

Lutz Stäudel und Rita Wodzinski

Komplexität erhalten und gezielt unterstützen: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Situation ist bekannt: Eine Lehrerin, ein Lehrer steht vor der Klasse, am Ende der Stunde soll ein bestimmter Sachverhalt erarbeitet sein, er oder sie führt ein flüssiges Wechselgespräch mit den Lernenden und tatsächlich ist das Ziel nach 45 Minuten erreicht. Die Wirklichkeit sieht – wie bekannt – anders aus: Fragend-entwickelnder Unterricht dieser Art wirkt meist eher mühsam als flüssig, auch ist es kein Gespräch mit der ganzen Klasse, sondern allenfalls mit den fünf leistungsstärksten Schülern – Schülerinnen halten sich in den Naturwissenschaften ohnehin eher bedeckt –, und auch das Ziel wird in der Regel nur in der Hinsicht erreicht, dass der von der Lehrkraft entwickelte Spannungsbogen wieder den Boden erreicht, etwa in einem Merksatz oder im Stellen einer Hausaufgabe. Die Resultate solchen Vorgehens werden uns mit den Ergebnissen von Schulleistungsstudien regelmäßig präsentiert: Besonders in Hauptschulen, teilweise aber auch in Gesamt- und Realschulen, hat sich eine nahezu stabile Gruppe von Schülerinnen und Schülern herausgebildet, die, bezogen auf die Kompetenzstufen von PISA, noch unterhalb der ersten Stufe einzuordnen sind. Fast ein Viertel unserer Schülerinnen und Schüler gelten nach diesem Maßstab als naturwissenschaftliche Analphabeten (Prenzel u.a. 2006).

Seit dem Start der SINUS-Projekte (1998) – präziser: mit der sog. Baumert-Expertise, dem Gutachten zur Vorbereitung des Programms ‚Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts‘ (BLK 1997) – waren Ziele und Mittel zur Veränderung der Situation klar, zumindest in programmatischer Hinsicht: Kognitive Aktivierung möglichst aller Schülerinnen und Schüler durch anspruchsvolle Aufgabenstellungen. Den naturwissenschaftlichen Fächern wurde im Zusammenhang mit den elf zur Bearbeitung anstehenden Modulen der Expertise außerdem ans Herz gelegt,

das naturwissenschaftliche Arbeiten deutlich zu akzentuieren, denn wer etwa nur nach Vorschrift Experimente durchführt, der „schult (...) höchstens manuelle Geschicklichkeit im Umgang mit diversen, sehr speziellen Apparaten und die Fähigkeit, Arbeitsanweisungen sequentiell abzuarbeiten“ (BLK 1997, S. 73). Die geforderte Akzentuierung im Sinne naturwissenschaftlichen Arbeitens bedeutet, dass die Lehrkraft das Vorgehen im Unterricht immer wieder kommentieren und reflektieren muss, damit die Lernenden dessen Bedeutung erkennen können: „Ihr habt eben eine Recherche durchgeführt/ eine Vermutung aufgestellt/eine Messung vorgenommen, ähnlich wie das ein Naturwissenschaftler macht.“ Unterstützt werden kann dies durch entsprechend gestaltete Aufgaben, die entlang eines gedachten naturwissenschaftlichen Bearbeitungsprozesses einzelne spezifische Aspekte aufgreifen, vom Ermitteln des bereits Bekannten über die Aufstellung von Hypothesen, die Entwicklung von geeigneten Experimenten zu deren Überprüfung und die Auswertung der Ergebnisse bis hin zur zielgruppenorientierten Präsentation. Nur so, das ist inzwischen unstrittig, kann naturwissenschaftliche Grundbildung entwickelt werden.

1. Ein Ansatz und seine Realisierungsschwierigkeiten

Der „Einführung der Erarbeitung des neuen Stoffs im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch“ (BLK 1997, S. 89) sollte also mit kognitiv herausfordernden Lern-Aufgaben begegnet werden.

„Um zu einer größeren methodischen Variabilität zu kommen, sollten (...) Aufgabentypen entwickelt und erprobt werden, die mehrere Vorgehensweisen und unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten zulassen oder geradezu anbieten. (...) Ziel ist es, Schülerinnen und Schüler auf unterschiedlichen Kompetenzniveaus anzuregen, ihnen zugängliche Lösungen zu finden, die dann im Unterricht vergleichend analysiert werden könnten“ (BLK 1997, S. 85). Während der Mathematikunterricht an eine lange Tradition der Unterrichtsgestaltung mit Aufgaben anknüpfen konnte – hier ging es hauptsächlich um eine Verlagerung der Akzente von der wiederholten Anwendung des gleichen Algorithmus auf leicht variierende Fragestellungen hin zu Aufgaben mit Modellierungscharakter (vgl. Büchter/Leuders 2005, S. 16), – stellte die Entwicklung entsprechender Aufgaben für die Naturwissenschaftsdidaktiken eine Herausforderung ganz neuer Art dar.

