein Blick auf die Strukturvorstellungen der Expertise.

Planungs- und Gestaltungsphase:

(Forschungs-) Fragestellungen werden erarbeitet, Ergebnisse vorhergesagt, zu testende Hypothesen formuliert und experimentelle (oder andere empirische) Verfahren entworfen.

Durchführungsphase:

Das Experiment wird durchgeführt, es wird mit Material umgegangen, Techniken werden erprobt, es wird beobachtet und Daten werden erhoben.

Analyse- und Interpretationsphase:

Die Daten werden aufbereitet und weiterverarbeitet, Beziehungen werden erklärt, Verallgemeinerungen werden entwickelt, eine Fehlerabschätzung wird durchgeführt und die Vertrauenswürdigkeit der Daten eingeschätzt, die Ergebnisse werden mit Bezug auf die Eingangshypothesen interpretiert, die Randbedingungen des Experiments und neue Fragestellungen werden formuliert.

Anwendungsphase:

Auf der Basis der Untersuchung werden neue Hypothesen formuliert, es werden Vermutungen über die Anwendbarkeit auf neue Situationen erarbeitet und die erarbeiteten Resultate und Techniken werden auf eine neue Situation angewandt, gegebenenfalls wird über die gesellschaftliche Relevanz des behandelten Ausschnitts naturwissenschaftlicher Forschung diskutiert.

(Baumert u. a. 1997, S. 76-77)

Im Unterschied zur Gliederung in Phasen stellt die didaktische Interpretation die einzelnen Aspekte und Qualitäten naturwissenschaftlichen Arbeitens heraus. Dies begründet sich zum einen im wissenschaftstheoretischen Befund, dass es „das“ naturwissenschaftliche Arbeiten schlechthin gar nicht gibt, sondern dass jedes Problem, jede Fragestellung mit einem dafür spezifischen Set von Planungen, Versuchsanordnungen, Überprüfungen und Schlussfolgerungen ausgestattet ist bzw. wird; zum anderen entspricht diese Art der Gliederung deutlich besser den Anforderungen des Unterrichts. Naturwissenschaftliches Arbeiten kann somit kein festes Programm

abgeben, vielmehr muss naturwissenschaftlicher Unterricht so gestaltet werden, dass sich in der Summe über die Jahre der Mittelstufe hinweg sich die entsprechenden Kompetenzen sukzessive ausbilden und schließlich beim einzelnen Schüler zusammenfließen zu einer belastbaren naturwissenschaftlichen Grundbildung.

Duit u. a. (2004) nennen die folgenden Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens:

- Beobachten und Messen
- Vergleichen und Ordnen
- Erkunden und Experimentieren
- Vermuten und Prüfen
- Diskutieren und Interpretieren
- Modellieren und Mathematisieren
- Recherchieren und Kommunizieren

Sie schlagen vor, jeweils eines der genannten Elemente naturwissenschaftlichen Arbeitens ins Zentrum eines Unterrichtsabschnitts bzw. einer Aufgabe zu stellen, wohl wissend, dass sich diese Elemente sicher nicht isolieren lassen, sondern immer mehr oder weniger stark miteinander verknüpft sind. Dieses Vorgehen wird an je drei oder vier Beispielen illustriert – einige der Beiträge wurden bereits weiter oben unter anderen Gesichtspunkten angesprochen.

4.1 Aufgabenbeispiele zum „Naturwissenschaftlichen Arbeiten“

Das genaue Beobachten gehört zu den elementaren Handlungen beim Umgang mit den Dingen der Welt unter naturwissenschaftlichem Gesichtspunkt. Obwohl elementar, ist das Beobachten eine durchaus anspruchsvolle Tätigkeit, da es kein voraussetzungsloses Sehen gibt, vielmehr wird jede Wahrnehmung zugleich mitgeformt durch die vorausgehenden Erfahrungen des Beobachtenden und seine Erwartungen. Diese Vorerfahrungen lassen sich nicht ausschalten, wohl aber können die

Schülerinnen und Schüler lernen, sich ihrer Erwartungen bewusst zu werden und zu versuchen, das Wahrnehmbare so weit wie möglich zu objektivieren.

Ein Beispiel gibt J. Zabel (2004) für den Umgang mit Tierbeobachtungen. Hier ist das Problem der Trennung von Beobachtung und Deutung besonders gut nachzuvollziehen, denn Schüler (wie auch Erwachsene) neigen dabei umso mehr zur Anthropomorphisierung, je ähnlicher ein Tier dem Menschen ist oder je mehr es den Lebensraum mit dem Menschen teilt. Zabel lässt daher Grillen beobachten und überträgt dann die entwickelten Regeln auf Tiere im näheren Umfeld der Schülerinnen und Schüler. Die möglichen Aufgaben reichen von der Verschriftlichung eigener Beobachtungen bis zur kritischen Beschäftigung mit fremden Texten („Der Gorilla kratzt sich nachdenklich am Ohr“).

Wie man sieht, umfasst die Akzentuierung eines Elements naturwissenschaftlichen Arbeitens nicht nur die betreffende Tätigkeit, sondern in gleichem Maß auch die Reflexion darüber. Duit u. a. fordern ausdrücklich dazu auf, der Metaebene mindestens ebenso viel Aufmerksamkeit zu widmen wie der praktischen Arbeit. Erst wenn den Schülerinnen und Schülern immer wieder bewusst gemacht worden ist, welche Bedeutung ihre jeweiligen Handlungen haben, wird es ihnen möglich sein, die notwendigen Kompetenzen entsprechend auszubilden und sie bei Bedarf angemessen einzusetzen.

Die beschriebene Art der Akzentuierung ermöglicht es, die Größe von Aufgaben in weiten Grenzen zu variieren und so an die Leistungsfähigkeit einer Lerngruppe anzupassen. Ein bereits in anderem Zusammenhang diskutiertes Beispiel ist die Keimung von Kressesamen (Peter 2004). Den Schülern kann entweder die Aufgabe gestellt werden, ein einzelnes Experiment zur Überprüfung der Notwendigkeit *eines* Faktors zu entwickeln oder aber die gesamte Versuchsreihe zu konzipieren. Ähnlich lassen sich an vielen Stellen im Kontext von „Experimentieren“ Aufgabenstellungen entwickeln, die mehr oder weniger große Teile im Vorfeld praktischer Untersuchungen betreffen.

Auch die Phase nach einer experimentellen Untersuchung eignet sich zur Gestaltung durch Aufgaben: Messwerte können zu Graphen verarbeitet und die Ergebnisse

diskutiert werden. Ein Beispiel gibt J. Groß (2004), der mit seinen Schülerinnen und Schülern die Veränderung der Pupillenweite mit der Lichtintensität erarbeitet hat. Man erkennt, dass unterschiedliche Grade von Offenheit der Aufgabenstellung möglich sind, je nachdem, ob die Art der Grafik vorgegeben wird bzw. die Achsen festgelegt werden oder ob die Lernenden – mit fortgeschritte-

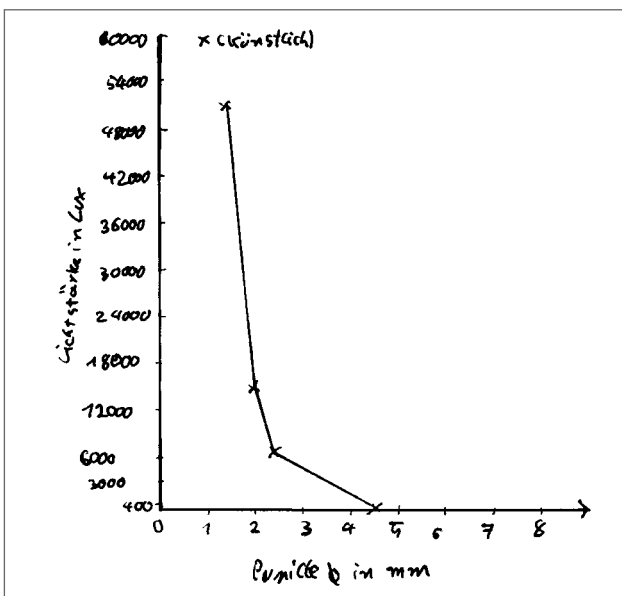
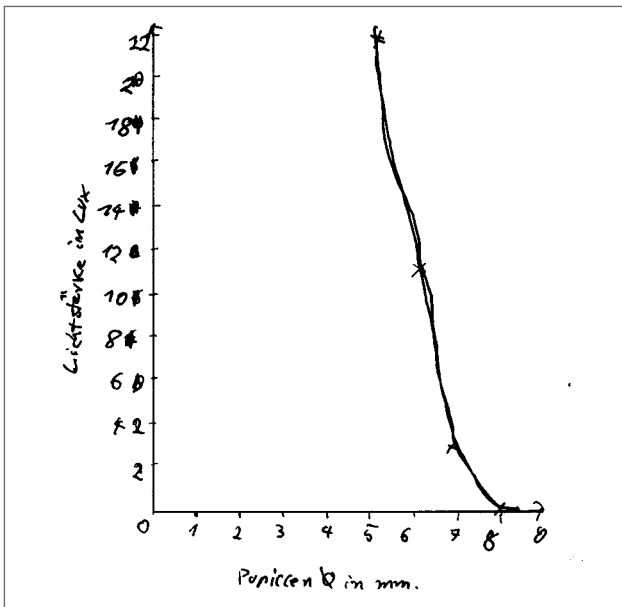
nen Erfahrungen – ihre Entscheidungen selbst treffen müssen.

Aufgaben dieser Art können zugleich unter dem Aspekt von (Reading-)Literacy betrachtet und so als Bestandteil eines übergreifenden Konzepts zur Entwicklung der domänenspezifischen Lesefähigkeit (vgl. 1.4) verstanden werden.

Beispiel 1

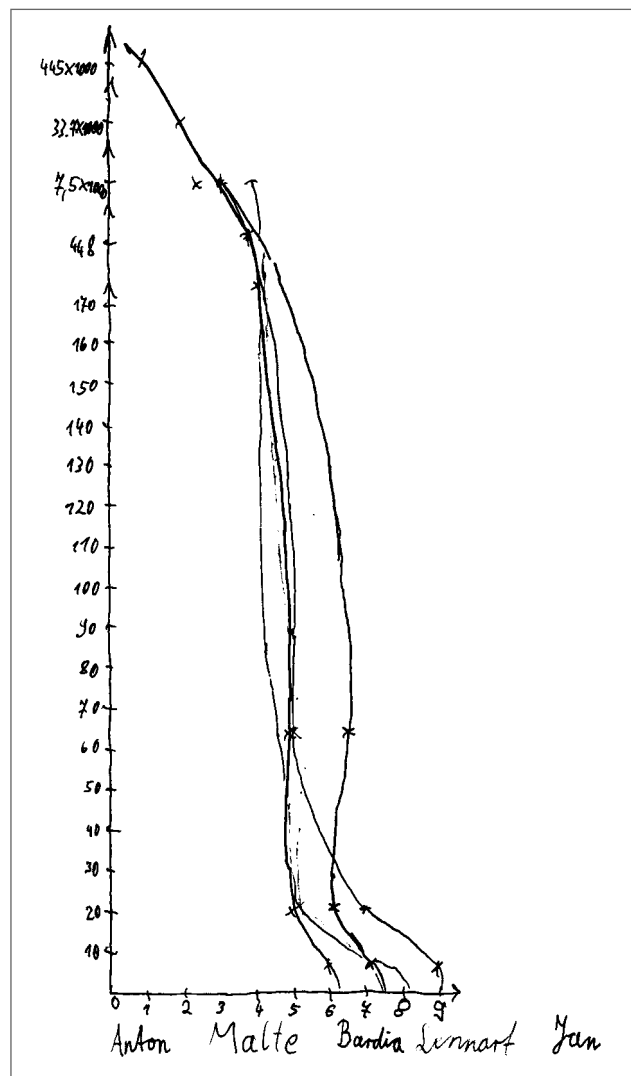
In diesem Fall haben Schüler einer 9. Klasse die Beleuchtungsstärke in Lux in Abhängigkeit von der Pupillenweite aufgetragen.

Vor der Diagrammerstellung wurden in der entsprechenden Protokoll-Tabelle Mittelwerte für die Messergebnisse von jeweils drei Versuchspersonen gebildet. Diese Werte übertrugen die Schüler in ihr Diagramm. Dabei stellten sie fest, dass ein exaktes Auftragen der Messergebnisse nur sehr unbefriedigend möglich war, da es viele Messwerte der Pupillenweite bei einer geringen Lichtintensität und zusätzliche Werte bei sehr hoher Lichtintensität gab. Sie lösten dieses Problem in der Gruppe, indem sie die Graphen auf zwei verschiedene Diagramme mit unterschiedlichen Skalen aufteilten.



Beispiel 2

Eine zweite Schülergruppe entwickelte eine andere Darstellungsform: Dieser Gruppe ging es bei der Visualisierung ihrer Messwerte um eine personenabhängige Darstellung. Die Schüler stellten die zuvor in der Tabelle erfassten Messwerte individuell dar, indem sie für jede der vier Versuchspersonen einen eigenen Graphen in unterschiedlicher Farbe erstellten (Kurvenschar). Anhand dieses Diagramms lassen sich z. B. Messdifferenzen in Abhängigkeit von der Versuchsperson diskutieren.

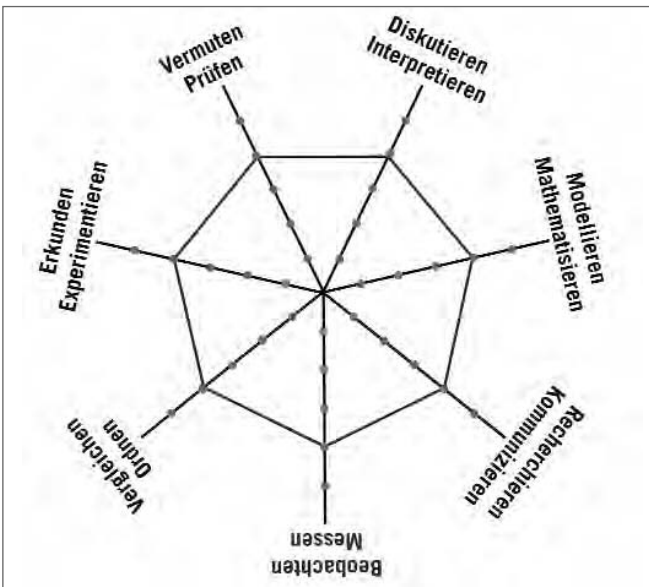


(Aus: J. Groß: Lichtintensität und Pupillenweite. Wie entsteht aus Messungen eine aussagefähige Grafik? In: Duit, R. u.a. (Hrsg.): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Seelze: Friedrich 2004, S. 130-137, hier S. 132.)

4.2 Naturwissenschaftliches Arbeiten – Entwicklungsbedarf feststellen und kompensieren

Noch immer gilt die in der BLK-Expertise gemachte Feststellung, dass es „seltener als erwartet (gelingt), die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen als Instrumente der Klärung des Denkens wirksam werden zu lassen. Die empirischen Befunde sprechen dafür, dass der Prozess des naturwissenschaftlichen Arbeitens gerade in den Phasen der eigentlichen kognitiven Herausforderung allzu oft abgekürzt wird.“ (Baumert 1997, S. 78). Der Fokus auf naturwissenschaftliches Arbeiten als Strukturelement des Unterrichts macht auch deutlich, wie vielfältig die betreffenden Kompetenzen bei den Schülerinnen und Schülern entfaltet und entwickelt werden müssen, damit im Ergebnis tatsächlich die geforderte naturwissenschaftliche Grundbildung attestiert werden kann. Der differenzierte Blick im Sinne der von Duit u.a. aufgeführten Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens kann aber auch helfen, ohne externe Hilfe die Schwachstellen im eigenen Unterricht zu erkennen und schließlich gegenzusteuern.

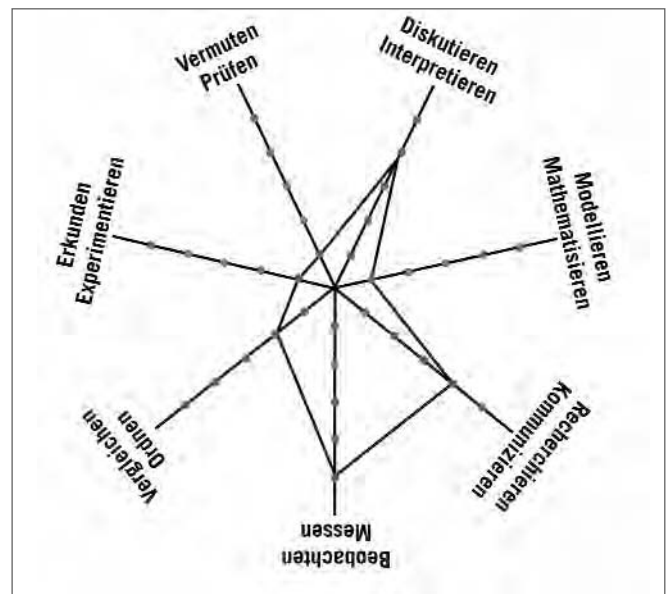
Ein nützliches Hilfsmittel hierzu ist die Analyse-Spinne, die in diesem Zusammenhang sowohl zur Einschätzung von Aufgaben wie auch von Unterricht insgesamt verwendet werden kann (Biermann u.a. 2003; Stäudel 2004a).



(Quelle: Naturwissenschaftliches Arbeiten, Friedrich Verlag, 2004, S. 9)

In der Rückschau auf eine Doppelstunde, auf eine Unterrichtseinheit, auf den Unterricht eines Halbjahres – oder ganz einfach in Bezug auf eine Aufgabe – kann man anhand der durch die Achsen dieses Rasters gegebenen Aspekte eine Einschätzung vornehmen: Inwieweit wurde den Schülerinnen und Schülern abverlangt, ihre Vermutungen zu begründen, zu verbalisieren oder zu verschriftlichen? War Modellieren Bestandteil meines Unterrichts? Waren die gestellten Aufgaben dazu geeignet, erhobene Daten zu interpretieren? Für jeden Aspekt kann dessen Ausprägung für die betrachtete Situation abgeschätzt werden, z.B. auf einer Skala von 1 (kam kaum vor) bis 5 (war Schwerpunkt). Wenn man die Markierungen dann verbindet, erhält man ein Bild, das an ein Spinnennetz erinnert – und das deutlich macht, wo die eigenen Schwerpunkte im Unterricht gesetzt worden sind und wo es Defizite gibt.

Für den weiter oben skizzierten Unterrichtsansatz von Zabel und die dabei eingesetzten Aufgaben ergibt sich beispielsweise folgendes Bild:



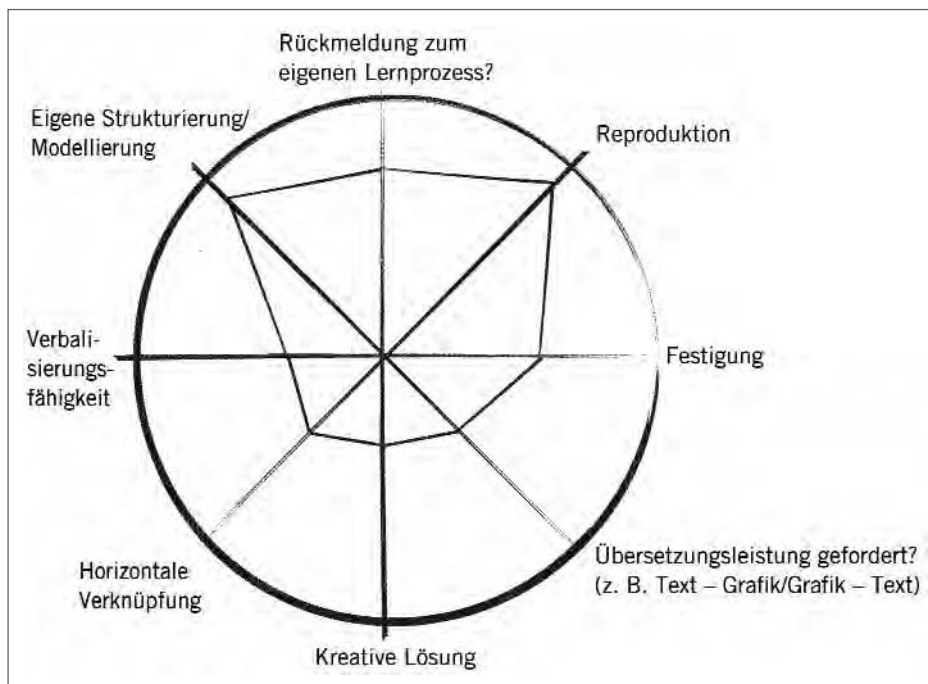
(Quelle: Naturwissenschaftliches Arbeiten, Friedrich Verlag, 2004, S. 12)

Im Zentrum stand das Beobachten, aber auch das Diskutieren und Interpretieren. Weil die schriftlich fixierten Beobachtungen über das eigene Haustier in der Klasse vorgestellt wurden, wurde auch das Kommunizieren deutlich hoch eingeschätzt. (Zabel 2004)

Für eine Fachschaft, die sich vorgenommen hat, durch Aufgaben gezielt den Unterricht zu verändern, kann die Spinnenanalyse ein praktisches Hilfsmittel sein. Jeder einzelne schätzt seinen Unterricht und die gestellten Aufgaben für sich selbst ein, die Ergebnisse werden (ggf. anonymisiert) zusammengetragen und daraus wird eine neue Spinne konstruiert. Es wird so unmittelbar sichtbar, wo Entwicklungsbedarf besteht, z.B. beim Vermuten und Prüfen oder beim Modellieren. Dies kann dann zum Ausgangspunkt für die weitere Arbeit der Fachschaft gemacht werden, und die Kräfte können für die Entwicklung entsprechender Aufgaben konzentriert werden.

Entwicklungsbedarf zeigt sich u.a. häufig beim Diskutieren, Interpretieren und Kommunizieren. Hier können Aufgabenformate hilfreich sein, die gezielt die Kooperation von Schülerinnen und Schülern herausfordern und bei denen die Lernenden im sachbezogenen Diskurs ihre Vorstellungen einander mitteilen und schließlich klären.

Die Bedeutung der Achsen kann bei diesem Verfahren je nach eigener Schwerpunktsetzung variiert werden. Wie eine „Aufgabe“ zur Arbeit mit der Analyse-Spinne (mit eher allgemeindidaktischer Orientierung) aussehen kann, ist dem nachfolgenden Kasten zu entnehmen (Stäudel 2003b).



Stellen Sie Kriterien zusammen, die Ihnen für die Aufgabenstellung wichtig sind. Bewerten Sie die Aufgaben der letzten Woche/der letzten Klassenarbeit danach, wie stark ein Kriterium erfüllt ist. Tragen Sie die Ergebnisse für jede Aufgabe oder besser – gemittelt über eine Anzahl von Aufgaben – in die Analyse-Spinne ein. Erkennen Sie Stärken und entwicklungsfähige „Sektoren“ bei der von Ihnen praktizierten Aufgabenformulierung.

Die in der abgebildeten Spinne gewählten Kriterien haben nur Beispielcharakter. Bestimmen Sie die für Sie wichtigen Kriterien selbst – vielleicht hilft Ihnen die Lektüre dieses Jahresheftes dabei.

(Quelle: Jahresheft Aufgaben, Friedrich Verlag, 2003, S. 17)

5 Spezielle Formate für Lernaufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht

Zu den Problemzonen des naturwissenschaftlichen Unterrichts gehört u.a. eine wenig ausgeprägte Kommunikation über Sachverhalte, Vorstellungen und Begriffe (Baumert 1997). Zwar gibt es innerhalb der Naturwissenschaften meist eine eindeutig „richtige“ Betrachtungsweise eines Problems oder eines Gegenstands, ebenso eine – in der Regel definierte – eindeutige Bedeutung eines Begriffs, jedoch reicht es nach allem, was wir über das Lernen wissen, nicht aus, den Schülerinnen und Schülern diese Bedeutung mitzuteilen oder das Einhalten bestimmter Regeln bei der Begriffsbenutzung einzufordern (Leisen 2005, S. 4). Die konstruktivistische Sicht auf Lerner und das Lernen zeigt vielmehr, dass es sich um einen Prozess der aktiven Aneignung, von Konstruktion und Rekonstruktion handelt, der durch geeignete Lernsituationen ermöglicht und unterstützt werden muss. Dies gilt umso mehr, als auf dem Weg von Alltagssicht und Alltagssprache zu den in den Naturwissenschaften benutzten abstrakten Betrachtungsweisen und Begriffen eine Vielzahl von Ebenen durchschritten werden muss.

Freiman (2001, S. 7) stellt dieses Problem wie folgt dar:

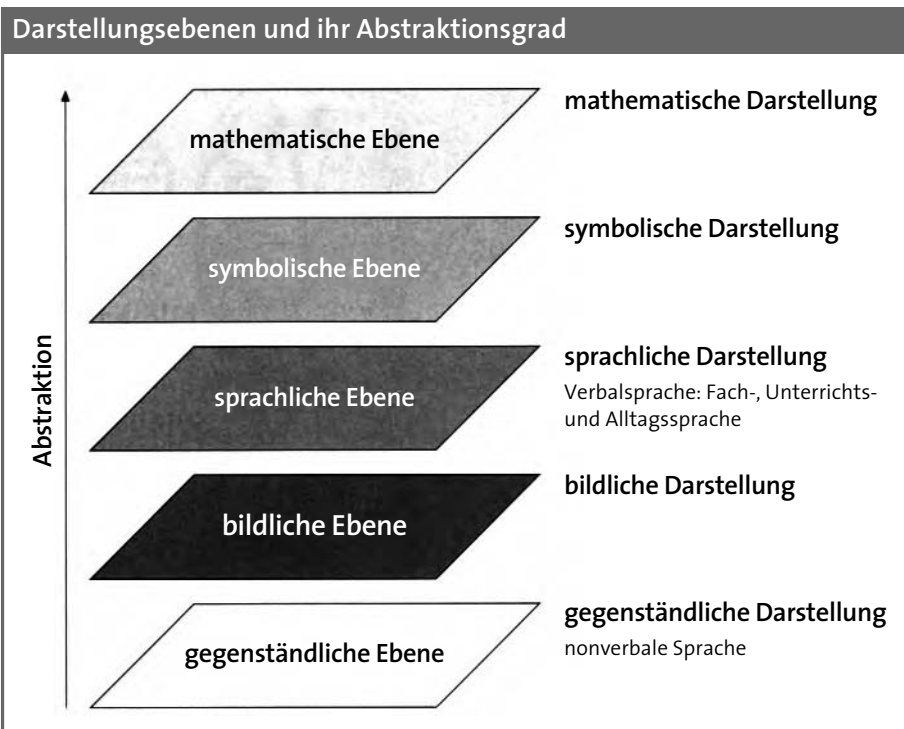
„Im Unterricht soll Faktenwissen vermittelt werden, aber auch und vor allem soll der Aufbau von eigenen, fachspezifischen Verständnismodellen, von Methoden- und Konzeptwissen gefördert werden.“

Vom Lehrer im Unterricht zur Verfügung gestellte Denkgebäude oder Konstrukte kommen diesen Absichten nicht entgegen: Sie haben statischen Charakter und wirken nicht genügend anregend und auffordernd.“ Unter diesen Umständen setzen sich die Schülerinnen und Schüler *„nicht ausreichend selbst mit der Sache auseinander, lernen häufig Unverstandenes, sie verlernen das Fragenstellen und oft auch etwas in Frage zu stellen! Zerlegt man jedoch diese Denkgebäude mit geeigneten Methoden, gewinnen die Sachverhalte plötzlich Aufgabencharakter. Aus Informationen entstehen Lernaufgaben, die Schülern die Chance bieten, sich den Sachverhalt selbst zu rekonstruieren, ihre Wirklichkeit selbst zu entdecken, die Logik des Fachs auszuhandeln und kritisch in Frage zu stellen.“*

Was Freiman im Anschluss für die Methodenwerkzeuge als Hilfsmittel zur Aufgabengestaltung ausführt, gilt ganz

allgemein für Aufgaben: Mit deren Hilfe *„kann man Wissensstrukturen in Fragmente zerlegen und die einzelnen Komponenten auf unterschiedliche Informationsträger (Personen bzw. Gruppen und/oder Darstellungsformen) verteilen. Die Schülerinnen und Schüler setzen aus den Informationssplittern in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit ein Bild des Sachverhaltes zusammen und/oder stellen im Meinungsaustausch ein- und denselben Sachverhalt aus ihrer je unterschiedlichen Sichtweise dar.“* (Freiman 2001, S. 8)

Die intensive Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Inhalten im Sinn konstruktivistischer Aneignung kann grundsätzlich innerhalb aller Aufgabenformate stattfinden. Einige, die sich dafür aber besonders eignen, sollen hier ausführlicher dargestellt werden:



(Quelle: Naturwissenschaften im Unterricht: Physik, Heft 87, Friedrich Verlag, 2005, S. 8)

- Aufgaben mit gestuften Hilfen
- Aufgaben mit besonderen Kooperationsstrukturen.

Beide Formate verknüpfen den individuellen Lernprozess mit kommunikativen Elementen, setzen dabei auf Klärung durch Austausch und sind so geeignet, auch weniger leistungsfähige Schülerinnen und Schüler zu erfolgreichem Lernen und einem selbst wahrgenommenen Kompetenzzuwachs zu führen.

5.1 Aufgaben mit gestuften Hilfen²

Aufgaben mit gestuften Hilfen, gelegentlich auch als „Abgestufte Lernhilfen“ bezeichnet, haben sich inzwischen als wirksames Mittel erwiesen, um der Heterogenität von Lerngruppen zu begegnen und die unterschiedliche Leistungsfähigkeit der Lernenden produktiv werden zu lassen.

Aufgaben mit gestuften Hilfen werden in der Regel für die Partnerarbeit konzipiert. Sie sind begleitet von der ausdrücklichen Aufforderung, sich in den Zweiergruppen mit dem Mitschüler oder der Mitschülerin intensiv über die gestellte Aufgabe auszutauschen, gemeinsam zu bestimmen, ob und wann eine weitere Hilfe in Anspruch genommen werden soll, und so eine Lösung zu erarbeiten. Lerntheoretisch bezieht sich dieses Format auf Untersuchungen und Anregungen von Vygotski (1977), der die Bedeutung der gegenseitigen Anregung und Förderung für die „Zone der nächsten Entwicklung“ beschrieben hat. Nach dieser Vorstellung ist der Lerneffekt weitgehend davon abhängig, inwieweit es gelingt, einen produktiven Austausch zwischen den Schülern hervorzurufen, besonders auch zwischen solchen unterschiedlicher Leistungsfähigkeit.

Die Lernhilfen sollen diesen produktiven Austausch durch eine Mischung geeigneter fachlicher und lernstrategischer Hinweise unterstützen. Besonders die lernstrategischen Aufforderungen regen aktuellen Untersuchungen zufolge die Kommunikation zwischen den Schülern an.

Wie dieser Wechsel von fachlichen und lernstrategischen Hilfen in der Praxis aussehen kann, soll ein Beispiel verdeutlichen (Forschergruppe Kassel 2004). Bei der **Einkaufswagen-Aufgabe** wird zunächst, ähnlich wie bei PISA-Aufgaben, ein Kontext entfaltet:

Wenn man einen schwer beladenen Einkaufswagen über einen Bordstein auf einen erhöhten Gehweg bringen will, gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten für den ersten Schritt:

- Man schiebt vorwärts, drückt auf den Haltestange und hebt so das vordere Ende des Wagens zuerst auf den Gehweg.
- Oder aber man dreht den Wagen um und zieht ihn an der Haltestange hoch.

Tatsächlich wählen die meisten Menschen den zweiten Weg – wenn es keine Möglichkeit gibt, die betreffende Schwelle ganz zu umfahren. Die den Schülerinnen und Schülern anschließend vorgelegte Frage lautet:

„Gibt es eine physikalische Begründung dafür, dass die meisten Menschen den Einkaufswagen lieber umdrehen und ihn zuerst rückwärts auf die Bordsteinkante heben?“

„Bei welcher Variante muss man mehr Kraft einsetzen?“

Dem physikalisch gebildeten Fachlehrer mag diese Frage als relativ einfach erscheinen, für Schüler der Mittelstufe stellt sie ein – ohne Hilfe – nur ein Einzelfällen lösbares Problem dar, auch dann, wenn bereits Mechanik und Hebelgesetze Unterrichtsthemen gewesen sind.

Als erste – lernstrategische – Hilfe erhalten die Schüler bei diesem Aufgabenformat in der Regel eine Aufforderung zur Paraphrasierung:

„Erklärt euch gegenseitig die Aufgabe noch einmal in euren eigenen Worten. Klärt dabei miteinander, wie ihr die Aufgabe verstanden habt und was euch noch nicht klar ist.“

Bei Bedarf kann auf der Rückseite des betreffenden Hilfekärtchens eine passende Antwort stehen, hier z.B.:

„Wir sollen den Grund dafür herausfinden, warum ...“

² Eine ausführliche Darstellung des an der Universität Kassel laufenden, von der DFG geförderten Forschungsprojekts findet sich im Anhang. Dort finden sich auch Hinweise auf geplante Fortbildungsmaßnahmen, die in Kürze von interessierten Kollegien abgerufen werden können.

Diese Art lernstrategischer Hilfen soll dazu beitragen, dass die Lernenden die Aufgabenstellung zunächst für sich weiter elaborieren. In die gleiche Richtung zielen lernstrategischen Aufforderungen wie:

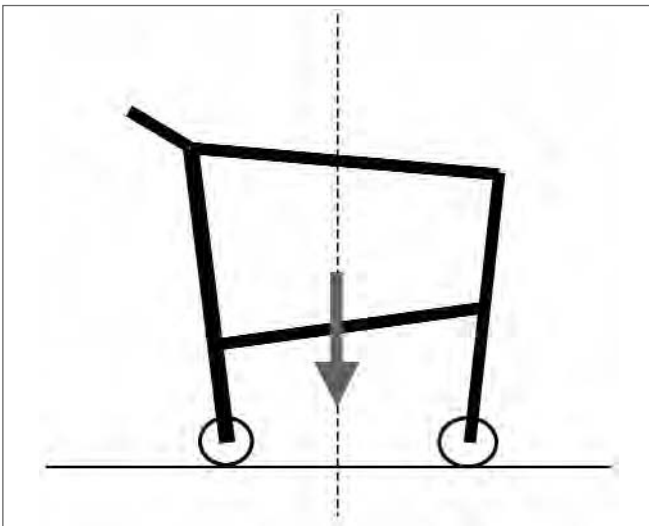
„Mach dir eine Skizze und benutze dazu alle Informationen, die du erhalten hast.“

oder:

„Überlege, ob du etwas Ähnliches kennst!“

Im Fall der Einkaufswagen-Aufgabe folgt auf die Paraphrasierung der Ratschlag, eine Skizze anzufertigen. Besonders bei leistungsschwächeren Lerngruppen kommt hier der „Lösung“, also dem Vorschlag, wie eine solche Skizze aussehen kann, eine wichtige Rolle zu: Sie ermöglicht und fördert die Weiterarbeit. Denn allzu langes Überlegen ohne Ansatz zu einer Lösung führt in der Regel zu Frustrationen, die die weitere Auseinandersetzung mit dem Problem bis zum Abbruch blockieren.