Die eigentlichen Probleme wurden aber erst in der Unterrichtspraxis erkennbar. Wie sollten Schülerinnen und Schüler mit gering entwickelter Leistungsfähigkeit mit solchen Aufgaben arbeiten? Würde die Konfrontation mit kognitiv anspruchsvollen Aufgaben nicht bloß Frustrationen provozieren und eine noch schnellere Abwendung von naturwissenschaftlichen Themen bewirken? Einen ersten Ausweg bot die Adaption von Methodenwerkzeugen für die Konstruktion von Aufgaben (Leisen 1999). Damit konnten zwar in der Regel keine sehr komplexen Sachverhalte der Bearbeitung zugeführt werden, aber es eröffnete sich gewissermaßen ein Einstieg in die Nutzung von Aufgaben im Sinne von Lernaufgaben. Charakteristische Beispiele sind etwa der Kärtchentisch, bei dem Elemente eines Systems in eine sinnvolle Ordnung gebracht werden müssen (z.B. bei den Aggregatzuständen des Wassers), Reihungen bei der Bild- oder Filmleiste, die zur Rekonstruktion von logischen Abläufen benutzt werden können (etwa Kräfte, die eine bestimmte Wirkung hervorrufen), oder eines der vielen Instrumente zur Unterstützung der bereichsspezifischen Lesefähigkeit. Dazu gehören beispielsweise das Wortgeländer (zur Beschreibung fachlicher Fragestellungen) oder die ‚Stille Post‘ mit dem Ziel, die Übersetzung zwischen unterschiedlichen fachtypischen Darstellungsformen (Text, Tabelle, Graph, Formel, Skizze) zu unterstützen. Die insbesondere von Leisen (1999) sowie Freiman und Schlieker (2001) propagierten Methodenwerkzeuge sind inzwischen fester Bestandteil der Methodenrepertoires von naturwissenschaftlichem Unterricht, nicht nur bei leistungsschwächeren Lerngruppen.

2. Potenziale werden sichtbar

Zwar entsprachen diese Aufgaben noch nicht den hoch gesteckten Erwartungen, jedoch machten sie bereits deutlich, welches Potenzial der Nutzung von Aufgaben auch in den naturwissenschaftlichen Fächern innewohnen könnte. Die weitere Entwicklung stand ganz unter dem Eindruck von PISA und den dort verwendeten Aufgabentypen. Wie Hammann (2006) detailliert analysiert hat, entfalten die PISA-Units zunächst einen Kontext, vorzugsweise mit Bezug zum Alltag der Schülerinnen und Schüler. Von dieser Szene oder Geschichte aus werden dann Fragen entwickelt, die in ganz unterschiedliche Richtungen zielen, also auch unterschiedliche Kompetenzen ansprechen können. Es war jedoch bald klar, dass für Lernaufgaben dieses Testaufgaben-Design nur bedingt passt. Im Kern sollte es bei Lernaufgaben immer nur um

eine zentrale Fragestellung gehen; diese allerdings sollte durchaus eine gewisse Komplexität aufweisen.

Wiederum aus den Veröffentlichungen von Leisen (1999) war ein Format zur Unterstützung der Aufgabenbearbeitung bekannt, das im Weiteren adaptiert und weiterentwickelt wurde. Damit sollte es schließlich möglich sein, Aufgaben mit komplexer Fragestellung auch von weniger leistungsstarken Lerngruppen bearbeiten zu lassen. Ein erstes Beispiel soll den Zuschnitt von ‚Aufgaben mit gestuften Hilfen‘ zunächst grob skizzieren:

Bei der sog. 5-Cent-Münzen-Aufgabe (vgl. Forschergruppe Kassel 2004) werden die Schülerinnen und Schüler damit konfrontiert, dass ein scheinbar aus Kupfer bestehendes Geldstück von einem Magneten angezogen wird, obwohl Kupfer als nicht magnetisch gilt. Die von den Schülerinnen und Schülern zu lösende Aufgabe besteht darin, ein zerstörungsfreies Verfahren vorzuschlagen, mit dem weitere Aufklärung möglich ist. Die Herausforderung dieses Problems besteht darin, dass zunächst eine geeignete – und mit schulischen Mitteln prüfbare – Stoffeigenschaft gefunden werden muss, die einen Vergleich mit den Daten von Kupfer zulässt. Anschließend geht es darum, ein entsprechendes Verfahren auszuarbeiten und gedanklich durchzuspielen. Wenn man nur auf die Lösung achtet, erscheint die Aufgabe einfach: Bei der geeigneten Eigenschaft handelt es sich um die Dichte, jene kann (als indirekte, nicht unmittelbar messbare Größe) durch Bestimmung von Masse und Volumen und anschließende Quotientenbildung ermittelt werden. Das Ergebnis bestätigt die Vermutung, dass die 5-Cent-Münze tatsächlich aus einem Eisenkern mit einem Mantel aus einer Kupferlegierung besteht.