Mit der Skizze wird den Zweiergruppen zugleich eine erste inhaltliche Hilfe gegeben, auch dadurch, dass die Gewichtskraft durch einen Pfeil eingetragen ist:



Die Mischung von lernstrategischen mit inhaltlichen Hilfen hat sich nicht nur in der Praxis bewährt, ihre Wirksamkeit kann auch gut begründet werden. Lernstrategische Hilfen alleine sind deshalb wenig geeignet, weil ihnen der domänenspezifische Charakter fehlt: Aus Sicht der Lernenden ist oft nicht klar, worauf sich Aufforderungen

wie „Überlege, ob du etwas Ähnliches kennst“ beziehen, wenn sie nicht im Zusammenhang mit inhaltlichen Hilfen erscheinen. Umgekehrt nehmen inhaltsbezogene Hilfen alleine den Lernenden allzu viele Überlegungen ab und heben sie bildlich gesprochen zu schnell über die existierenden Hürden in ihrem Denken hinweg.

Manchen Schülern wird anhand der ersten Skizze schnell klar, dass für die Beantwortung der Ausgangsfrage das Hebelgesetz angewendet werden muss. Für die anderen gibt es eine weitere inhaltsbezogene Frage als Hilfe

„Welches physikalische Gesetz kann man sinnvollerweise auf das Problem anwenden?“

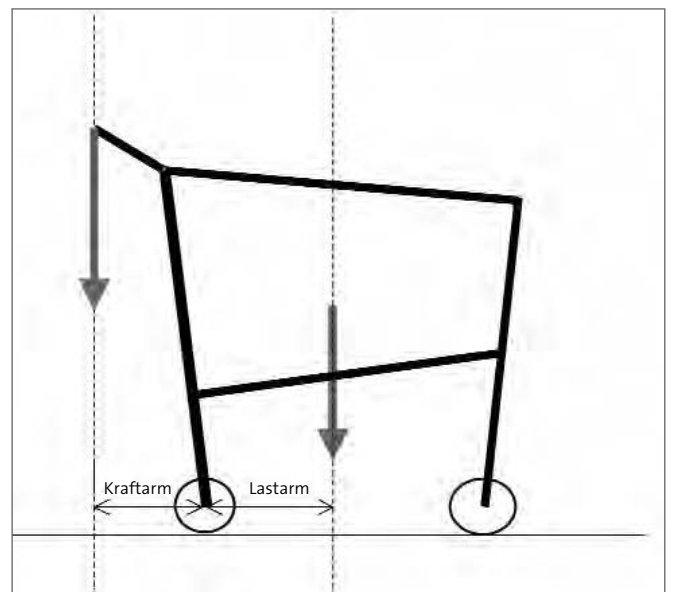
sowie die zugehörige Antwort. Weitere Hilfen für diese Aufgabe lauten z.B.:

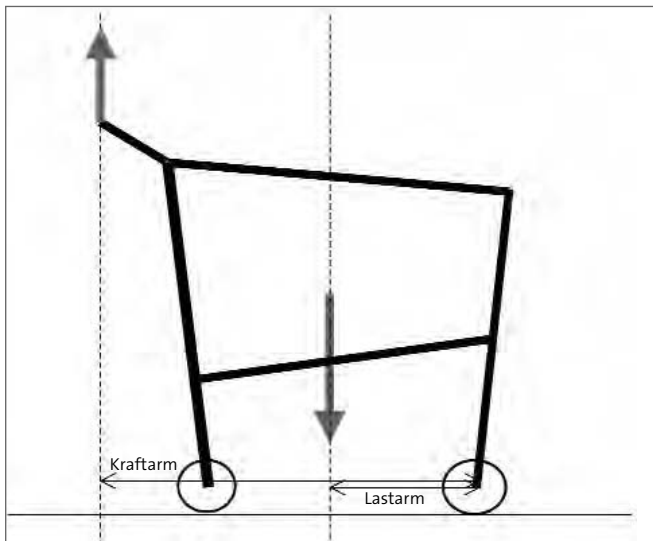
„Mach dir klar, welche Art von Hebeln in der Aufgabe auftreten.“

„Schau evtl. in deinem Physikbuch nach.“

„Überlege für beide Fälle, also das Herunterdrücken und das Hochziehen, wo die Drehpunkte und die Hebelarme liegen. Zeichne sie in deine Skizze ein.“

„Um die Länge der Hebelarme zu bestimmen, kannst du außerdem die Wirkungslinien der relevanten Kräfte in deine Skizze einzeichnen.“





So unterstützt finden fast alle Schülerinnen und Schüler die Lösung. Mittels der Hilfen – die leistungsstärkeren auch ohne sie – gehen sie Schritt für Schritt: Nachdem sie Drehpunkte und Hilfslinien eingezeichnet haben, bestimmen sie die Abstände zwischen Wirkungslinien und Drehpunkten und führen eine Schätzung durch. Die Abschätzung führt dann unmittelbar zur Antwort auf die Ausgangsfrage, die auch als letzte Hilfe bzw. Antwort dazu aufgedeckt und nachgelesen werden kann:

Beim **Herunterdrücken** ist die Achse des hinteren Rades der Drehpunkt. Es greifen die Gewichtskraft und die Kraft der Hand an. Beide Kräfte zeigen senkrecht nach unten. Der Kraftarm ist kürzer als der Lastarm (oder gleich lang).

Beim **Anheben** des Wagens ist die Achse des vorderen Rades der Drehpunkt. Es handelt sich um einen einseitigen Hebel. Der Kraftarm ist deutlich länger als der Lastarm.

Man muss also weniger Kraft aufwenden, um den Wagen hinten anzuheben als ihn auf der Gegenseite herunterzudrücken.

Für die praktische Arbeit mit Aufgaben mit gestuften Hilfen haben sich einige Rahmenbedingungen bewährt:

- Ausgesprochen wichtig ist es, die Schülerpaare nachdrücklich aufzufordern, miteinander zu sprechen.
- Bei der ersten Arbeit mit diesem Aufgabenformat nehmen manche zu schnell Zuflucht zu der jeweils nächsten Hilfe, andere zögern deutlich zu lange. Dies sollte im Anschluss an den ersten Einsatz mit den Schülerinnen und Schülern thematisiert werden.

Wie die Hilfen zur Verfügung gestellt werden, kann unterschiedlich aussehen.

- Manche Lehrkräfte favorisieren Hilfen am Lehrerpult; diese Variante führt bei Zweiergruppen jedoch zu großer Unruhe in der Klasse und sollte nur dann eingesetzt werden, wenn die Arbeitsgruppen groß und die Klassen überschaubar sind. Ein anspruchsvolles Beispiel für die Arbeit mit größeren Gruppen gibt, auch videographiert, Schlieker (2001). Er lässt seine Schüler den bekannten Öltröpfchenversuch auswerten, aus dem sich die Dimension molekularer Schichten abschätzen lässt.
- Üblicherweise werden die Hilfen aber den Zweiergruppen direkt zur Verfügung gestellt, entweder in einem Briefumschlag oder zusammengefasst und mit einer Briefklammer „versiegelt“, damit eine kleine Hemmschwelle fürs Öffnen existiert.

Weil leistungsstarke Schülerpaare meist einen gewissen Ehrgeiz entwickeln, möglichst ohne Hilfen auszukommen, gleicht sich auch der Zeitbedarf zwischen den Gruppen an. Während die schwächeren Hilfe für Hilfe benutzen, machen sich die stärkeren umso längere Zeit Gedanken um die Lösung.

Wenn weniger leistungsstarke Partner bei einer Aufgabe tatsächlich alle Hilfen in Anspruch nehmen mussten, kann dennoch mit einem Lerneffekt gerechnet werden. Aufgabe und Hilfen wirken nämlich in der Art einer Musterlösung und bewirken einen schrittweisen Nachvollzug, aus dem die betreffenden Schülerinnen und Schüler zumindest für spätere Aufgaben lernen können.

In Zusammenhang mit diesem Aufgabenformat wird auch ein grundlegender Vorteil des Einsatzes von Aufgaben im Allgemeinen deutlich. Die Fragestellung, die sonst im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch fragmentiert wird, bleibt hier in ihrer Komplexität erhalten; wenn die Schüler bei der Lösung angekommen sind, kann diese leicht wieder auf das anfänglich entfaltete Problem bezogen werden. Besonders anspruchsvolle Modellierungsaufgaben lassen sich durch Hilfen auch für weniger leistungsfähige Schülergruppen zugänglich machen. Ein SINUS-Beispiel dieser Art wird vom Ch. Hammer unter dem Titel „Eigenständiges Lösen von Aufgaben“ vorgestellt (Hammer 2002).

Wie hoch kann man mit einem Trampolin springen?



Trampolinspringerin beim 30. Turnfest (München 1998). Foto: dpa

Schreibe auf, was dir zu diesem Thema einfällt!
 Wenn du auf Fragen stößt, schreibe auf, wie du meinst, dass man eine Antwort finden kann.
 Was du dann selbst (hier oder zu Hause) erledigen kannst, führe durch und protokolliere deine Arbeit im Heft.
 Ein wichtiges Experiment sollst du auf jeden Fall durchführen:
 Nimm eine Feder aus einem Kugelschreiber und besorge dir eine etwa 40 cm lange, dünne Stange (z.B. Gestänge aus einem Kinderdrachen, Fahrradspeiche) und befestige sie am Tisch.
 Drücke die Feder mit einem Gewichtsstück unterschiedlich stark zusammen und beobachte jeweils, wie hoch die Feder springt!

(Quelle: Unterrichts Physik „Aufgaben“, Heft 67, Friedrich Verlag, 2002, S.17)

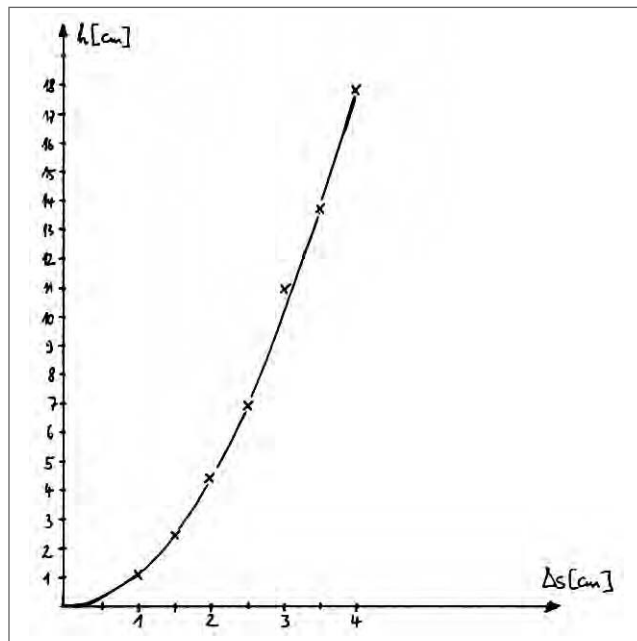
Hilfengeleitet können die Schülerinnen und Schüler hier z.B. ein Modellexperiment zur Klärung der Fragestellung durchführen und auswerten, bei dem sie eine Feder stauchen und die Höhe messen, die eine Kugel hoch fliegt. Im anschließenden Unterrichtsgespräch wird dann die quadratischen Abhängigkeit von Stauchung und Höhe erarbeitet und man kommt schließlich zur Goldenen Regel der Mechanik.

Wie hoch kann man mit einem Trampolin springen?

Messwerte:

Δs [cm]	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
h [cm]	1,1	2,5	4,5	7,0	10,0	13,7	17,9

Diagramm:



(Quelle: Unterrichts Physik „Aufgaben“, Heft 67, Friedrich Verlag, 2002, S.17)

Aufgaben mit gestuften Hilfen sind inzwischen in größerer Zahl entwickelt worden. Eine Zusammenstellung findet sich in der Zeitschrift Lernchancen (Heft 42; Forschergruppe Kassel 2004). Weitere Beispiele sind in diesem Heft im Anhang aufgeführt, eine umfassende Zusammenstellung ist in Vorbereitung.

5.2 Aufgabenformate zur Förderung der Kooperation und Kommunikation

Zwar wird im naturwissenschaftlichen Unterricht schon von jeher in Gruppen gearbeitet, diese Gruppenarbeit be-

schränkte sich jedoch meist auf die Durchführung von Schülerexperimenten oder das Ausfüllen von Arbeitsblättern. Eilks u.a. machen dies in einer Gegenüberstellung von traditioneller Gruppenarbeit und der Arbeit in strukturierter Gruppenarbeit eindrucksvoll deutlich (Eilks 2005).

Lerngruppen bei traditioneller Gruppenarbeit	Lerngruppen im kooperativen Lernen
<p>Die Lerngruppen bearbeiten häufig nur einen bestimmten Schritt des Lernprozesses, z. B. eine Aufgabe oder ein Experiment.</p> <p>Die Lerngruppen bilden sich eher willkürlich, häufig nach Sympathie und nicht mit Blick auf einen effektiven Lern- und Arbeitsprozess. Die Gruppenzusammensetzung ist häufig homogen. Die, die sich mögen, arbeiten zusammen; weniger Beliebte bleiben ausgeschlossen.</p> <p>Abhängigkeit ist nicht strukturiert und besteht häufig nicht in einem positiven Sinn. Am ehesten sind leistungsschwächere von -stärkeren Schülerinnen und Schülern abhängig.</p> <p>Die Einzelnen fühlen sich meist nur sich selbst gegenüber verantwortlich, nicht aber für die Gruppenmitglieder. Ziel bleibt das individuelle Ergebnis. Die Kontrolle erfolgt häufig nach der Gruppenaktivität im Klassenverband.</p> <p>Keine teamaufbauenden Aktivitäten. Rollen ergeben sich spontan ausgehend von Persönlichkeit oder Kompetenz.</p> <p>Soziale Fertigkeiten werden vorausgesetzt (fehlen aber häufig).</p> <p>Systematisches Feedback, das über die inhaltlichen Ergebnisse hinausgeht, erfolgt weniger ausgeprägt.</p>	<p>Die Lerngruppen arbeiten über einen längeren Zeitraum in nahezu gleicher Zusammensetzung oder systematischem Wechsel zwischen bestimmten Gruppenkonstellationen.</p> <p>Die Lerngruppen bearbeiten einen abgeschlossenen inhaltlichen Bereich.</p> <p>Die Lerngruppen werden systematisch mit Blick auf einen effektiven Lernprozess zusammengestellt bzw. umgruppiert. Die Gruppenzusammensetzung wird zum Teil bewusst heterogen gestaltet.</p> <p>Durch eine Vielzahl von systematisch geplanten Maßnahmen wird eine positive gegenseitige Abhängigkeit strukturiert.</p> <p>Die Einzelnen werden angeleitet, sowohl für den eigenen Lernprozess als auch für den der Gruppenmitglieder Verantwortung zu übernehmen. Ergebnissicherung, Weitergabe und Kontrolle sind Bestandteile der Teamaktivitäten.</p> <p>Es werden Aktivitäten und Methoden eingebaut, um den Übergang von einer Gruppe zum Team zu fördern. Sie befördern Vertrauen, Verantwortung für das Gruppengeschehen und einen festen Gruppenzusammenhalt. Dies kann die Zuweisung spezifischer Rollen im Team einschließen.</p> <p>Soziale Fertigkeiten werden systematisch gelehrt, praktiziert und weiterentwickelt. Soziales Lernen wird ein eigenständiges Lernfeld.</p> <p>Die Lehrkraft beobachtet die Gruppenarbeit, unterstützt die Teamaktivitäten, gibt Feedback und interveniert, wenn nötig.</p>

Wie es gelingen kann, solche Vorstellungen über Zusammenarbeit von Schülerinnen und Schülern mit inhaltlichen Fragestellungen zu verbinden und dabei insbesondere die sachbezogene Kommunikation zu fördern, zeigen Witteck und Eilks (2005) am Beispiel der 1-2-4-Alle-Methode, einer Variante der von Kagan entwickelten pairs-to-share-Methode. Bei diesem Verfahren werden die Lernenden zuerst aufgefordert, sich einzeln Gedanken zu einer Fragestellung zu machen oder eine Lösung für ein Problem zu finden. Im Beispiel ist das die Deutung eines Versuches, die „Reaktion von Natrium mit Chlor unter Bildung von Kochsalz“. Mit ihrer persönlichen Interpretation des Beobachteten schließen sich die Schülerinnen und Schüler zuerst zu Zweiergruppen zusammen, wo sie ihre Deutungen und Meinungen abgleichen und ggf. korrigieren oder ergänzen. Im nächsten Schritt werden dann Vierergruppen gebildet, in denen die gefundenen Lösungen verglichen und abgestimmt werden, bis sie schließlich im Plenum vorgestellt und diskutiert werden. Die Arbeit in den Vierergruppen kann dadurch intensiviert werden, dass die Ergebnisse visuell aufbereitet werden, z.B. durch Gestaltung eines Plakats, das in der Klasse präsentiert wird.

Ein ähnliches Verfahren schlägt Peter (2004b) vor: Erst wird ein Phänomen vorgeführt, dabei notieren alle Schüler einzeln ihre Beobachtungen, möglichst ohne Deutung, die Notizen werden an der Tafel gesammelt und dann in Kleingruppen zur Bearbeitung gegeben, bis sich in einem weiteren Schritt eine gemeinsame Deutung herauskristallisiert.

Im Beispiel geht es um die Oberflächenspannung und deren Veränderung durch Tenside. Ein kleines Fläschchen wird mit Olivenöl gefüllt und in ein großes Becherglas mit Wasser hineingestellt. Wegen der Oberflächenspannung fließt das Öl nicht aus und steigt – weil leichter – zur Oberfläche der Flüssigkeit im Becherglas. Erst bei Zugabe von etwas Spülmittel oder Eiweiß (welches den Emulgator Lecithin enthält) bildet sich ein Ölfaden, der nach oben steigt.