Das Beispiel zeigt unmittelbar mögliche Lernpotenziale: Eingebunden in einen geeigneten Unterrichtsverlauf stellt die Aufgabe zunächst eine Anwendung auf eine neue, realitätsnahe Fragestellung dar. Durch Bezug auf die andere Situation kann das zuvor erarbeitete Wissen gefestigt und auch – tendenziell – mobilisiert werden. Die Bearbeitung erfordert zudem die Verknüpfung verschiedenster Wissensselemente, also etwa, dass Stoffe eindeutig durch ein Set von charakteristischen Eigenschaften beschrieben werden können, dass die Dichte von Stoffen eine dieser Eigenschaften ist, weiter, wie man die Dichte eines Gegenstandes bestimmen kann (nämlich durch den Quotienten aus Masse und Volumen), wie sich das Volumen eines unregelmäßig geformten Körpers bestimmen lässt (durch Eintauchen in Wasser und Betrachtung des verdrängten Wassermenge) usw. Hinzu kommen Fertigkeiten betreffend den Umgang mit Größen und Einheiten, hier Kubikzentimeter und Gramm bzw. die entsprechende Größe für die Dichte sowie die Fähigkeit, sich den praktischen Ablauf der Untersuchung vorstellen zu können.

Leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler der achten, neunten oder zehnten Klasse sind mit dieser Aufgabe völlig überfordert, solange man ihnen zur Bearbeitung keine Hilfen zur Verfügung stellt. Auf welche Inhalte sich die zu entwickelnden Hilfen beziehen müssen, wird aus der Sachanalyse deutlich; ihre praktische Gestaltung soll später an einem anderen Beispiel erläutert werden.

Präsentiert man die gleiche Aufgabe Schülerinnen und Schülern im Gymnasium, dann wird sie erwartungsgemäß eher als leicht empfunden und kann in der Regel ganz ohne Hilfen gelöst werden. Genau dies wurde schließlich zu einem der Konstruktionsprinzipien der Aufgaben mit gestuften Hilfen: Sie sollten einerseits grundsätzlich ohne Inanspruchnahme von Hilfen von Lehrerseite – auf Basis von gesichertem Vorwissen – gelöst werden können, auch wenn eine solch eigenständige Lösung nur von den Leistungsstarken zu erwarten ist. Andererseits sollten die Aufgaben unter Verwendung der bereitgestellten Hilfen auch von den Leistungsschwächeren gelöst werden können, die eine angemessene Einbindung in den Unterrichtsverlauf voraussetzt, bei der das nötige Vorwissen prinzipiell erarbeitet worden ist und mittels geeigneter Impulse aktiviert werden kann.

Für die Aufgabengestaltung kann zusammenfassend festgehalten werden, dass erstens ein insgesamt überschaubares Problem vorliegen muss; dessen Komplexität sollte sich aus der Notwendigkeit ergeben, dass zu seiner Bearbeitung die Verknüpfung unterschiedlicher Wissensselemente erforderlich ist. Zweitens muss deutlich werden, welche Art von Lösung erwartet wird; der Offenheit der Fragestellungen sind dadurch allerdings deutliche Grenzen gesetzt. Drittens schließlich muss die Aufgabe in Reichweite der Schülerinnen und Schüler sein, ganz im Sinne der von Vygotski formulierten „zone of proximal development“ (Vygotsky 1934), also fußend auf strukturiertem Vorwissen und lösbar unter einer gewissen Anstrengung.

3. Hilfen strukturiert entwickeln

Der Zuschnitt der Hilfen soll im Folgenden an einem weiteren Beispiel durchgeführt werden, und zwar an einer vergleichsweise anspruchsvollen Modellierungsaufgabe zur Unterscheidung von rohen und gekochten Eiern. Als Aufgaben-Kontext dient hier ein Gespräch unter Geschwistern:

„Wetten, dass ich ein rohes Ei von einem gekochten unterscheiden kann, ohne es aufzuschlagen?“ Till versetzt zwei Eier auf dem Küchentisch in Drehung und deutet stolz auf eines davon: „Das hier ist das rohe Ei!“

Chiara schüttelt den Kopf: „Du kannst mir viel erzählen! Es könnte doch ebenso das andere sein, oder?“

„Du hast doch gesehen, dass sich das eine viel länger weiter gedreht hat als das andere! Damit kann ich sie unterscheiden!“ sagt Till.

„Kann schon sein“, meint Chiara, „aber welches ist dann welches?“

„Das ist mein Geheimnis!“

Chiara ärgert sich über ihren Bruder. Sie denkt nach und hat bald eine tolle Idee. Aus ihrem Zimmer holt sie zwei Plastik-Eier, die einmal in Überraschungseiern stecken.

„Wetten ich finde in einer Stunde heraus, was was ist?“ –

Till ist jetzt auch nachdenklich und überlegt, wie wird seine Schwester das wohl anfangen wird.

Aufgabe

Chiara will mit den beiden Plastik-Eiern ein Experiment durchführen, mit dem sie klären kann, wie sich ein gekochtes und ein rohes Ei beim Drehen verhalten. Wie geht sie vermutlich vor?

Beschreibt das Experiment mit den Eiern. Wie könnt ihr vom Ausgang des Experiments wieder auf die beiden Eier von Till schließen?