(Abb. aus Eilks u. a. 2005, S. 7)

Die von Eilks und Stäudel (2005) zusammengetragenen Beispiele für den Chemieunterricht – eine ähnliche Zusammenstellung für den Physikunterricht wurde von Hepp u.a. (2004) herausgegeben – listen eine größere Zahl von kooperativen Arbeitsformen auf, die sich besonders für umfassendere Aufgabenstellungen eignen. Besonders hervorzuheben ist die Expertenmethode, die inzwischen weite Verbreitung gefunden hat, oft auch unter der Bezeichnung Gruppenpuzzle.

Solche Lernarrangements sind geeignet, alle Schülerinnen und Schüler im Lernprozess zu aktivieren, weil alle Verantwortung für ihr Gruppenergebnis übernehmen müssen, das es schließlich den Mitschülern in der Puzzle-Phase zu präsentieren gilt.

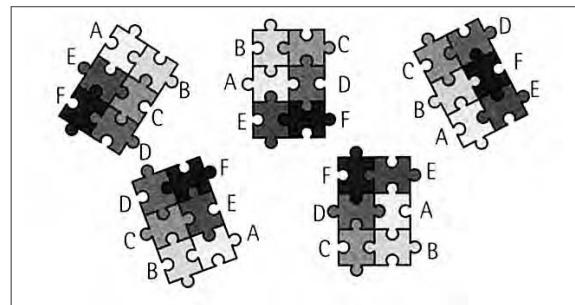
Zu den interessanten Varianten des Gruppenpuzzles, besonders bei Lerngruppen, deren Leistungsfähigkeit oder Disziplin man nicht genau einzuschätzen in der Lage ist, gehört das so genannte abgesicherte Gruppenpuzzle. Dabei kann eine Klärungs- und Kontrollphase eingefügt werden, durch die die Lehrkraft sicherstellen kann, dass Informationen und Zusammenhänge angemessen erarbeitet und dann weitergegeben werden. Auch kann man Expertengruppen doppeln, d.h. es gibt in der anschließenden Austauschphase zu jedem Teilthema zwei Experten, die sich unabhängig voneinander vorbereitet haben.

Weitere Formate Kooperativen Lernens sind z.B. das Kugellager, die Arbeit in Tandems, die gemeinsame Lernplanung (Sauer 2005) sowie eine Reihe von Methodengeräten mit Sozialformcharakter, die aber hier nicht näher beschrieben werden können.

Das Gruppenpuzzle

Individuelle Erarbeitung in der Stammgruppe

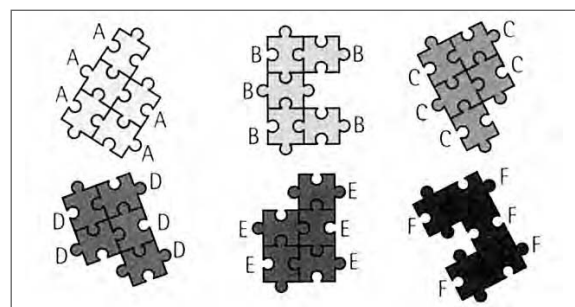
Die Klasse wird in Stammgruppen aufgeteilt. Eine Stammgruppe bearbeitet arbeitsteilig das gesamte Thema, das sich in etwa vier bis sechs Teilthemen untergliedert. Jedes Gruppenmitglied bekommt ein Teilthema und arbeitet sich individuell in das Teilthema ein.



Stammgruppe

Gemeinsame Vertiefung in der Expertengruppe

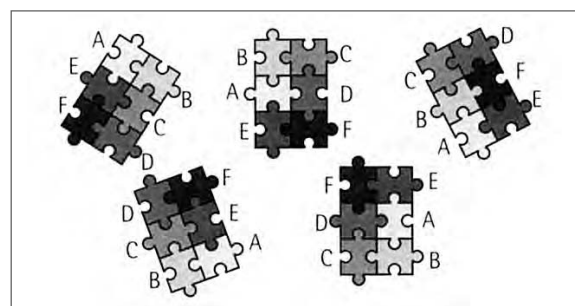
Die Schülerinnen und Schüler bilden neue Gruppen. Schülerinnen und Schüler mit dem gleichen Teilthema aus allen Stammgruppen bilden jeweils eine Expertengruppe. Sie vertiefen gemeinsam ihr Thema, klären Unklarheiten und planen eine Vermittlungsstrategie, wie dieses Teilthema anderen Schülerinnen und Schülern möglichst gut erklärt werden kann. Die Vermittlung wird trainiert. An dieser Stelle kann ein Test geschrieben werden, der überprüft, ob die Experten ihr Thema hinreichend verstanden haben.



Expertenrunde

Gegenseitige Vermittlung in der Stammgruppe (Unterrichtsrunde)

Die Experten gehen zurück in ihre Stammgruppen und vermitteln sich gegenseitig die erlernten Teilthemen entlang den entwickelten Vermittlungsstrategien. Gegebenenfalls kann dieser Wechsel zwischen Experten- und Unterrichtsrunde mehrfach wiederholt und so das Thema immer weiter vertieft werden.



Unterrichtsrunde (Stammgruppe)

(Quelle: Unterricht Chemie, Kooperativ Lernen, Friedrich Verlag, 2005, S. 29)

6 Aufgaben als Element der Unterrichts-entwicklung und der Individualdiagnose

In seinem Beitrag „Wider das Frage- und Antwortspiel“ kritisiert J. Leisen (2003) die vorherrschende Unterrichts-choreografie, die er für den Physikunterricht wie folgt beschreibt:

1. **Einführung:** Die Stunde beginnt mit der Demonstration eines Phänomens oder mit einer themenbezogenen Problemfrage.
2. **Hypothesenbildung:** Es folgt eine Erörterung von Hypothesen oder Lösungsansätzen im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch, das auf einen vorbereiteten Versuchsaufbau hinausläuft.
3. **Überprüfung:** Im Demonstrationsexperiment unter Schülermitwirkung erfolgt die Hypothesenbestätigung oder der experimentelle Beleg für die Problemlösung.
4. **Ergebnissicherung:** Die Ergebnisse werden unter Einbindung von Schülerbeiträgen an der Tafel dokumentiert und von den Schülern in das Heft übernommen.
5. **Anwendungen:** Die Stunde schließt mit weiterführenden Fragen, weiteren Anwendungsbeispielen, Ergänzungen oder experimentellen Demonstrationen.

Aufgaben kommt seiner Ansicht nach bei der notwendigen Veränderung eine zentrale Rolle zu. Mit ihrer Hilfe können

- Schülerinnen und Schüler auf unterschiedlichen Kompetenzniveaus zu flexiblem naturwissenschaftlichem Denken angeregt und Selbsttätigkeit und Kreativität gefördert werden; Aufgaben mit mehreren Lösungswegen spielen dabei eine wichtige Rolle.
- In den notwendigen Übungsphasen können abwechslungsreiche Anwendungsaufgaben in variierenden Kontexten und Strukturen das bloße Training von Routineaufgaben ergänzen; solche Aufgaben dienen der Konsolidierung und Flexibilisierung des Wissens und ermöglichen die innere Differenzierung und die Diagnose individueller Schwierigkeiten.
- Zurückliegende Inhalte können systematisch wiederholt und kontinuierlich in die Erarbeitung, Konsolidierung und Übung des neuen Stoffes integriert werden; Aufgaben helfen so, einen Grundbestand an Wissen und Kompetenzen dauerhaft zu sichern und zurückliegenden Unterrichtsstoff mit den jeweils neuen Inhalten zu verknüpfen (Leisen a.a.O.).

Seine Konzeption erläutert Leisen am Beispiel des Archimedischen Prinzips, also des Auftriebs. Er stellt eine Aufgabe ins Zentrum, die von den Lernenden bearbeitet werden soll.

Aufgabe:



In einem Boot befinden sich

- (A) ein Stein,
- (B) ein Holzstück,
- (C) Wasser im Eimer,
- (D) ein Eisblock,
- (E) ein Sandhaufen,
- (F) eine Person.

Was passiert mit dem Wasserspiegel des Sees, wenn die einzelnen Teile in den See geworfen bzw. geschüttet werden?

Steigt er, sinkt er oder bleibt er gleich? Macht es einen Unterschied, ob es ein Süßwassersee, Salzwassersee oder Ölsee ist?

(Quelle: Friedrich Jahresheft 2003, S. 117)

Man sieht schnell, dass diese Aufgabe auf sehr unterschiedlichen Wegen gelöst werden kann: experimentell durch Simulation mit einem Boot in einem wassergefüllten Trog, durch Gedankenexperimente, schließlich auch rechnerisch. Allerdings gibt es nicht beliebig viele produktive Problemsituationen wie die vorgestellte, daher formuliert Leisen noch ein zweites „Alternatives Unterrichtsdrehbuch“, das für den Normalfall des Unterrichtsalltags konzipiert ist.

- **Information:** In einem kurzen Lehrerreferat wird in die Thematik eingeführt.
- **Übung 1:** Der alte oder neue Stoff wird auf elementarer Basis mittels einfacher Zeichenaufgaben, Einsetzungsaufgaben, Rechenaufgaben in einer ersten Stufe in Einzel- oder Partnerarbeit eingeübt, bzw. das Vorwissen wird aktiviert.
- **Erarbeitung 1:** In einer kurzen Erarbeitungsphase unter Einbezug von Experimenten wird im Frontal- oder Kleingruppenunterricht neuer Stoff erarbeitet.
- **Übung 2:** In komplexeren Aufgaben mit Kontextbezügen wird dieser neue Stoff in Kleingruppenarbeit möglichst in Schülerexperimenten eingeübt.
- **Erarbeitung 2:** Auf der Basis der vorgängigen Beschäftigung findet eine intensiv-klärende Erarbeitung im Frontalunterricht statt, die durch Lehrerexperimente und Materialien begleitet wird.
- **Übung 3:** In Partner- oder Kleingruppenarbeit findet eine weitere Übung anhand komplexerer Aufgaben und Anwendungen statt.
- **Wiederholung:** Wiederholungsübungen werfen den Blick zurück und **Strukturierungen** bereiten zukünftiges Lernen vor.

Aufgaben können gleich an mehreren Stellen dieses Unterrichtsskripts lehrerzentrierte Gespräche ablösen, das Unterrichtsgeschehen wird flexibler, methodisch abwechslungsreicher. Das Wichtigste aber ist dabei, dass mittels dieser Veränderungen die Schülerinnen und Schüler ins Zentrum des Lernprozesses gerückt werden.

Aufgaben und Individualdiagnostik

In einer der zahlreichen Begleituntersuchungen zu PISA wurde festgestellt, dass die Diagnosefähigkeit der Lehrerinnen und Lehrer nur bedingt ausgebildet ist. Viele kamen zu groben Fehleinschätzungen, wenn sie vor die Frage gestellt waren, ob ihre Schülerinnen und Schüler in der Lage seien, eine bestimmte (PISA-)Aufgabe richtig zu lösen oder daran zu scheitern. Diese Kritik mag objektiv berechtigt sein, sagt aber wenig aus über die Fähigkeit von Lehrkräften, die Gesamtpersönlichkeit ihrer Schüler und ihre Entwicklungsmöglichkeiten zu beurteilen, denn die mangelnde Vorhersagefähigkeit betraf schließlich nur PISA-Aufgaben – und damit ein deutlich eingeschränktes

Spektrum dessen, was die schulische Entwicklung eines Jugendlichen ausmacht. PISA-Aufgaben waren zudem zu keinem Zeitpunkt für die Individualdiagnose konzipiert und sind dazu auch nicht geeignet.

Andererseits gibt die hohe Korrelation zwischen familiärem Sozialstatus und schulischer Karriere einiges zu denken. Daher besteht vielerseits das Bedürfnis, zur Absicherung von Beurteilungen valide Testbatterien einsetzen zu können. Zur Zeit versuchen sich mehrere Arbeitsgruppen an einer Konstruktion solcher Aufgaben, jedoch durchweg mit großen Schwierigkeiten.

Hier werden daher einige Vorschläge gemacht, wie Lehrkräfte die Arbeit mit Lernaufgaben im Unterricht dazu nutzen können, die Leistungsfähigkeit und – was sicher wichtiger ist – die spezifischen Lernschwierigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler besser kennen zu lernen.

Vorab darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass man sich bei der vorgeschlagenen Nutzung von Lernsituationen zu Diagnosezwecken auf einem schmalen Grad bewegt: Weinert hat in der Vergangenheit immer wieder darauf hingewiesen, wie wichtig die Trennung von Lern- und Testsituationen ist, denn das Gefühl, bewertet zu werden, steht dem Lernen unmittelbar im Weg. (Daher erweist sich auch das fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräch als wenig lernwirksam, da es aus der Sicht der Lernenden eine permanente Beurteilungssituation darstellt.) Aufgaben tragen gerade dazu bei, das Lernen stärker in die Verantwortung der Schülerinnen und Schüler zu legen, daher muss man ausgesprochen behutsam sein, wenn man die Aufgabenbearbeitung zu Diagnosezwecken nutzen will.

Leiß u.a. (2006) beschreiben für den Mathematikunterricht ein Verfahren, das ganz ähnlich auch in den naturwissenschaftlichen Fächern eingesetzt werden kann: Sie schlagen vor, den Schülerinnen und Schülern bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben „über die Schulter zu blicken“. Das Entscheidende dabei ist, dass sich der Lehrer / die Lehrerin weitgehend zurücknimmt, nicht sofort kommentiert, sondern herauszufinden versucht, welche Hürde es genau ist, die einem Schüler oder einer kleinen Gruppe von Lernenden beim Weiterarbeiten im Wege steht. Ist diese Hürde erkannt, dann kann eine Hilfestellung gegeben werden, ganz ähnlich wie bei den Aufgaben mit gestuften Hilfen, hier allerdings verbal.

Wenn beim Beobachtungsgang durch die Klasse an mehreren Stellen ähnliche Probleme wahrzunehmen sind, dann kann dies Anlass sein, das betreffende Problem anschließend noch einmal im Unterricht aufzugreifen, um den Schülerinnen und Schülern diese Schwelle bewusst zu machen und ihnen bei der Überwindung zu helfen.

Ein anderer Ansatz, ebenfalls aus dem Bereich des Mathematikunterrichts (Reiff 2006), setzt auf Partnerdiagnose und gegenseitige Unterstützung bei der Klärung von Lernschwierigkeiten. Die Schülerinnen und Schüler

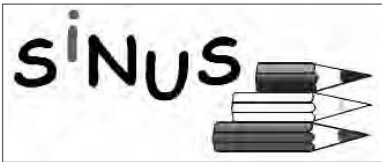
tauschen die Lösungen der von ihnen in Einzelarbeit bearbeiteten Aufgaben aus, beraten sich gegenseitig und notieren ggf. abweichende Ergebnisse oder Lösungswege. Die so kommentierten Aufgabenblätter werden von der Lehrkraft eingesammelt und je nach Bedarf detailliert oder wenig kommentiert zurückgegeben. Dabei zeigt sich, dass die Schüler zunehmend an Sicherheit gewinnen. Dies gilt auch für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler. Auch sie können mit diesem Verfahren für die Entwicklung ihrer fachlichen Kompetenzen mehr Selbstvertrauen erlangen.

7 Serviceteil

7.1 Literatur

- Ball, H., Becker, G., Bruder, R., Girmes, R., Stäudel, L. & Winter, F. (Hrsg.) (2003): „Aufgaben“, Lernen fördern – Selbstständigkeit entwickeln. Friedrich Jahresheft, Seelze: Friedrich.
- Baumert, J.: BLK Expertise. 1997.
- Biermann, M., Wiegand, B. & Blum, W. (2003): Nicht „irgendwie“, sondern zielgerichtet. Aufgaben verändern. In: Ball u.a. (2003), S. 32-36.
- Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) (2005) München: Luchterhand oder http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Biologie_MSA_16-12-04.pdf
- Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) (2005) München: Luchterhand oder http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Physik_MSA_16-12-04.pdf
- Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) (2005) München: Luchterhand oder http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Chemie_MSA_16-12-04.pdf
- Duit, R., Fischer, H. E. & Müller, W. (2002): Vielfalt und Anregung statt Routine. Der Physikunterricht braucht eine andere Aufgabenkultur. Unterricht Physik, Heft 67, S. 4-7.
- Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L. (2004): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material 5 – 10. Seelze: Friedrich.
- Eilks, I., Witteck, T., Rumann, S. & Sumfleth, E. (2005): Kooperatives Lernen. Unterricht Chemie, Heft 88/89, S. 6-11.
- Eilks, I. & Stäudel, L. (2005): Themenheft „Kooperatives Lernen“ der Zeitschrift Unterricht Chemie, Nr. 88/89.
- Forschergruppe Kassel (2004): Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. Lernchancen, Heft 42, S. 38-43.
- Freiman, Th. & Schlieker, V. (2001): Methodenwerkzeuge. Unterricht Chemie, Heft 64/65.
- Freiman, Th. (2003): Das Pulver selbst wieder erfinden. Eine Retro-Modellierung. Unterricht Chemie, Heft 76/77, S. 65-66.
- Gerdes, A. (2002): 2. Staatsexamensarbeit. Studienseminar Kassel.
- Gerdes, A. (2003): Mit Modellen arbeiten. Legosteine, Massenkonstanz und das Gesetz der konstanten Proportionen. Unterricht Chemie, Heft 76/77, S. 71-75.
- Hammer, Ch. (2002): Eigenständiges Lösen von Aufgaben. Unterricht Physik, Heft 67, S. 16-17. Ausführliche Arbeitsanleitungen und weitere Aufgaben auch unter: <http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/> (Materialien, Suchbegriffe Physik UND Aufgaben)
- Hepp, R., Krüger, A. & Leisen, J. (Hrsg.) (2003): Methoden-Werkzeuge. Themenheft der Zeitschrift Unterricht Physik, Heft 75/76.
- Hepp, R., Mieke, K. & Wodzinski, R. (2004): Kooperativ lernen. Themenheft der Zeitschrift Unterricht Physik, Heft 84.
- Klieme E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H. J. (2003): Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise. Frankfurt am Main: DIPF.
- Leisen, J. (1999): Methodenhandbuch deutschsprachiger Fachunterricht. Bonn: Varus.
- Leisen, J. (2003): Wider das Frage- und Antwortspiel. Neue Inhalte aufgabengeleitet entwickeln. In: Ball, H. u.a. (Hrsg.) Friedrich Jahresheft „Aufgaben“. Seelze: Friedrich.
- Leisen, J. (2005): Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten? Sprache und Physikunterricht. Unterricht Physik, Heft 87, S. 4-9.
- Leiß, D. (2004): Die Wanne ist voll, Juchuu. Von der Analyse eines Funktionsgraphen zur Interpretation. In: Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L. (2005), S. 113-115.
- Nahrgang, E. (2004): Eine Schule mit Literacy-Konzept. Lernchancen, Heft 42, S. 14-19.
- OECD Programme for International Student Assessment (2004). PISA 2003. Beispielaufgaben aus dem Naturwissenschaftstest, S. 4-5 http://www.pisa.ipn.uni-kiel.de/Aufgaben_Naturwissenschaft.pdf (Nov. 2005)
- Peter, E. (2004a): Was brauchen Kressesamen zum Keimen? Experimente als Schiedsrichter. In: Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L. (2005), S. 64-69.
- Peter, E. (2004b): Der Öfläschchenversuch. Beobachtungen formulieren und kritisch bewerten. In: Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L. (2005), S. 18-23.
- Sauer, H.-G. & Stäudel, L. (2004): Die Zelle. Informationsentnahme aus Sachtexen und „Übersetzungen“. Lernchancen, Heft 42, S. 10-13.
- Sauer, H.-G. (2005): Wasser Marsch. Ein Beispiel für Lernplanung mit Schülerinnen und Schülern. Unterricht Chemie, Heft 88/89, S. 19-21.
- Stamme, M. (2000): Versuche planen – Methoden entdecken. In: Blum, W., Fey, S., Huber-Söllner, E. & Stäudel, L. (Hrsg.): Gute Unterrichtspraxis: Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts. Pro Schule Nr. 3/2000, S. 40-43.
- Stäudel, L. (2003a): Der Mineralwassereffekt. Modellieren als Element naturwissenschaftlichen Arbeitens. Unterricht Chemie, Heft 76/77, S. 67-70.
- Stäudel, L. (2003b): Der Aufgabencheck. Überprüfen Sie Ihre „Aufgabenkultur“. In: Ball, H. u.a. (Hrsg.) (2003), S. 16-17.
- Stäudel, L. & Werber, B. (2001): Informationen beschaffen – aufbereiten – präsentieren. Methodenlernen in den Naturwissenschaften. Seelze: Friedrich.
- Stäudel, L., Werber, B. & Freiman, Th. (2002): Lernbox: Naturwissenschaften verstehen und anwenden. Seelze: Friedrich.
- Stäudel, L. (2004a): Die Spinnennetzmethode. Analyse naturwissenschaftlicher Arbeitsformen im Unterricht. In: Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L. (2004), S. 9.
- Stäudel, L. (Hrsg.) (2004b): Naturwissenschaften verstehen. Lernchancen, Heft 42.
- Stern, T. (2002): Aufgaben über Aufgaben. Was man mit TIMSS-Aufgaben im Physikunterricht anfangen kann. Unterricht Physik, Heft 67, S. 12-15.
- Vygotsky, L. (1977): Denken und Sprechen. Frankfurt/M.
- Wißner, O. (2004): Das Öffnen von Aufgaben. Strategien und Beispiele. Unterricht Chemie, Heft 82/83, S. 42-45.
- Witteck, T. & Eilks, I. (2005): Die Reaktion von Natrium und Chlor. Mit der 1-2-4-Alle-Methode zur Deutung der Salzbildung. Unterricht Chemie, Heft 88/89, S. 44-46.
- Zabel, J. (2004): Was tut das Tier? Beobachten und Deuten lernen anhand von Verhaltensprotokollen. In: Duit, R. u. a. (2004), S. 12-17.

7.2 SINUS in Hessen – Weiterentwicklung der Unterrichtsqualität im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht



Seit 1998 arbeiten im Projekt SINUS mehr und mehr Schulen in 13 Bundesländern an der Weiterentwicklung der Unterrichtsqualität im Fach Mathematik

bzw. in den naturwissenschaftlichen Fächern. Die bisherige Erfahrung zeigt, dass hierzu in erster Linie ein Schulentwicklungsprozess vorangebracht werden muss, in dem zahlreiche Partner kooperieren. Eine Aussicht auf eine nachhaltige Weiterentwicklung besteht insbesondere nur bei gemeinsamer Arbeit der Lehrkräfte in den Fachgruppen der beteiligten Schulen.

Der Begriff „SINUS“ wird auch in Hessen durch die in den Jahren 1998 - 2003 durchgeführten Modellversuche „Gute Unterrichtspraxis Mathematik“ und „Gute Unterrichtspraxis Naturwissenschaften“ (1998 - 2003, jeweils 6 Schulen) unter der Leitung des Mathematikdidaktikers Prof. Dr. Werner Blum und des Chemiedidaktikers Dr. Lutz Stäudel (Universität Kassel), durch die Qualitätsinitiative SINUS des HeLP (2001 - 2005, 350 Schulen) und durch die BKL-Modellversuche SINUS-Transfer 1 (2003 - 2005, 51 Schulen) und SINUS-Transfer 2 (2005 - 2007, 179 Schulen) zunehmend mit einem erfolgreichen Modell der schulinternen Lehrerfortbildung verknüpft. Das aktuelle Projekt, das unter dem Namen SINUS Hessen die Aktivitäten der hessischen Qualitätsinitiative SINUS und des bundesweiten Modellversuchs zusammenführt, wird landesweit koordiniert vom Amt für Lehrerbildung; die regionale Projektleitung liegt bei den Schulämtern. Kooperationspartner sind das Zentrum für Mathematik, Bensheim, die Universitäten Kassel, Darmstadt und Gießen, das Institut für Qualitätsentwicklung sowie Casio und Texas Instruments.

Gemeinsam für die genannten Projekte sind die **Zielsetzungen in der Qualitätsentwicklung des Fachunterrichts**. Dazu gehört insbesondere die Orientierung an einer ma-

thematischen wie an einer naturwissenschaftlichen Grundbildung. Qualitätskriterien für den Unterricht sind die fachlich gehaltvolle Unterrichtsgestaltung, die kognitive Aktivierung der Schülerinnen und Schüler und eine effiziente und schülerorientierte Unterrichtsführung. Gemeinsam ist weiterhin die grundlegende Arbeitsweise als Prozess von Fachgruppen, die diesen Prozess selbst gestalten, mit anderen Schulen kommunizieren und zusätzliche Unterstützung erfahren.

Weitere Informationen:

www.sinus-hessen.de

www.sinus-transfer.de

Exemplarische Publikationen für die Praxis mit Beiträgen aus der hessischen SINUS-Arbeit:

- **Biermann, M./Blum, W.:** Eine ganz normale Mathestunde? – in: *mathematik lehren* H. 108, S. 52 - 54, Friedrich Verlag, Seelze, 2001
- **Drüke-Noe, Ch./Leiß, D.:** Standard-Mathematik Mathematik von der Basis bis zur Spitze – Grundbildungsorientierte Aufgaben für den Mathematikunterricht. – Institut für Qualitätsentwicklung, Wiesbaden, 2005
- **Duit, R., Gropengießer, H., Stäudel, L. (Hg.):** Naturwissenschaftliches Arbeiten – Beispiele und Materialien zu Modul 2 des BLK-Programms SINUS-Transfer, Friedrich Verlag, Seelze 2004
- **Stäudel, L.(Hg.):** Naturwissenschaften verstehen. – Themenheft 42 der Zeitschrift *Lernchancen*, Friedrich Verlag, Seelze, 2004
- **Stäudel, L., Werber, B. (Hg.):** Informationen beschaffen, aufbereiten, präsentieren – Methodenlernen in den Naturwissenschaften. – BLK- Modellversuch SINUS Naturwissenschaften Hessen, Hessisches Landesinstitut für Pädagogik, Landesinstitut für Schule und Weiterbildung NRW, Kassel / Soest / Wiesbaden, Oktober 2000. Das Heft kann auch über den Friedrich Verlag, Seelze, bezogen werden.
- **Vollstädt, W.:** Leistungen ermitteln, bewerten und rückmelden. – Amt für Lehrerbildung, Qualitätsinitiative SINUS, Frankfurt, 2005

7.3 Erfahrungsbericht – SINUS in Hessen von Lutz Stäudel und Michael Katzenbach

SINUS in Hessen

Basis-Erfahrungen: Die SINUS-Modellversuche 1998 - 2003

Ausgangspunkt für die SINUS-Modellversuche war das nur mittel-mäßige Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler bei TIMSS, der dritten internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung gab ein Gutachten in Auftrag, das den Ist-Zustand des mathematischen und des naturwissenschaftlichen Unterrichts beschreiben und analysieren sollte; vor dem Hintergrund dieser Analyse gab das BLK-Gutachten dann Empfehlungen für die einzurichtenden Modellversuche.

Von Anfang an sollte bei diesem Projekt darauf geachtet werden, dass Fehler aus der Vergangenheit nicht wiederholt würden. Darum sollte als Ergebnis kein vielseitiger Bericht entstehen, der anschließend nur in den Regalen verstaubt, vielmehr hatten die Modellversuche von Anfang an das Ziel, den Unterricht zu verändern. Das Motto hieß „Weiterentwicklung“, auch um den Eindruck zu vermeiden, dass man mit allem brechen müsste, auch mit dem, was sich bewährt hat.



Die 11 Module der BLK-Expertise

- Weiterentwicklung der Aufgabenkultur
- 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

Aktualisierte Modulbeschreibungen finden sich unter <http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/index.php?id=917> (Dezember 2005)

Im Zentrum stand die Veränderung des Lehrerhandelns. Statt, wie meist der Fall, im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch Themen kleinschrittig mit der ganzen Klasse zu erarbeiten, sollten jetzt Aufgabenstellungen und Methoden zum Zug kommen, die eine Bearbeitung auf unterschiedlichen Niveaus zulassen, möglichst alle Schülerinnen und Schüler erreichen und sie kognitiv aktivieren. In den ersten Jahren des Modellversuchs, der in fast jedem Bundesland mit je einem Mathematik- und einem Naturwissenschaftsset durchgeführt wurde, kristallisierten sich mehrere Entwicklungsschwerpunkte heraus:

- In den naturwissenschaftlichen Fächern stießen insbesondere die Methodenwerkzeuge und methodischen Verfahren zur Gestaltung von kürzeren Unterrichtssequenzen auf das Interesse der Kolleginnen und Kollegen, von Kärtchentisch und Themen-Memory über das Gruppenpuzzle bis hin zum Lernen an Stationen.
- Im Bereich des Mathematikunterrichts fand parallel dazu eine Verlagerung der Zielsetzungen bei den Aufgaben statt: vom Üben von Routine-Verfahren hin zum Produktiven Üben, von Textaufgaben zum mathematischen Modellieren; kognitiv anspruchsvolle Aufgaben und veränderte Standardaufgaben machten Karriere.
- Einen weiteren Schwerpunkt bildete bald die Verbesserung der fachorientierten Lesekompetenz; nach Veröffentlichung der PISA-Ergebnisse aus der Untersuchung des Jahres 2000 wurden die betreffenden Anstrengungen noch verstärkt.
- In den Naturwissenschaften begann etwa zur Halbzeit des Modellversuche eine ernsthafte Auseinandersetzung mit den Zielen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung und mit der Rolle, die das naturwissenschaftliche Arbeiten dabei spielen kann.
- In Mathematik wurde zunehmend an den Themen „Leistungsbewertung in offenen Unterrichtssituationen“, „Sicherung von Basiswissen“ und „Problemlösen“ gearbeitet.

So wichtig die einzelnen Innovationen und auch veränderte Zielsetzungen waren, so wurde schon bald die intensiviertere kollegiale Kooperation als fundamental bedeutsame Erfahrung betrachtet. SINUS war für viele Fachkollegien der Anlass, sich nach vielen Jahren engagierten Einzelkämpfertums zusammen zu setzen und gemeinsam an Unterrichtsprojekten, Stationen für Lern-

zirkel oder Aufgaben für den Unterricht zu arbeiten. Die Mehrarbeit der Nachmittage wurde bald durch Erleichterungen im Unterrichtsalltag kompensiert.⁴ Das wichtigste aber war und ist, dass die Entwicklungen und Veränderungen von einer qualifizierten Mehrheit in den Fachschaften getragen wurden und niemand sich intern rechtfertigen musste, warum er oder sie z.B. gerade diese zeitintensive Methode eingesetzt hatte, dank derer die Schülerinnen und Schüler aber ausführlich Gelegenheit hatten, selbst Experimente zu entwickeln oder Aufgaben für die Nachbartischgruppe zu konzipieren.

In die Breite gehen: Die SINUS-Qualitätsinitiative (2001 - 2005)

Im Jahr 2001 startete in Hessen der Versuch, die Erfahrungen aus den Modellversuchen in die Kollegien möglichst vieler Schulen zu tragen; es sollte aber kein papierener Transfer sein. Lehrkräfte aus Modellversuchsschulen und Fortbildner des HeLP entwickelten gemeinsam ein Fortbildungskonzept und eine Anzahl von Fortbildungsbausteinen, ließen sich selbst als Teamer fortbilden und boten als Tandems über die Regionalstel-

len des HeLP SINUS-Fortbildungen an. Aus den eigenen Erfahrungen begründet wollte man stets die ganze Fachschaft erreichen, weil nur so Veränderungen nachhaltig sein können. Die aus 3 bis 5 schulinternen Veranstaltungen bestehende Fortbildungsreihe musste also per Fachschaftsbeschluss angefordert werden. Zu Beginn der Reihe stand eine Bestandsaufnahme der Fachschaftsarbeit und eine Zielklärung im Rahmen des SINUS-Programms. Daraus ergab sich häufig die Auswahl an oder eine Schwerpunktsetzung innerhalb von Fortbildungsbausteinen. Verbindlichkeit war stets auch zwischen den Veranstaltungen angesagt: was die Kolleginnen für ihren Mathematikunterricht (oder für ihr naturwissenschaftliches Fach) an einem Fortbildungstag erarbeitet hatten, sollte bis zum nächsten Termin erprobt werden, damit die Erfahrungen dann gemeinsam ausgewertet werden konnten.

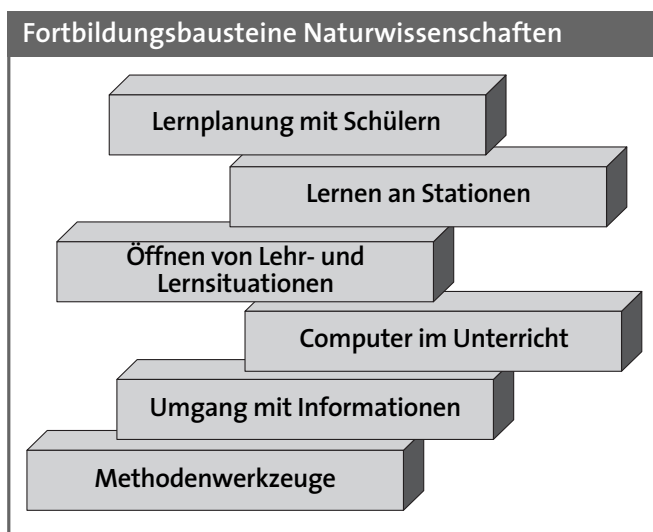
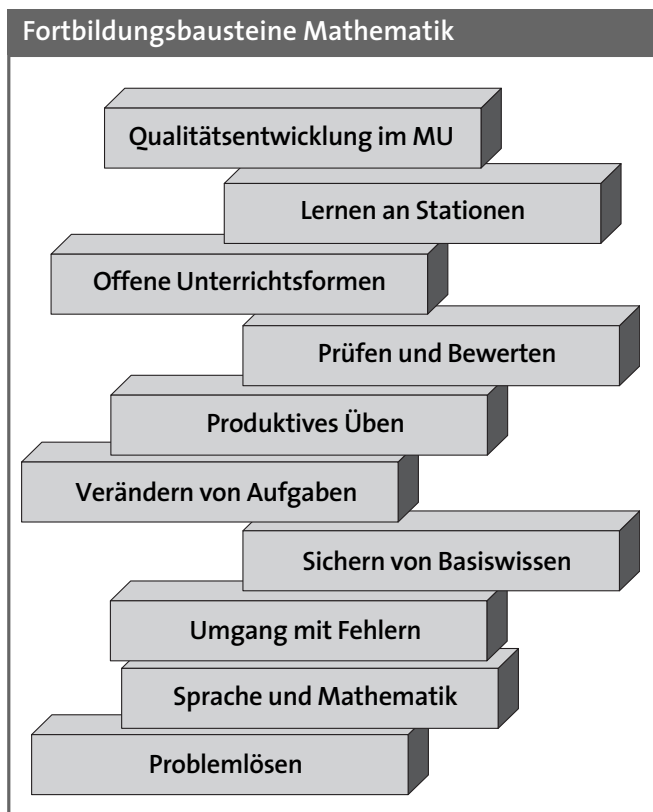
⁴ Einen eindrucksvollen Bericht über das erfolgreiche Zusammenarbeiten und Zusammenwachsen gibt H.-G. Sauer von der Geistschule, Bad Hersfeld: „Kollegiale Kooperation – Ein Kollegium probt die Zusammenarbeit.“ In: Lernchancen 42/2003, S. 52-55.