Hier sind bereits die Hilfsmittel vorgegeben, die bei der Lösung des Problems zum Einsatz kommen sollen. Sie sind für eine 5. oder 6. Klasse durchaus angemessen, dürften in höheren Jahrgangsstufen jedoch entbehrlich sein. Der Hilfestellung liegt die Überlegung zugrunde, was wohl eine Expertin bzw. ein Experte tun würde, um diese Frage zu lösen: Um den Kern des Problems zu erkennen, wird zunächst vom konkret beschriebenen Experiment abgesehen zugunsten von Fragen wie ‚Gibt es Unterschiede zwischen einem gekochten und einem rohen Ei?‘ und ‚Worin bestehen diese Unterschiede?‘. Schließlich muss das unterschiedliche Verhalten beim Drehen auf eben solche Unterschiede zurückzuführen sein. Die entsprechende Antwort ist nahezu banal: Ein rohes Ei ist innen flüssig bzw. zähflüssig, ein gekochtes fest. Während in höheren Klassen von dieser Feststellung ausgehend diffe-

renziert argumentiert werden kann, etwa mit der inneren Reibung von Flüssigkeiten und mit der Aufzehrung des Drehimpulses, spielen solche Überlegungen auf dieser Stufe keine Rolle. Stattdessen geht es um die ganz praktische Modellierung dieser Verhältnisse in einem Analogexperiment. Entsprechend geht der nächste Impuls für die Schülerinnen und Schüler in diese Richtung: Wie können wir mit den zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln eben diesen Unterschied herstellen und anschließend ein Experiment durchführen? Der Gedanke an Wasser als flüssige Füllung eines Plastikeis liegt nahe, und kann bei Bedarf durch eine weitere Hilfe unterstützt werden. Für die feste Füllung des zweiten Eis kommt Verschiedenes in Frage, Knetmasse ebenso wie Wasser, das man im Gefrierfach erstarren lässt. Am Ende steht zum einen die Antizipation des Modellexperiments und dessen Beschreibung, zum anderen die geforderte Schlussfolgerung vom Modell zurück auf die Realobjekte. Damit sich das mit diesen Impulsen unterstützte systematische Vorgehen im Sinne naturwissenschaftlichen Arbeitens weiter festigt, muss die Lehrkraft im Anschluss an die Aufgabenbearbeitung und praktische Durchführung des Experiments mit den Lernenden das Vorgehen reflektieren und die Wesensmerkmale der einzelnen Schritte herausstellen. Auf diese Weise trägt auch das fast spielerische Umgehen mit Plastikeiern zum Aufbau naturwissenschaftlicher Grundbildung bei.

4. Methodische Überlegungen

Wie aus dem Beispiel ersichtlich wird, müssen Hilfen keineswegs nur inhaltlicher Art sein. Vielmehr hat sich eine Mischung von inhaltlichen und lernstrategischen Hilfen als ausgesprochen produktiv erwiesen (Franke-Braun 2008). Beide Arten von Hilfen können sowohl als Impulsfrage als auch als direkter Input gestaltet werden. Praktisch wechseln sich diese beiden Formen ab, indem die Hilfen in sich strukturiert sind, und zwar als Hilfe/Antwort-Paare. Sie bilden auf diese Weise sinngemäß den Lehrer-Schüler-Dialog im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch nach, jetzt aber vermittelt durch das Medium Hilfskärtchen und eben nur für den Bedarfsfall. Im Fall des Eierproblems sieht ein solches Hilfe/Antwort-Paar z.B. wie folgt aus (Hilfe 2/Antwort 2):

Hilfe 2

Überlegt: Wodurch unterscheidet sich ein rohes Ei hauptsächlich von einem gekochten?

Antwort 2

In einem rohen Ei ist das Innere flüssig, genau genommen zähflüssig. Das Innere bei einem gekochten Ei ist eine feste Masse.

In lernstrategischen Hilfen wird den Schülerinnen und Schülern zum Beispiel nahegelegt, eine Skizze anzufertigen, den Stand der Bearbeitung zu rekapitulieren oder den Aufgabentext auf relevante Informationen hin zu prüfen.

Insgesamt werden, je nach Schwierigkeit einer Aufgabe, vier bis sieben Hilfen angeboten. Die erste Hilfe beinhaltet immer die Aufforderung, die Aufgabe in eigenen Worten wiederzugeben; diese Paraphrasierung dient einer ersten Durcharbeitung des Problems. Die letzte Hilfe stellt stets die Komplettlösung vor. Sie soll auch von den Schülerinnen und Schülern genutzt werden, die während der Bearbeitung selbst keine der Hilfen in Anspruch genommen haben. Mit der Musterlösung können sie ihre eigenen Ansätze vergleichen und finden hier Bestätigung oder ggf. auch eine Korrektur.

Für die Nutzung im Unterricht kommen verschiedenen Formen des Zurverfügungstellens der Hilfen in Frage. In kleineren Klassen werden die nummerierten Hilfen zum Beispiel auf dem Lehrerpult ausgelegt; kommt eine Gruppe nicht mehr weiter, schickt sie abwechselnd ein anderes Gruppenmitglied nach vorne, um die Hilfe einzusehen und die Information mit zurück zu bringen. Bei größeren Klassen und vor allem dann, wenn man die Aufgaben in Zweiergruppen bearbeiten lassen will, muss den Lernenden gruppenweise ein Set Hilfen am Platz zur Verfügung gestellt werden. Die besten Erfahrungen wurden inzwischen mit einer speziellen Gestaltung der Hilfen gemacht, bei der ein DIN A5-Blatt zweifach gefaltet wird. Außen steht die Nummer der Hilfe, beim ersten Auffalten finden die Lernenden den Impulsteil der Hilfe, nach dem zweiten Auffalten können sie die Antwort lesen. Durch diese Darbietungsform soll verhindert werden, dass die Lernenden die Hilfen einfach nur durchblättern. Nach unseren Beobachtungen wird dies weitestgehend auch erreicht: Der so vorstrukturierte Ablauf – Wahl der nächsten Hilfe, Öffnen und Rezeption des Impulstextes, Formulierung eigener Überlegungen dazu und Vergleich mit der Hilfe-Antwort ganz innen – stellt eine hinreichende Hürde dar, die einem schnellen Überfliegen Widerstand leistet (Franke-Braun 2008).