So sieht eine Fortbildungsveranstaltung der SINUS-Qualitätsinitiative Hessen aus



Die Fortbildungsbausteine entsprachen in etwa den Schwerpunkten der Modellversuchsarbeit, wurden aber im Verlauf des Projektes (bis 2005) weiterentwickelt und ergänzt und gingen schließlich in vieler Hinsicht über die ursprünglichen Modellversuchsansätze hinaus.



Der Blick auf die Fortbildungsbausteine zeigt, dass für den Bereich des Mathematikunterrichts Aufgaben ausdrücklich thematisiert werden. Eine Veranstaltung hierzu kann beispielsweise mit der Bearbeitung einer geöffneten Auf-

gabe beginnen. An die Diskussion von Schülerlösungen und Unterrichtserfahrungen der Fortbildner schließt sich die Erarbeitung von Qualitätskriterien für den Mathematikunterricht an, die im Weiteren zur Grundlage für die Unterrichtsplanung der Kollegen und die eigene Entwicklung von geöffneten Aufgaben werden. Erfahrungen mit solchen Aufgaben im Unterricht und Lösungen von Schülerinnen und Schülern werden zu Beginn der folgenden Sitzung eingebracht. Werner Blum und Mark Biermann haben am Beispiel einer Unterrichtsstunde zur Vereinsbeitragsaufgabe (Kasten) dargestellt, welche Chancen zur Steigerung der Unterrichtsqualität schon durch geringe Veränderungen an vorliegenden Aufgaben entstehen.⁵

Ursprüngliche Version (Schulbuch):

Ein Sportverein hat 3 500 Mitglieder, davon 2 000 Jugendliche. Diese zahlten bisher 5 DM Monatsbeitrag, die Erwachsenen 7 DM. Die gesamten Beitragseinnahmen müssen auf 34 500 DM monatlich erhöht werden. Berechne die neuen Beiträge, wenn die Jugendlichen wie bisher 2 DM weniger als die Erwachsenen bezahlen sollen.

Veränderte Version:

Ein Sportverein hat 3 500 Mitglieder, davon 2 000 Jugendliche. Diese zahlten bisher 5 DM Monatsbeitrag, die Erwachsenen 7 DM. Die gesamten Beitragseinnahmen müssen auf 34 500 DM monatlich erhöht werden.

Wie sollen die Beiträge neu festgesetzt werden?

Für die Naturwissenschaften heißt der korrespondierende Baustein „Öffnen von Lehr-Lern-Situationen“. Dahinter steht die Idee, dass statt Vermittlung durch die Lehrkraft oder Abarbeiten einer Vorschrift zumindest zeitweise die Selbsttätigkeit der Lernenden treten kann – natürlich wiederum in Form von Aufgaben.

Die Erfahrungen mit den Fortbildungen mit 350 hessischen Fachschaften zeigten wiederum, wie wichtig eine gute Kooperation im Fachkollegium ist; dort wo die Zusammenarbeit besonders gut funktioniert, wirken Impulse effektiver und werden Veränderungsprozesse stabil. In Rückmeldungen zur Frage „Welcher Aspekt der Fortbildung war für Sie am wichtigsten?“ wurden am Ende der Fortbildungsreihe neben den Anregungen für die eigene Unterrichtsarbeit vor allem der Austausch und die Kooperation im Fachkollegium angesprochen.

⁵ Biermann, M. / Blum, W: Eine ganz normale Mathestunde? In: mathematik lehren (2001), H. 108, S. 52-54.

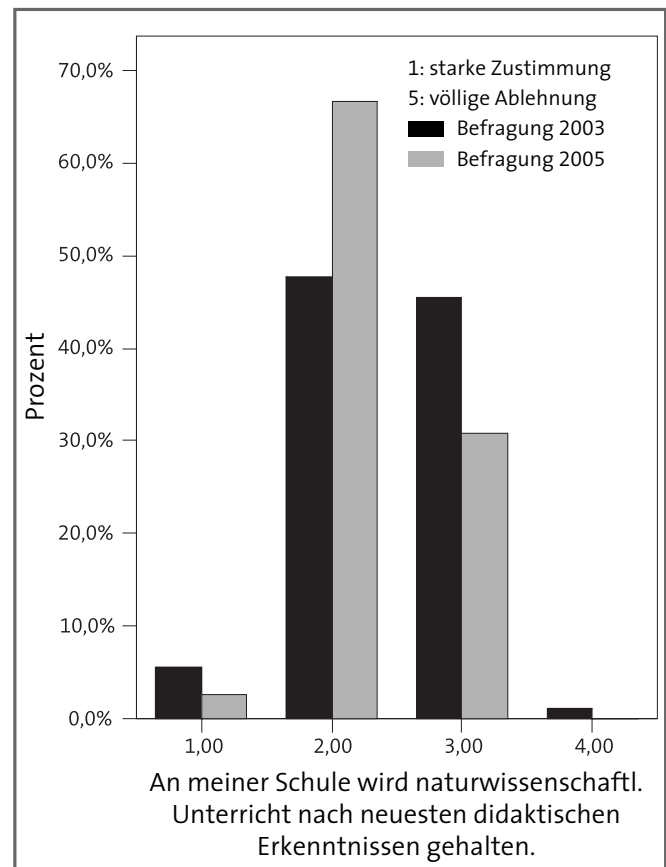
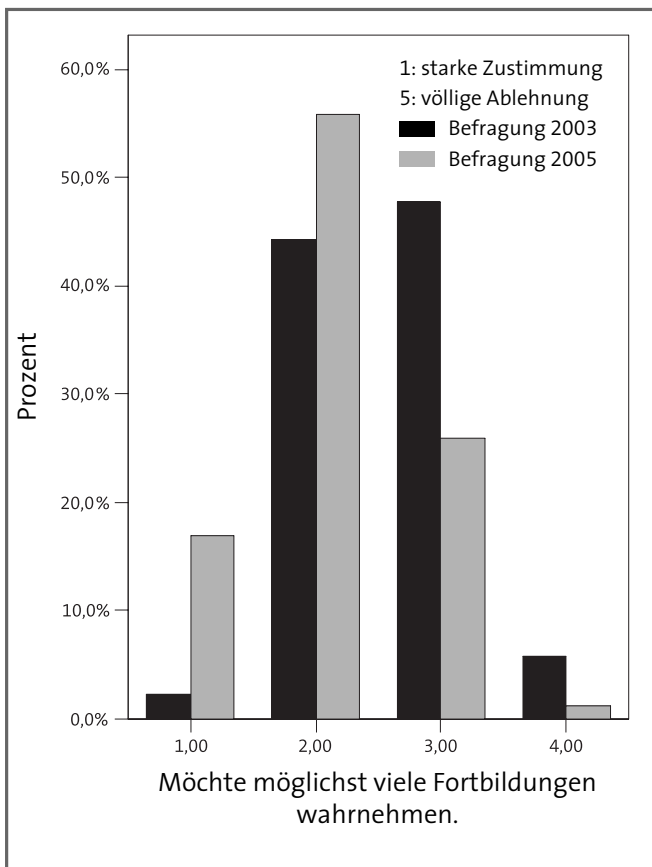
**Die Veränderung stabilisieren:
SINUS-Transfer in Hessen
(2003 - 2005 und 2005 - 2007)**

Mit der Beteiligung am wiederum bundesweiten SINUS-Transfer-Modellversuch, diesmal mit einer deutlich größeren Zahl von Schulen (51 bzw. 179), setzt sich die Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in breiter Front fort. In Sets zu ca. 10 Schulen wird die Kooperation zum Programm ebenso wie der Anspruch, die Schülerinnen und Schüler nachhaltig zu befähigen, mathematische Probleme oder naturwissenschaftliche Fragestellungen zu erkennen, angemessen zu bearbeiten und zu lösen. Bereits die Arbeit mit den 51 Schulen der ersten Phase (2003 - 2005) hat ermutigende Ergebnisse erbracht: So steigt die Akzeptanz von Fortbildungsangeboten bei den am Modellversuch beteiligten Lehrkräften in fast extremem Maße; ebenso positiv haben sich das Wir-Gefühl und die Kompetenzzuschreibung entwickelt, wie eine begleitende Befragung der Lehrerinnen und Lehrer ergab.

Ob sich das tendenziell bessere Abschneiden hessischer Schülerinnen und Schüler bei PISA 2003 (im Vergleich zu PISA 2000) bereits in Zusammenhang mit den Angeboten von SINUS bringen lässt, kann jetzt noch nicht beurteilt werden. Sehr wohl erkennbar ist jedoch die Veränderung in unseren Schulen. Unterrichtsqualität, kollegiale Kooperation, kognitive Aktivierung der Schülerinnen und Schüler und Kompetenz orientiertes Unterrichten stehen auf der Tagesordnung, SINUS war und ist die richtige Antwort auf die Herausforderungen von PISA.

Bewährte Elemente aus der Qualitätsinitiative SINUS und aus den bis 2005 abgeschlossenen Modellversuchen gingen folglich in die Struktur des Projekts SINUS Hessen im BLK-Modellversuch SINUS-Transfer (2005 - 2007) ein. Die regionale Arbeit der Schulsets wird von Setkoordinatoren und Fortbildnern der Staatlichen Schulämter begleitet. Das Amt für Lehrerbildung hat die landesweite Koordination und die Qualifizierung und Praxisbegleitung für Setkoordinatoren und Fortbildner übernommen.

www.sinus-hessen.de und www.sinus-transfer.de





SINUS Hessen - Projektablaufplan (Auszug)

Planung 1.8.2005	Realisierung 1 1.8.2006	Realisierung 2 1.8.2006	Abschluss 31.7.2007
---------------------	----------------------------	----------------------------	------------------------

Schulinterne Tagungen für die gesamte Fachgruppe

Ganztage 1: Bestandsaufnahme Basiswissen SINUS Ziele der Fachgruppe Fortbildungsbaustein 1 Lehrerbefragung 1	Halbtag 1: Fortbildungsbaustein 2 Diskussion der Ergebnisse der Befragung Teambildung Projektplanung	Ganztage 2: Fortbildungsbaustein 2 Zwischenbilanz Auswahlentscheidung für Fachgruppenportfolio ggf. Anpassung der ursprünglichen Planung	Halbtag 2: Fortbildungsbaustein 3 Absprachen zum Austausch im Schulset	Ganztage 3: Ergebnispräsentation Ergebnissicherung Auswahlentscheidung für Portfolio Abschlussbilanz Lehrerbefragung 2 Maßnahmen für die Zeit nach Projektende
--	---	---	---	---

Projektarbeit in schulinternen Teams, schwerpunktbezogene Fortbildung

Kooperation im Schulset

Projektarbeit mit Teams aus mehreren Schulen, schwerpunktbezogene Fortbildung

Fortbildung für Schulprojektleiter Rollenklärung Projektmanagement Moderation (Amt für Lehrerbildung)	Fortbildung für Schulprojektleiter Praxisbegleitung Vorbereitung der Zwischenbilanz (Amt für Lehrerbildung)	Fortbildung für Schulprojektleiter Praxisbegleitung Vorbereitung des Projektabschlusses (Amt für Lehrerbildung)
---	--	--

Kooperation auf Landesebene (Angebote des Amts für Lehrerbildung)

Fortbildung für neue Mitarbeiter Einladung zur Kooperation Moderation Grundlagen des Projekts SINUS	Fortbildung für Setkoordinatoren und Fortbildner der Staatlichen Schulämter	Fortbildung für Setkoordinatoren und Fortbildner der Staatlichen Schulämter	Fortbildung für Setkoordinatoren und Fortbildner der Staatlichen Schulämter
---	---	---	---

7.4 Forschergruppe – Universität Kassel

*Lernen durch Aufgaben mit gestuften Lernhilfen*⁶

Aufgaben mit gestuften Lernhilfen

Aufgaben mit gestuften Lernhilfen bezeichnen ein Aufgabenformat, bei dem die Lösung einer relativ komplexen Aufgabe durch schriftlich formulierte, aufeinander folgende Hilfen unterstützt wird. Die Lernenden können Zeitpunkt und Umfang der Nutzung der Hilfen selbst bestimmen. Auf diese Weise kann die Unterstützung des Lernprozesses in gewissen Grenzen individuell angepasst werden. Dieses Aufgabenformat wurde von Leisen (1999) vor einigen Jahren entwickelt und hat insbesondere im Rahmen des SINUS-Programms Verbreitung in Schulen gefunden (Herbst, 1999; Freiman, 2003; Hammer, 2002; Freiman & Schlieker, 2001; Goldmann & Leisen, 2003).

Gegenwärtig wird in einem von der DFG geförderten Forschungsprojekt die Frage untersucht, inwieweit Aufgaben mit gestuften Lernhilfen geeignet sind, selbstständiges fachliches Lernen in den Naturwissenschaften zu fördern und insbesondere fachlich weniger leistungsfähige Schülerinnen und Schüler bei der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu unterstützen. Das Projekt ist eingebettet in die Arbeit einer interdisziplinären Forschergruppe an der Universität Kassel, die sich unter dem Titel „Lehren – Lernen – Literacy“ empirischen Forschungen zu kognitiv anspruchsvollem fachlichen Lernen widmet.

Für die Konstruktion von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen bieten sich besonders Aufgaben mit eindeutigem Lösungsweg an. Aufgaben in der Physik und Chemie, teilweise auch in der Biologie, sind häufig von dieser Art. Die Konstruktion der Hilfen kann sich dann an der Musterlösung orientieren. Die Hilfen können z.B. als Schritte auf dem Weg zur Musterlösung konzipiert werden.

Hilfen können sowohl lernstrategischer Natur sein („Fertige eine Skizze an.“ „Mach dir klar, welche Informationen du für die Lösung der Aufgabe verwenden kannst.“) wie auch konkrete inhaltliche Inputs bereitstellen („Falls du vergessen hast, wie die Dichte definiert ist, lies im Schulbuch Seite x nach.“ „Um die Genauigkeit einer Wägung zu erhöhen, kann man mehrere Münzen gleichzeitig wiegen.“). Bezogen auf die Art der Bearbeitung ist Einzelarbeit, Partnerarbeit aber auch Gruppenarbeit möglich.

Chancen von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen

In der Folge von TIMSS und PISA wurde die Reduktion der Komplexität naturwissenschaftlicher Problemstellungen durch stark vorstrukturierte Aufgaben und deren Bearbeitung in kleinen „Häppchen“ stark kritisiert – ebenso wie das ähnlich strukturierte fragend-entwickelnde Unterrichtsskript. Mit dem Format der Aufgaben mit gestuften Lernhilfen ist es möglich, die Komplexität von Problemstellungen zumindest fallweise in gewissem Umfang zu erhalten. Die Aufrechterhaltung der Komplexität erscheint aus zwei Gründen sinnvoll: Zum einen fördert sie die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, sich im naturwissenschaftlichen Feld in der Weise zu orientieren, dass sie Erfahrungen damit machen, welches Vorgehen für welche Art von Fragestellung sinnvoll und zielführend ist; zum anderen unterstützt die Auseinandersetzung mit komplexeren Fragestellungen die Strukturierungsfähigkeit beim Bearbeiten von Problemen.

Aufgaben mit gestuften Hilfen bieten auch die Möglichkeit, den unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Lernenden gerecht zu werden und Heterogenität abzufedern. So können leistungsstarke Schülerinnen und Schüler die gestellten Aufgaben oft ohne Benutzung der Hilfen bearbeiten, während leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler mittels der Hilfen und deren Impulse enger geführt werden können. Nicht nur hinsichtlich der kognitiven Unterschiede, sondern auch entsprechend den motivationalen Lernvoraussetzungen können die Lernhilfen unterschiedlich genutzt werden. Lernängstliche Lernende können sich z.B. über die Hilfen vergewissern, inwieweit sie auf dem richtigen Weg sind. Insgesamt erfüllen die Lernhilfen damit in gewisser Weise die Forderung nach adaptiver Instruktion (Weinert 1996).

Ein wichtiger Aspekt der Aufgaben mit gestuften Lernhilfen ist, dass Lernende bei Schwierigkeiten jederzeit Unterstützung erhalten können. Wie wichtig dies ist, haben Untersuchungen von Aufschnaiter & Aufschnaiter (2001) gezeigt: „'Ausstiege' aus den unterrichtlichen Zusammenhängen (treten) ganz besonders dann (auf), wenn die Schüler Misserfolge bei der Bearbeitung von Aufgaben innerhalb des Zeitfensters von 5 Minuten erleben.“ Wenn es gelingt, innerhalb dieses Zeitfensters Unterstützung in Form von Lernhilfen anzubieten, können auf diese Weise Ausstiege vermieden und Lernzeit besser genutzt werden.

⁶ Die Leitung des DFG-Projektes liegt bei Martin Hänze, Lutz Stäudel und Rita Wodzinski, alle Universität Kassel.

Aufgaben mit gestuften Lernhilfen lassen den Lernenden weitgehende Freiheit in der Art der Nutzung der Hilfen. Auch wenn das Ausmaß der Selbstbestimmung eher klein ist, ist deren Wirkung vermutlich nicht zu unterschätzen. Aufschnaiter & Aufschnaiter (2001) berichten ebenfalls, „dass sich Schüler auch in sehr engmaschig angelegten Aufgabenserien als autonom und selbstbestimmt erleben, wenn das Anforderungsniveau gut zu ihren Denk- und Handlungsmöglichkeiten passt.“

Aufgaben mit gestuften Lernhilfen bieten sich besonders für kooperatives Arbeiten an. Durch die gemeinsame Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Problemstellungen kann nicht nur das in der Regel anzutreffende Wissens- und Fähigkeitsgefälle positiv genutzt werden (Vygotski 1978), die Kommunikation über Aufgabe und Hilfen kann zusätzlich die Elaboration und Weiterentwicklung von Vorstellungen unterstützen.

Bezüglich der Veränderung der Lehr-Lern-Kultur im Unterricht bieten Aufgaben mit gestuften Lernhilfen den Vorteil, dass sie sich relativ leicht im Unterricht umsetzen lassen. Sie erfordern keine besonderen methodischen Vorkenntnisse oder unterrichtsorganisatorische Randbedingungen. Sie können jedoch dazu beitragen, dass Lehrerinnen und Lehrer ihre Rolle im Unterricht hin zum beobachtenden Lernbegleiter verändern. Bei der Konstruktion von Aufgaben und Hilfen ist es erforderlich, die Schwierigkeiten der Lernenden einzuschätzen und entsprechende Maßnahmen vorzuschlagen. Aus der Beobachtung, wie Lernende mit den formulierten Hilfen zurecht kommen, lassen sich wiederum wichtige Rückschlüsse zu den zuvor über Schwierigkeiten und Wirksamkeit der Hilfen gemachten Annahmen ziehen.

Erfahrungen mit dem Einsatz von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen

In verschiedenen Voruntersuchungen wurden in Interview-situationen als auch im regulären Unterricht Aufgaben mit gestuften Lernhilfen eingesetzt. Die Akzeptanz auf Seiten der Lernenden erwies sich als groß. Insbesondere lernschwache Schülerinnen und Schüler äußerten ein deutliches Kompetenzerleben nach der Bearbeitung der Aufgaben, selbst dann, wenn sie alle Hilfen in Anspruch nehmen mussten. Äußerungen der Schülerinnen und Schüler deuten zudem darauf hin, dass es mit diesem Aufgabentyp gelingt, Lern- und Leistungssituationen zu trennen: In mehreren Rückmeldungen betonten die befragten Schüler, dass sie das eigenständige Heranziehen von Hil-

fen als wesentlich angenehmer wahrnahmen, als sich in vergleichbaren Situationen der Lehrkraft gegenüber als hilfebedürftig – weil unwissend – zu „outen“.

Die Konzeption von Aufgaben dieses Formats ist jedoch mit mehreren Schwierigkeiten verbunden: In Workshops mit Lehrkräften zeigte sich, dass es nicht ganz einfach ist, angemessene Lernhilfen ausgehend von der Denkweise der Lernenden zu formulieren und nicht vom Ergebnis ausgehend. Um dieses Aufgabenformat für den Unterricht besser nutzbar zu machen, wird deshalb ein Pool von guten Beispielaufgaben bereitgestellt.

Des Weiteren ist geplant, ein strukturiertes **Fortbildungsangebot** für naturwissenschaftliche Fachkollegien zu entwickeln – ähnlich den Bausteinen der SINUS-Qualitätsinitiative – mit dem Fokus auf Haupt- und Realschulen sowie die entsprechenden Bereiche der Gesamtschulen. Zwar sind Aufgaben mit gestuften Hilfen bereits seit längerer Zeit auch in Gymnasien erfolgreich eingesetzt worden (Freiman 2001), das Potential dieses Aufgabenformats eignet sich aber ganz besonders für die Arbeit mit weniger leistungsfähigen Schülergruppen. Die Teilnahme an entsprechenden Work-shops soll zuerst den an SINUS-Transfer teilnehmenden Schulen angeboten werden, steht aber grundsätzlich allen Schulen des Landes Hessen offen.

Im Folgenden wird ein Aufgabenbeispiel aus den laufenden Erprobungen (Stand November 2005) wiedergegeben (Chemie bzw. Physik Klasse 8-9) sowie ein Beispiel aus dem Biologieunterricht (Klasse 5-8). Weitere Beispiel-Aufgaben sind in einem früheren Aufsatz (Forschergruppe 2004) skizziert.

Beispiel A

„Die 5-Cent-Aufgabe“ (Forschergruppe Kassel 2006)

Die Aufgabenstellung:

Besteht die 5-Cent-Münze tatsächlich aus Kupfer?

Die 5-Cent-Münze sieht aus, als ob sie aus Kupfer gefertigt ist. Aber ist sie das wirklich?

Die Münze wird von einem Magneten angezogen. Dies spricht dagegen, dass sie aus reinem Kupfer ist.

Wie kann man – ohne die Münze zu beschädigen – auf eine zweite Weise überprüfen, ob die Münze aus reinem Kupfer ist?

Überlegt euch einen Versuch, mit dessen Hilfe ihr diese Frage klären könnt.

Die Schüler erhalten zusätzlich ein *Blatt mit Informationen* zu verschiedenen Eigenschaften diverser Metalle, versehen mit einer ersten Aufforderung, ihr Vorwissen zu aktivieren:

Informationsblatt			
Erinnert euch:			
Metalle unterscheiden sich in ihren Eigenschaften. Sie haben z.B. verschiedene Schmelzpunkte, Dichten und Leitfähigkeiten.			
Metall	Spezifischer elektrischer Widerstand ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	Dichte in g/cm^3	Schmelzpunkt in $^\circ\text{C}$
Aluminium	0,027	2,7	659
Kupfer	0,017	8,9	1083
Silber	0,016	10,5	960
Eisen	0,100	7,9	1537

Den Zweiergruppen werden die Hilfen auf gefalteten und mit einer Büroklammer verschlossenen Blättern zur

Verfügung gestellt; sie können sie immer dann in Anspruch nehmen, wenn sie mit ihren eigenen Überlegungen nicht mehr weiter kommen.

Als lernstrategische Hilfe erhalten die Schüler in der Beispielaufgabe zuerst eine Aufforderung zur Paraphrasierung:

- Erklärt euch gegenseitig die Aufgabe noch mal in euren eigenen Worten.
- Klärt dabei miteinander, wie ihr die Aufgabe verstanden habt und was euch noch nicht klar ist.

Auf der Rückseite steht dann, ebenfalls als Hilfe, eine mögliche Neuformulierung der Aufgabe.

Wir sollen uns einen Versuch ausdenken, mit dem wir feststellen können, ob die 5-Cent-Münze tatsächlich aus reinem Kupfer besteht, ohne die Münze dabei zu zerstören.

Die weiteren Hilfen, jeweils mit Frage und zur Kontrolle heranzuziehender Antwort, sehen für das 5-Cent-Problem wie folgt aus:

Hilfe 1

Erklärt euch gegenseitig die Aufgabe noch mal in euren eigenen Worten.

Klärt dabei miteinander, wie ihr die Aufgabe verstanden habt und was euch noch nicht klar ist.

Antwort zu Hilfe 1

Zum Beispiel:

„Wir sollen uns einen Versuch ausdenken, mit dem wir feststellen können, ob die 5-Cent-Münze tatsächlich aus reinem Kupfer besteht, ohne die Münze dabei zu zerstören.“

Hilfe 2

Schaut euch den Aufgabentext noch einmal an.

Wo im Text sind besonders wichtige Informationen?

Und wie könnt ihr sie nutzen?

Antwort zu Hilfe 2

Wir können die Informationen aus der Tabelle nutzen. In der Tabelle sind Eigenschaften von reinem Kupfer beschrieben. Wir müssen prüfen, ob die 5-Cent-Münze diese Eigenschaften besitzt oder nicht.

Hilfe 3

Wie könnt ihr die in der Tabelle genannten Eigenschaften für die 5-Cent-Münze bestimmen? Genauer:

- Wie bestimmt man den Schmelzpunkt?
- Wie bestimmt man die Dichte?
- Wie bestimmt man den spezifischen elektrischen Widerstand?

Bei welchem dieser Verfahren bleibt die Münze unverändert?

Antwort zu Hilfe 3

Um den Schmelzpunkt der Münze zu bestimmen, müsst ihr eine Münze schmelzen und dabei die Temperatur messen. Dabei geht die Münze aber kaputt.

Um einen elektrischen Widerstand zu bestimmen, braucht ihr einen Stromkreis und Messgeräte für Stromstärke und Spannung. Der so gemessene Widerstand hängt aber nicht nur vom Material der Münze ab sondern auch von ihrer Form. Deswegen hilft euch der Widerstand der Münze nicht weiter.

Die Dichte kann aus der Masse und dem Volumen der Münze bestimmt werden. Masse und Volumen sind recht einfach zu ermitteln.

Hilfe 4

Könnt ihr euch noch an eine Formel erinnern, mit der ihr aus Masse und Volumen eines Gegenstandes seine Dichte berechnen könnt?

Antwort zu Hilfe 4

Die Formel für die Dichte lautet:

$$Dichte = \frac{Masse}{Volumen} \left[\frac{g}{cm^3} \right]$$

Um die Dichte zu bestimmen, müsst Ihr die Masse (in Gramm) durch das Volumen (in cm^3) teilen.

Hilfe 5

Wie könnt ihr die Masse der Münze bestimmen?

Wie könnt ihr das Volumen der Münze bestimmen?

Antwort zu Hilfe 5

Die Masse der Münze gibt an, wie viel die Münze wiegt. Das könnt ihr bestimmen, indem ihr die Münze auf eine Waage legt.

Man kann das Volumen über eine mathematische Formel berechnen. Ihr könnt das Volumen aber auch direkt messen. Dazu braucht ihr einen mit Wasser gefüllten Messzylinder. Wenn ihr die Münze im Wasser versenkt, steigt der Wasserspiegel an. Der Unterschied im Wasserspiegel entspricht genau dem Volumen der Münze.

Hilfe 6

Nun habt ihr alles zusammen, um feststellen zu können, ob die 5-Cent-Münze tatsächlich aus reinem Kupfer besteht.

Schreibt bitte die einzelnen Schritte noch mal nacheinander auf.

Musterlösung

1. Wir wiegen die 5-Cent-Münze ab und notieren die Masse (das Gewicht).
2. Wir füllen einen geeigneten Messzylinder etwa zur Hälfte mit Wasser und schreiben den Wasserstand auf.
3. Wir geben eine Münze in den Messzylinder und notieren den neuen Wasserstand. Das Volumen berechnen wir, indem wir den alten Wasserstand vom neuen abziehen.
4. Wir berechnen aus den Werten für Masse und Volumen die Dichte, indem wir die Masse durch das Volumen teilen.
5. Wir vergleichen den Wert für die Dichte der 5-Cent-Münze mit dem Wert, der in der Tabelle für reines Kupfer angegeben ist.

Entgegen dem Anschein, den die Hilfen erwecken, gibt es eine weitere Lösungsvariante: Man kann das Volumen der Münze mit dem Lineal bestimmen (Dicke und Durchmesser) und dann mittels Zylinderformel den Rauminhalt berechnen, was einige Schüler auch tun.

Die Bearbeitungszeit beträgt je nach Leistungsstärke der Lerngruppen 20 bis 30 Minuten.

Das 5-Cent-Stück besteht übrigens aus einem Stahlkern mit einer Kupferauflage. Seine Maße sind: Durchmesser: 21,25 mm, Dicke: 1,67 mm und es wiegt 3,92 g. Die Schüler finden im anschließend durchgeführten Experiment eine Dichte von ca. $7,9 \text{ g/cm}^3$, was gut mit diesen Daten übereinstimmt.

Beispiel B: „Der Tanz der Honigbiene“ (verändert nach: Freiman 2003)

Den Schülern werden zunächst einige Ergebnisse der Bienenforschung mitgeteilt:

- Kurz nach Rückkehr einer so genannten Kundschafterbiene von einer bestimmten Futterquelle, beispielsweise von einem blühenden Kirschbaum, fliegen andere Bienen offensichtlich gezielt diese Futterquelle an.
- Das Ausschwärmen der so genannten Sammelbienen findet zudem in Abhängigkeit von Entfernung, Ergiebigkeit der Futterquelle und Versorgungszustand des Bienenvolkes statt.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich die Frage, welche Informationen in welcher Form die Kundschafterbienen den Sammlern übermitteln. Es kann vermutet werden, dass es sich um Informationen über Ort, Art und Ergiebigkeit sowie Entfernung der Futterquelle von Bienenstock handelt. In einem Filmausschnitt können die Schülerinnen und Schüler sehen, dass die zurückkehrenden Kundschafterbienen auf den senkrecht stehenden Waben im Inneren des Stockes charakteristische Bewegungen ausführen, die als Tanz bezeichnet werden. Es besteht die begründete Vermutung, dass dieser Tanz der Übermittlung der genannten Informationen dient. Zwischen der Position einer Futterquelle in der Umgebung des Bienenstocks und dem Bewegungsverhalten der von dieser Futterquelle zurückkehrenden Kundschafterbienen muss demnach ein Zusammenhang bestehen.

Die Schüler werden zusätzlich über das experimentelle Vorgehen informiert, mit dessen Hilfe diese Vermutung überprüft und womöglich Weiteres über den Zusammenhang in Erfahrung gebracht werden kann: Man stellt eine künstliche Futterquelle in verschiedenen Abständen zum Stock auf und beobachtet anschließend den Tanz der Kundschafterbiene im Stock.

Die Aufgabe für die Schüler besteht darin, anhand zur Verfügung gestellter experimenteller Beobachtungen den vermuteten Zusammenhang zu finden und zu beschreiben. Dazu werden Hilfen in Text- oder Bildform angeboten.

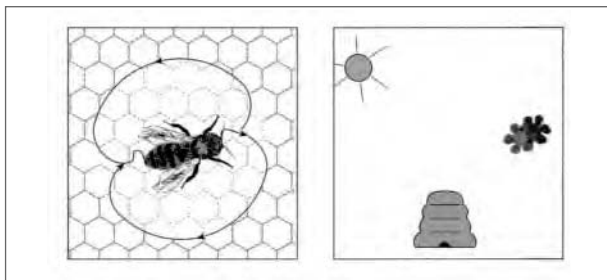
Als erstes erhalten die Schüler ein Kärtchen mit der Aufgabenstellung, ein Arbeitsblatt mit den exemplarischen Ergebnisse aus vier experimentellen Situationen in der Umgebung des Bienenstocks sowie einen erläuternden Text.

Text	
<p>Die von einer Futterquelle zurückkommende Kundschafterbiene bewegen sich auf der Wabe in charakteristischer Weise.</p> <p>Sie läuft ein kurzes Stück gerade, dabei bewegt sie den Hinterleib schnell hin und her („Schwänzeln“).</p> <p>Dann bewegt sie sich ohne zu „schwänzeln“ in ungefährer Halbkreisform z.B. links. Am Ende der gedachten Halbkreises, schwänzelt sie wieder die gleiche gerade Strecke in gleicher Ausrichtung. Danach beschreibt sie wieder einen ungefähren Halbkreis nach rechts. Am Ende der Halbkreisbewegung schwänzelt sie wieder die gleiche gerade Strecke in gleicher Ausrichtung. Danach beschreibt sie wieder einen ungefähren Halbkreis nach rechts, schwänzelt wieder usw. So dass eine charakteristische Tanzfigur entsteht. Dieses Verhalten wiederholt viele Male. Die anderen Bienen tanzen ihr mehrfach nach und fliegen dann gezielt zu der Futterquelle, von der die Kundschafterin kam.</p>	

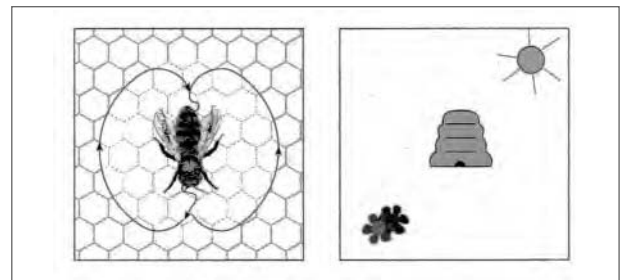
Die Schüler werden durch Hilfen in Aufgabenform (H 1 bis H 7) von einem Problemlöseschritt zum anderen geführt. Die Zwischenschritte werden durch Lösungen (L 2 bis L 7) abgesichert. Dies unterstützt vor allem leistungsschwächere Schüler. Die Hilfekärtchen sind entsprechend der Reihenfolge der vermuteten Problemlöseschritte konzipiert:

- Die Sonne als Bezugspunkt im Außenbereich wahrnehmen (H 1),
- die gedankliche Konstruktion eines Winkels zwischen Stock – Futterquelle – Sonne (H 2 – H 3),
- die Idee, dass im Inneren des Stocks die Schwerkraft als Bezugspunkt dienen könnte (H 4 und H 5),
- die gedankliche Konstruktion eines Winkels Schwerkraftsenkrechte und Schwänzelstrecke (H 6),
- die möglichen Schlussfolgerungen verbalisieren (H 7).

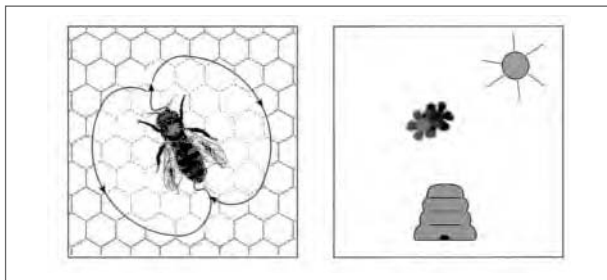
Experiment 1



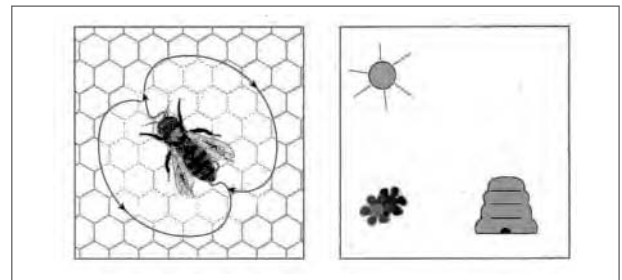
Experiment 3



Experiment 2



Experiment 4



H 1

Bei allen Bildern ist die Sonne eingezeichnet. Welchen Grund könnte das haben ?

Wer knackt den Code?