Eine wichtige Rolle spielt die begleitende Aufforderung, in den Kleingruppen möglichst intensiv über die Aufgabe, die eigenen Lösungsvorschläge und die

der Partnerin oder des Partners sowie über die angebotenen Hilfen zu sprechen. Es hat sich gezeigt, dass durch diese Form – im Vergleich zu anderen Formen der Aufgabenunterstützung, wie etwa dem Angebot eines zusammenhängenden Hilfetextes – die problembezogene Kommunikation deutlich intensiviert werden kann (Franke-Braun/Stäudel 2009).

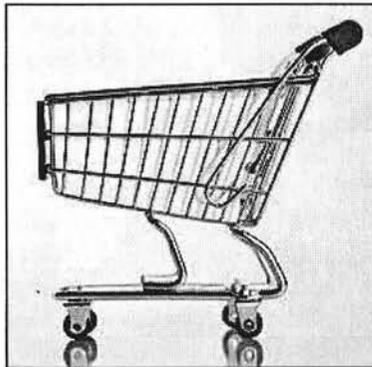
5. Das Zusammenspiel der Hilfen

An einem dritten, ausführlichen Beispiel soll jetzt gezeigt werden, wie das Hilfesystem im Detail funktioniert. Die so genannte ‚Einkaufswagen-Aufgabe‘ wurde inzwischen in einer der drei Aufgabensammlungen veröffentlicht (vgl. weitere Sammlungen: Mogge/Stäudel 2008; Stäudel 2008; Wodzinski/Stäudel 2009). Sie ist an den Inhalten des Physikunterrichts am Ende der Mittelstufe orientiert. Um der Leserin bzw. dem Leser dieses Beitrags den sich einstellenden Aha-Effekt bei der fortschreitenden Bearbeitung nicht vorzuenthalten, soll unmittelbar mit der Aufgabe begonnen werden (zur didaktischen Einordnung siehe Wodzinski/Stäudel 2009).

Kraftsparen beim Einkaufen

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 Griff und hebt so das vordere Ende des Wagens zuerst auf den Gehweg.
- Oder man dreht den Wagen um und zieht ihn am Griff hoch.



Aufgabe:

Klärt, bei welcher Variante man mehr Kraft einsetzen muss. Ihr könnt für eure Überlegungen die Skizzen benutzen.
Hinweis: Eine genaue Rechnung ist hier nicht erforderlich. Es geht um eine grobe, aber begründete Abschätzung.

Zur Unterstützung der Lösung von Anfang an erhalten die Lernenden eine stark vereinfachte Skizze eines Einkaufswagens auf dem Aufgabenblatt (Abb. 26), in die sie später ihre Lösungsansätze einzeichnen können.

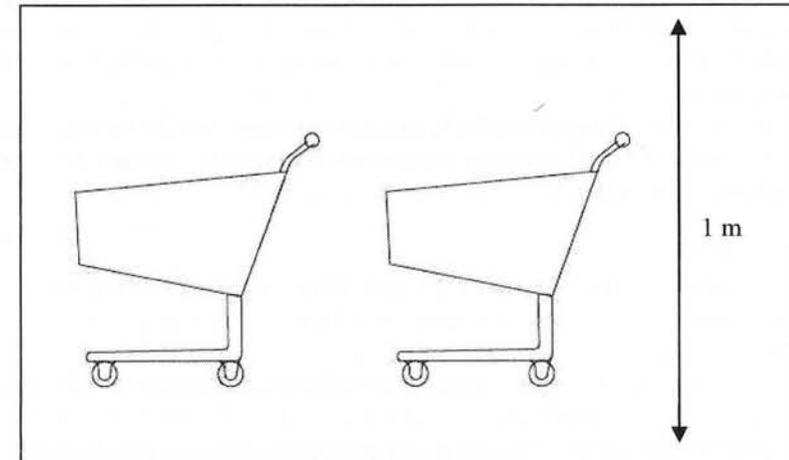


Abb. 26: Lösungshilfe – Beispiel Skizze Einkaufswagen

Das Hilfesystem beginnt, wie beschrieben, mit einer Aufforderung zur Paraphrasierung:

Hilfe 1

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

Die zugehörige Antwort lautet hier:

Antwort 1

Wir sollen die zwei verschiedenen Möglichkeiten vergleichen, wie man einen gefüllten Einkaufswagen auf einen erhöhten Gehweg bringen kann. Dabei sollen wir klären, welche Variante mehr Kraft erfordert.

In Gruppen, die mit dem Aufgabenformat bereits Vorerfahrungen gesammelt haben, sollte diese Hilfe entfallen. Die entsprechende Aufforderung kann trotzdem mündlich gegeben werden. Der Verzicht auf scheinbar ‚überflüssige‘ Hilfen trägt aber dazu bei, dass die folgenden eher ernst genommen und gründlich gelesen werden. Die Formulierung der ‚Antworten‘ hängt jeweils davon ab, auf welchem (fach-)sprachlichen Niveau sich die Schülerinnen und Schüler befinden und welche Fachbegriffe zuvor im Unterricht eingeführt worden sind.

Mit der zweiten Hilfe erhalten die Lernenden sozusagen den Expertenrat, der für die Lösung der Aufgabe trägt – zunächst als fragenden Impuls, der Vorwissen aktivieren soll:

Hilfe 2

Überlegt: Welches physikalische Prinzip kann euch hier nützlich sein?

Was sich, isoliert vom Unterrichtsgang betrachtet, vergleichsweise schwierig liest, erscheint, eingebunden in den konkreten Unterricht, deutlich einfacher. Bei diesem Expertenrat wird wieder deutlich, dass man sich von einer konkreten Herangehensweise zunächst etwas entfernen muss. Dieses für die Wissenschaften typische Vorgehen sollte im Anschluss an die Bearbeitung in jedem Fall noch einmal thematisiert werden.

Antwort 2

*Es geht um Kräfte und um das „Ankippen“ des Wagens.
Sicher wird uns das Hebelgesetz helfen, die Aufgabe zu lösen.*

Die zugehörige Antwort offeriert all jenen eine Teillösung, die noch nicht selbst darauf gekommen sind. Auch wenn dies bedeutet, dass hier Vorwissen nicht in gesicherter Form verfügbar ist, ermöglicht der konkrete Verweis auf das notwendige Prinzip die anschließende weitere Bearbeitung und birgt die Chance, die betreffenden Inhalte selbstständig zu vertiefen. Man erkennt, dass der Hinweis einen assoziativen Gedanken enthält („Ankippen“), durchaus beabsichtigt, da so noch einmal Bezüge zu Alltagserfahrungen hergestellt werden und situiertes Lernen unterstützt werden kann. Auch die Benutzung der Wir-Form bei den Antworten ist mit Bedacht gewählt. Sie hat affirmativen Charakter und soll die Aktivierung von Vorwissen motivational unterstützen.

Diese Aktivierung ist auch Ziel der dritten Hilfe. Sie hat ausdrücklich lernstrategischen Charakter („Was wisst ihr schon, was müsstet ihr noch herausfinden?). Im ungünstigsten Fall bereitet diese Aufforderung auf eine möglichst genaue Rezeption der folgenden ‚Antwort drei‘ vor:

Hilfe 3

*Tragt zusammen, was ihr über Hebel wisst. Schaut eventuell in eurem Schulbuch oder in euren Aufzeichnungen nach.
Was wisst ihr schon über die beiden beschriebenen Fälle?
Was müsst ihr noch herausfinden, um das Hebelgesetz anwenden zu können?*

Antwort 3

In einem Fall wird nach unten gedrückt, im anderen Fall nach oben gezogen. Um das Hebelgesetz anwenden zu können, müssen wir den Drehpunkt und den Hebelarm kennen.

Ergänzung: Beim zweiseitigen Hebel (z.B. bei einer Wippe) greifen die Kräfte rechts und links vom Drehpunkt an. Beim einseitigen Hebel (z.B. bei einer Nusszange) greifen die Kräfte jeweils auf der gleichen Seite vom Drehpunkt an. Ist ein Hebel im Gleichgewicht, sind die Produkte aus Kraft und Hebelarm gleich.

Je nach Leistungsstärke der Lerngruppe kann die vorgeschlagene Ergänzung hinzugefügt oder weggelassen werden. Insgesamt stellt Antwort vier das erwartete Vorwissen dar; zugleich werden die Fachbegriffe ansatzweise mit dem realen Problem in Beziehung gesetzt.

Die vierte Hilfe fokussiert die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler auf die Frage nach den Drehpunkten. Zugleich werden sie aufgefordert, diese Drehpunkte in die Skizze einzuzichnen, mithin wiederum ein lernstrategischer Anstoß. Die eigenen Überlegungen können dann mit dem Inhalt der Antwort vier abgeglichen werden.

Hilfe 4

Wo liegt der Drehpunkt beim Herunterdrücken? Wo liegt er beim Hochheben? Zeichnet die Drehpunkte in die Skizzen auf dem Aufgabenblatt ein.

Antwort 4

Im ersten Fall liegt der Drehpunkt im vorderen Rad, im zweiten Fall im hinteren Rad.

Um das Hebelgesetz auf den Einkaufswagen anwenden zu können, muss als nächstes eine Annahme über seinen Schwerpunkt inklusive der eingeladenen Gegenstände getroffen werden. Da später ein Vergleich von Last- und Kraftarm folgen soll, ist dies Grundlage für die Bestimmung des Lastarms. Auch hier empfiehlt es sich, nach Lösung der gesamten Aufgabe Schritte wie diesen mit den Lernenden zu untersuchen, etwa in der Abfolge ‚anwendbare Gesetzmäßigkeit finden – notwendige Bestimmungsstücke identifizieren – auf den Realfall übertragen – Lösung finden‘.