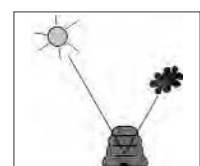
Versuche einen Zusammenhang zwischen der Position der künstlichen Futterquellen in der Stockumgebung und dem Verhalten der von dieser Futterquelle zurückgekehrten Kundschafterbienen bei den verschiedenen Experimenten herzustellen. Formuliere den von dir gefundenen Zusammenhang!

H 2

Die Sonne kann zur Orientierung, als Bezugspunkt benutzt werden. Verbinde den Stock durch je eine Gerade mit der Sonne und der Futterquelle.

L 2

Vergleiche mit der Situation auf der Wabe !

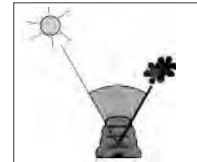


H 3

Markiere den Winkel zwischen den Geraden Stock – Futterquelle und Stock – Sonne!

L 3

Vergleiche mit der Situation auf der Wabe!

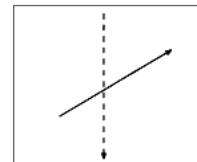


H 4

Woran könnten sich die Bienen beim Tanz auf der Wabe im dunklen Stock orientieren?

L 5

Vergleiche mit der Umgebung des Stockes!

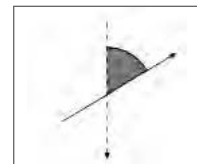


H 5

Im Stock können sich die Bienen an der Schwerkraft orientieren. Zeichne die Richtung der Schwerkraft auf den Waben gestrichelt ein!

L 6

Vergleiche mit der Situation in der Umgebung des Stockes!



H 6

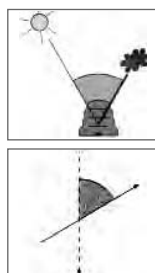
Markiere den Winkel zwischen Schwerkraftsenkrechter und Schwänzelstrecke.

L 7

Formulierungshilfe für die Lösung
Winkel/Schwerkraftsenkrechte/Schwänzelstrecke/Sonne/Stock/Futterquelle/entsprechen

H 7

Vergleiche den Winkel Schwerkraftsenkrechte – Schwänzelstrecke mit dem Winkel Sonne – Stock – Futterquelle



Lösung:

Der Winkel Schwerkraftsenkrechte – Schwänzelstrecke entspricht dem Winkel Sonne – Stock – Futterquelle.

Literatur

Aufschnaiter, C. v. & Aufschnaiter, S. v. (2001): Eine neue Aufgabenkultur für den Physikunterricht. MNU 54, Heft 7 S. 409-416.

Forschergruppe Kassel (2004): Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. Lernchancen Heft 42, S. 38- 43.

Forschergruppe Kassel (2006): Heureka! Komplexe Aufgaben und gestufte Hilfen, damit alle etwas verstehen. Friedrich Jahresheft „Fördern und Diagnostizieren“ (Veröffentlichung in Vorbereitung).

Freiman, T., Schlieker, V., Habelitz-Tkotch, W. & Veith, B. (2001): Abgestufte Lernhilfen. Unterricht Chemie 12, Heft 64/65, S. 160-167.

Freiman, T. (2003): Bientanz. Abgestufte Lernhilfen unterstützen die Individualisierung. Friedrich Jahresheft „Aufgaben“. S. 96-99.

Goldmann, J. & Leisen, J. (2003): Abgestufte Lernhilfen. Unterricht Physik 14, Heft 75/76, S. 124-125.

Hammer, C. (2002): Eigenständiges Lösen von Aufgaben. Unterricht Physik 13, Nr 67, S. 16-17.

Herbst, R. (1999): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Erfahrungen mit den Modulen 1 und 2 im Gymnasium. Unterricht Physik 10, Heft 54, S. 266-267.

Leisen, J. (1999): Methodenhandbuch deutschsprachiger Fachunterricht DFU. Varus: Bonn.

Leisen, J. (2001): Qualitätssteigerung des Physikunterrichts durch Weiterentwicklung der Aufgabenkultur. MNU 54, Heft 7, S. 401-405.

Weinert, F. (1996): Psychologie des Lernens und der Instruktion. Hogrefe: Göttingen.

Vygotski, L. S. (1978): Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.

PISA macht Schule – Konzeptionen und Praxisbeispiele zur neuen Aufgabenkultur

Herausgegeben von Ulrich Steffens und Rudolf Messner

Redaktion: Gisela Lehmann, Jürgen Markstahler,
Dieter Höfer, Ansgar Schwarz,
Hans-Jürgen Fuchs und Ulrich Steffens

AutorInnen: Werner Blum, Marcus Hammann,
Dieter Höfer, Michael Katzenbach,
Dominik Leiß, Rudolf Messner,
Lutz Stäudel und Bernd Wiegand

Best.-Nr. 01040

PISA macht Schule – Konzeptionen und Praxisbeispiele zur neuen Aufgabenkultur

/ Hrsg. Ulrich Steffens ... AutorInnen: Werner Blum ... – 1. Aufl. – Institut für Qualitätsentwicklung, Wiesbaden, 2006. – (Folgerungen aus PISA für Schule und Unterricht; 3)

ISBN 3-88327-533-6

Herausgeber: Institut für Qualitätsentwicklung

Walter-Hallstein-Str. 3

65197 Wiesbaden

(Kontakt: Ulrich Steffens, E-Mail: u.steffens@iq.hessen.de)

Diese Veröffentlichungsreihe wird im Auftrag des Hessischen Kultusministers herausgegeben (www.kultusministerium.hessen.de); sie stellt jedoch keine verbindliche, amtliche Verlautbarung des Hessischen Kultusministers dar; sie will vielmehr die Diskussion um die behandelten Themen anregen und zur Weiterentwicklung des hessischen Schulwesens beitragen. Dem Lande Hessen (Institut für Qualitätsentwicklung) sind an den abgedruckten Beiträgen alle Rechte an der Veröffentlichung, Verbreitung, Übersetzung und auch die Einspeicherung und Ausgabe in Datenbanken vorbehalten.

Schriftliche Bestellungen sind zu richten an:

Amt für Lehrerbildung – Publikationen

Rothwestener Straße 2-14

34233 Fuldata

Fax: 0561-8101-139

E-Mail: publikationen@afl.hessen.de

ISBN 3-88327-533-6

1. Auflage 2006

Satz/Layout: Sibylle Tietze, Mediengestaltung, Frankfurt/M.
E-Mail: s.tietze@medien-frankfurt.com

Redaktion: Gisela Lehmann, Jürgen Markstahler, Dieter Höfer, Ansgar Schwarz,
Hans-Jürgen Fuchs und Ulrich Steffens

Umschlaggestaltung: Muhr, Design und Werbung, Wiesbaden
www.muhrdw.de

Druck- und Bindearbeiten: Druckerei des Amtes für Lehrerbildung, Fuldata

Geleitwort der Hessischen Kultusministerin	7		
Vorwort der Herausgeber	9		
1 Konsequenzen der PISA-Ergebnisse für die Qualitätsentwicklung an Schulen – Überlegungen aus der Perspektive der Schulentwicklung <i>von Rudolf Messner</i>			
1 Einführung	11		
2 Über die besondere Herausforderung, aus den PISA-Ergebnissen qualitätsverbessernde Maßnahmen zu entwickeln	12		
3 Konzepte der Schulentwicklung	15		
4 Dimensionen der Schulqualität als Rahmen der PISA-Rezeption	17		
2 Lesekompetenz in der PISA-Studie – Konzeption, Beispielaufgaben, Folgerungen <i>von Dieter Höfer</i>			
1 Lesebegriff der PISA-Studie	21		
2 Beispielaufgaben	26		
3 Lesekompetenz: Ansatzpunkte zur Problemlösung	51		
4 Serviceteil	56		
3 PISA – SINUS – Bildungsstandards <i>von Dominik Leiß und Bernd Wiegand</i> mit einer Einführung <i>von Werner Blum</i>			
1 Einführung	63		
2 Die Kompetenzbereiche	63		
3 Die Beispielaufgaben	69		
4 Serviceteil	125		
		4 PISA und Scientific Literacy <i>von Marcus Hammann</i>	
		1 Einführung	127
		2 PISA und Scientific Literacy	130
		3 Wissen und Scientific Literacy	132
		4 Kompetenzen und Scientific Literacy	134
		5 Affektive Dimensionen und Scientific Literacy	138
		6 Zusammenfassung	139
		7 Beispielaufgaben	140
		8 Aufgabentypen der PISA-Studie	158
		9 Aufgabenentwicklung in Kontexten	167
		10 Serviceteil	179
		5 Von der Testaufgabe zur Lernaufgabe <i>von Lutz Stüdel</i>	
		1 Einführung	181
		2 Wie sich PISA-Aufgaben unmittelbar für den Unterricht nutzen lassen	183
		3 Lernaufgaben für den naturwissenschaftlichen Unterricht	199
		4 Aufgaben zur Akzentuierung naturwissenschaftlichen Arbeitens	208
		5 Spezielle Formate für Lernaufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht	214
		6 Aufgaben als Element der Unterrichtsentwicklung und der Individualdiagnose	222
		7 Serviceteil	225
		Zu den Mitwirkenden an dieser Veröffentlichung	241

Geleitwort der Hessischen Kultusministerin	7		
Vorwort der Herausgeber	9		
1 Konsequenzen der PISA-Ergebnisse für die Qualitätsentwicklung an Schulen – Überlegungen aus der Perspektive der Schulentwicklung <i>von Rudolf Messner</i>			
1 Einführung	11		
2 Über die besondere Herausforderung, aus den PISA-Ergebnissen qualitätsverbessernde Maßnahmen zu entwickeln	12		
3 Konzepte der Schulentwicklung	15		
4 Dimensionen der Schulqualität als Rahmen der PISA-Rezeption	17		
2 Lesekompetenz in der PISA-Studie – Konzeption, Beispielaufgaben, Folgerungen <i>von Dieter Höfer</i>			
1 Lesebegriff der PISA-Studie	21		
1.1 Konstruktivistische Lesetheorie	21		
1.2 Lesekonzeption und Textbegriff der PISA-Studie	22		
1.3 Dimensionen der Lesekompetenz und Kompetenzstufen	23		
2 Beispielaufgaben	26		
2.1 Auswahl der Beispielaufgaben	26		
2.2 Kommentierte Aufgaben zur Lesekompetenz	28		
2.2.1 „Grippe“	28		
2.2.2 „Amanda“	32		
2.2.3 „Erwerbstätige Bevölkerung“	37		
2.2.4 „Tschadsee“	42		
2.2.5 „Geschenk“	45		
3 Lesekompetenz: Ansatzpunkte zur Problemlösung	51		
3.1 Schulen auf dem Weg zur Eigenverantwortung	51		
3.2 Lesen nach PISA: eine Herausforderung	52		
3.3 Interventionsnahe Ansatzpunkte	53		
3.4 Zusammenfassung und Ausblick	55		
4 Serviceteil	56		
4.1 IQ-Publikation: Neue Zugänge zum Lesen schaffen – Lesekompetenz und Leseförderung nach PISA, 2005	56		
4.2 Neue Perspektiven für die so genannte PISA-Risikogruppe im Lesen: Amt für Lehrerbildung startet Qualifizierungskurs für Multiplikatoren in der Lese- und Sprachförderung	60		
4.3 Literaturverzeichnis	62		
4.4 Fundstellen im Internet	62		
4.5 Kontaktadressen	62		
3 PISA – SINUS – Bildungsstandards <i>von Dominik Leiß und Bernd Wiegand mit einer Einführung von Werner Blum</i>			
1 Einführung	63		
2 Die Kompetenzbereiche	63		
2.1 Mathematisch argumentieren	63		
2.2 Problemlösen	65		
2.3 Modellieren	65		
2.4 Darstellen	66		
2.5 Symbolisch, technisch, formal arbeiten	67		
2.6 Kommunizieren	68		
3 Die Beispielaufgaben	69		
3.1 Aufgabenübersicht	69		
3.2 Kommentierte Beispielaufgaben	71		
3.2.1 „Autokauf“	71		
3.2.2 „Prima Zahl“	73		
3.2.3 „Kein Schwein ruft mich an ...“	74		
3.2.4 „Super teuer“	75		
3.2.5 „Mehrwertsteuer“	77		
3.2.6 „Preisnachlass“	78		
3.2.7 „Wer den Cent nicht ehrt ...“	79		
3.2.8 „7 hoch 123“	81		
3.2.9 „Sandkasten“	82		
3.2.10 „Robbie ist der Größte“	84		
3.2.11 „Regalbrett“	86		
3.2.12 „Der Herr der Ringe“	87		
3.2.13 „Ein Bett für Singles“	89		
3.2.14 „Zehn Quadrate“	90		
3.2.15 „Solartechnik“	92		
3.2.16 „Quadrate in der Kunst“	94		
3.2.17 „Würfel“	95		
3.2.18 „Verfahrenre Situation“	97		
3.2.19 „Auf den Kopf gestellt“	99		
3.2.20 „Schaffe, schaffe, Häusle baue“	101		
3.2.21 „Rolling Bones“	102		
3.2.22 „Isländische Kronen“	106		
3.2.23 „Born in the USA“	107		
3.2.24 „Parkplatz“	108		
3.2.25 „Staubsauger“	109		
3.2.26 „Villa oder WG“	111		
3.2.27 „Schwereelosigkeit“	113		
3.2.28 „Handytarife“	114		
3.2.29 „Parteiisches Plakat“	116		
3.2.30 „Unwahrscheinlich wahrscheinlich“	118		
3.2.31 „Disco-Unfälle“	120		
3.2.32 „Wasserverbrauch“	121		
3.2.33 „Öffentliche Verschuldung“	123		
4 Serviceteil	125		
4.1 Publikationen, Internetadressen und Projekte	125		
4.2 Sinus in Hessen – Weiterentwicklung der Unterrichtsqualität im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht	125		

Inhaltsverzeichnis

4	PISA und Scientific Literacy	
	<i>von Marcus Hammann</i>	
1	Einführung	127
2	PISA und Scientific Literacy	130
2.1	Scientific Literacy wozu?	131
2.2	Welche Dimensionen besitzt Scientific Literacy?	131
2.3	Welche Unterschiede bestehen zwischen „Science“ und „Scientific Literacy“?	132
3	Wissen und Scientific Literacy	132
3.1	Was versteht PISA unter „Naturwissenschaftlichem Wissen“?	132
3.2	Was versteht PISA unter „Wissen über Naturwissenschaften“?	133
4	Kompetenzen und Scientific Literacy	134
4.1	Erkennen naturwissenschaftlicher Fragen und Verstehen naturwissenschaftlicher Untersuchungen	134
4.2	Erklären naturwissenschaftlicher Phänomene	135
4.3	Umgehen mit naturwissenschaftlicher Evidenz	136
4.4	Wie werden die Kompetenzen in PISA begründet?	136
4.5	In welchen Kontexten werden Kompetenzen überprüft?	136
5	Affektive Dimensionen und Scientific Literacy	138
6	Zusammenfassung	139
7	Beispielaufgaben	140
7.1	„Sonnenturm“	140
7.2	„Den Mörder ermitteln“	145
7.3	„Fliegenspray“	149
7.4	„Schneeleoparden“	153
8	Aufgabentypen der PISA-Studie	158
8.1	Erkennen naturwissenschaftlicher Fragen und Verstehen naturwissenschaftlicher Untersuchungen	159
8.2	Erklären naturwissenschaftlicher Phänomene	162
8.3	Umgehen mit naturwissenschaftlicher Evidenz	164
9	Aufgabenentwicklung in Kontexten	167
9.1	Das Stimulus-Material	167
9.2	Die Aufgabeneinheit	170
9.2.1	Beziehungen zwischen den Aufgaben und dem Stimulus-Material	170
9.2.2	Beziehungen zwischen den Aufgaben einer Aufgabeneinheit	171
9.2.3	Stellung der Aufgabe in der Einheit	173
9.3	Die Aufgabe	174
9.3.1	Das Antwortformat	174
9.3.2	Vorgehensweise und Entwicklung der Testaufgaben	177
10	Serviceteil	179
	Hintergründe und weiterführende Literatur	179
5	Von der Testaufgabe zur Lernaufgabe	
	<i>von Lutz Stäudel</i>	
1	Einführung	181
2	Wie sich PISA-Aufgaben unmittelbar für den Unterricht nutzen lassen	183
2.1	Gemeinsam an PISA-Aufgaben lernen	184
2.2	Mit PISA-Aufgaben Unterrichtsziele verdeutlichen	186
2.3	PISA-Aufgaben und Lernstrategiewissen	187
2.4	Aufgabengestützte Entwicklung domänenspezifischer Lesefähigkeit	190
3	Lernaufgaben für den naturwissenschaftlichen Unterricht	199
3.1	Modellierungsaufgaben	200
3.2	Versuchsanordnungen entwickeln	203
3.3	Aufgaben gezielt verändern	206
4	Aufgaben zur Akzentuierung naturwissenschaftlichen Arbeitens	208
4.1	Aufgabenbeispiele zum „Naturwissenschaftlichen Arbeiten“	209
4.2	Naturwissenschaftliches Arbeiten – Entwicklungsbedarf feststellen und kompensieren	212
5	Spezielle Formate für Lernaufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht	214
5.1	Aufgaben mit gestuften Hilfen	215
5.2	Aufgabenformate zur Förderung der Kooperation und Kommunikation	219
6	Aufgaben als Element der Unterrichtsentwicklung und der Individualdiagnose	222
7	Serviceteil	225
7.1	Literaturverzeichnis	225
7.2	SINUS in Hessen – Weiterentwicklung der Unterrichtsqualität im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht	226
7.3	Erfahrungsbericht – SINUS in Hessen von Lutz Stäudel und Michael Katzenbach	227
7.4	Forscherguppe Universität Kassel: Lernen durch Aufgaben mit gestuften Lernhilfen	233
	Zu den Mitwirkenden an dieser Veröffentlichung	241