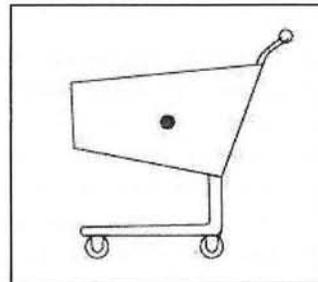
Hilfe 5

Um die Hebelarme zu bestimmen, müsst ihr eine Annahme über den Schwerpunkt des vollbeladenen Einkaufswagens machen. Diskutiert, wo ihr den Schwerpunkt ansetzen würdet. Zeichnet ihn in die Skizze ein.

Die Antwort wird nun erstmals mit einer weitergeführten Skizze unterstützt, um sicherzustellen, dass allen die weitere Arbeit möglich ist und nicht aus Unsicherheit über die eigenen Überlegungen abgebrochen wird.

Antwort 5

Da der Wagen hinten breiter und tiefer ist, liegt mehr Masse in der Nähe des Griffs. Daher wird der Schwerpunkt bei voll beladenem Wagen etwas rechts von der Mitte des Korbes liegen.



Die Antwort kann auch einfacher ausfallen, da die genaue Lage des Schwerpunktes tatsächlich wenig am Ergebnis der Abschätzung ändert. Der Rest der Lösung ergibt sich quasi wie von selbst, vorausgesetzt die Lernenden verfügen über die Fähigkeit, die Wirkungslinien der Kräfte sachgerecht einzuzichnen. Dazu werden sie mit der sechsten Hilfe ermutigt und unterstützt.

Hilfe 6

Zeichnet in die Skizze die Richtung der Kräfte ein, die in den beiden Fällen von Bedeutung sind. Zeichnet zusätzlich die Wirkungslinien der Kräfte ein.

Überlegt noch einmal genau, was in diesem Beispiel die Hebelarme sind.

Die so formulierten Aufforderungen sollen dazu beitragen, dass die strukturierte Bearbeitung auch an dieser Stelle fortgesetzt wird und nicht etwa in ein ‚Ausprobieren‘ übergeht. Wenn die Schülerinnen und Schüler dann die Antwort sechs zur Kenntnis nehmen, finden sie die vollständige physikalische Lösung des Problems (Abb. 27):

Antwort 6

Der Hebelarm ist jeweils der senkrechte Abstand der Wirkungslinie der Kraft vom Drehpunkt. Die Hebelarme sind unten im Bild mit den Doppelpfeilen eingezeichnet.

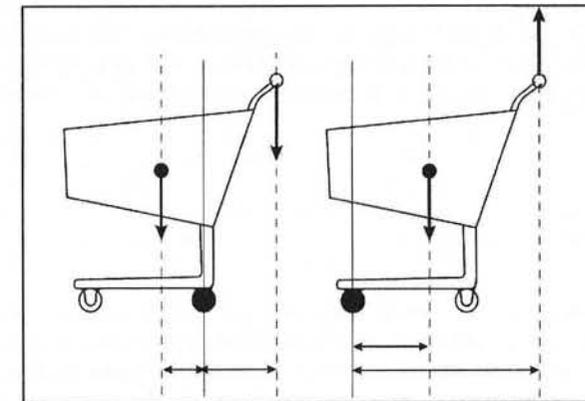


Abb. 27: Lösungshilfe – Beispiel eingezeichnete Hebelarme

Die letzte der sieben Hilfen stellt wieder den Bezug zur Eingangsfrage her. Schließlich geht es ja nicht nur um die Modellierung eines innerphysikalischen Problems, sondern in erster Linie um die Aufklärung eines alltäglichen Sachverhalts durch Nutzung physikalischer Gesetzmäßigkeiten. Üblicherweise lautet diese letzte Hilfe:

Hilfe 7

Jetzt habt ihr alles zusammen, um das Hebelgesetz anwenden und die Aufgabe lösen zu können.

Und die Antwort entsprechend:

Antwort 7

Wenn man den Einkaufswagen vorn herunterdrückt (1. Fall), dann ist der Hebelarm für die Kraft (ganz grob gesehen) vergleichbar mit dem Hebelarm der Gewichtskraft. Das bedeutet, dass die Kraft, die ausgeübt werden muss, etwas kleiner ist als die Gewichtskraft.

Wenn man den Einkaufswagen anhebt (2. Fall), dann ist der Hebelarm mehr als doppelt so lang wie der Hebelarm der Gewichtskraft. Die Kraft, die ausgeübt werden muss, ist also weniger als halb so groß wie die Gewichtskraft.

Naturwissenschaftslehrer wissen, dass im Anschluss an diese Lösung zweierlei erfolgen muss, zum einen die Thematisierung der Tatsache, dass immer die gleiche Arbeit verrichtet werden muss, wenn man den Wagen ganz und gar auf ein erhöhtes Podest bringen will; zum andern dass es wichtig ist, die Frage auch der praktischen Klärung zuzuführen: mit den Schülerinnen und Schülern einen Einkaufswagen zu beladen und mit ihm wie beschrieben zu agieren.

6. Zusammenfassung

Die Erfahrungen zeigen, dass es mit Hilfe von Aufgaben dieser Art gelingt, die Mehrzahl der Schülerinnen und Schüler zu aktivieren; Misserfolgerlebnisse werden vermieden, da auf jeder Stufe der Bearbeitung Hilfen angeboten werden. Die Bearbeitung in Zweigruppen fördert zudem den sachbezogenen Dialog und bewirkt tendenziell eine weitere Vertiefung des Gelernten bzw. des Erarbeiteten. Auch können hier Peergroup-Effekte erwartet werden, wie sie kooperativen Lernformen insgesamt zugeschrieben werden (Hänze/Berger 2007).

Gleichzeitig kann mit diesem Format Komplexität bei der Aufgabenformulierung erhalten werden; eine wichtige Voraussetzung, damit die Lernenden auch einen Zugang zur Bedeutung der Inhalte finden, die hier stets mit realen Fragestellungen verknüpft sind.

Da die Schülerinnen und Schüler mit den Hilfen in der Regel bald auf den Kern des Problems verwiesen werden und seine entsprechenden Bezüge zu naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten, wird ihnen über die konkreten Inhalte hinaus das Vorgehen und die Denkweise der Naturwissenschaften in je einem komplexen Zusammenhang nahegebracht. Dies stellt eine gute Grundlage für die Entwicklung von ‚scientific literacy‘ dar.

Explizit lernstrategische Impulse weisen deutlich über dieses naturwissenschaftliche Vorgehen hinaus. Sie zeigen am konkreten Fall, was es bedeutet, Visualisierungen, Recherchen oder andere Techniken zu nutzen und dabei Wissenselemente zu verknüpfen.

Schließlich kann mit einem solchen Aufgabenformat die Heterogenität von Lerngruppen abgefedert werden. Diese Heterogenität ist auf der einen Seite durchaus wünschenswert: leistungsfähigere Schülerinnen und Schüler sind unverzichtbare Orientierungspunkte für die weniger starken. Auf der anderen Seite bedeuten größere Unterschiede in der Leistungsfähigkeit hohe Anforderungen an Individualisierung und Differenzierung im Unterricht. Der Nutzen im Hinblick auf Differenzierung zeigt sich in der Praxis darin, dass – gutes Aufgabendesign vorausgesetzt – immer einige Gruppen ohne Hilfen oder nur unter Nutzung einiger Hilfen zum Ziel kommen. Die für die Bearbeitung benötigte Zeit gleicht sich weitgehend an, weil die Gruppen, die auf Hilfen verzichten, im Detail oft länger diskutieren. So wird ein nahezu individuelles Lerntempo ermöglicht.

Aufgaben mit gestuften Hilfen als Gegenstand der Forschung

Die Untersuchung des Aufgabenformats „Aufgaben mit gestuften Hilfen“ fand im größeren Zusammenhang der Kasseler Forschergruppe „Lehren, Lernen, Literacy“ statt, die von R. Messner (Erziehungswissenschaften) und W. Blum (Mathematikdidaktik) initiiert worden war. Die eigenen Untersuchungen wurden schließlich im Rahmen eines DFG-Projektes unter der Bezeichnung ‚Selbständigkeitsorientiertes fachliches Lernen in den Naturwissenschaften durch kognitiv anspruchsvolle Aufgaben mit gestuften Lernhilfen‘ durchgeführt. In mehreren Studien wurden die Wirkungen des Aufgabeneinsatzes – von der Laborsituation bis zur Feldstudie – empirisch begleitet (Franke-Braun 2008; Schmidt-Weigand u.a. 2008; Hänze u.a. 2007). Als Kontrollbedingung wurden anstelle der gestuften Hilfen schulbuchähnliche Texte verwendet, die alle Informationen enthielten, die mit den Hilfen gegeben wurden. Dies entspricht in etwa dem Arbeiten mit Musterlösungen oder, in der Unterrichtspraxis, dem Arbeiten mit Schulbuchtexten. Die Schülerinnen und Schüler (Klassenstufe 9) bearbeiteten die Aufgaben einzeln oder in Zweiergruppen.

Die Ergebnisse der Studien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- (1) Der Einsatz von Aufgaben mit Hilfen führte zu höheren Leistungen bei der Reproduktion der Aufgabenlösung und bei Transferaufgaben als die Bearbeitung der Aufgabe mit dem kompakten Informationstext. Der Effekt war unabhängig vom Leistungsniveau und unabhängig von der jeweils aufgewendeten Lernzeit und auch unabhängig davon, ob allein oder zu zweit gearbeitet wurde.

- (2) In ihren subjektiven Einschätzungen zum Lernerleben berichteten Schülerinnen und Schüler bei Aufgaben mit gestuften Lernhilfen ein stärkeres Kompetenzerleben, eine höhere Motivation und tendenziell eine stärkere soziale Einbindung in der Partnerarbeit. Sie schätzten ihren Lernerfolg größer und die Aufgabe als leichter ein und führten dies sowohl auf das Material als auf ihr Vorwissen zurück.
- (3) Lernende, die die Aufgabe mit gestuften Lernhilfen in Paaren bearbeiteten, kommunizierten insgesamt mehr miteinander und verwendeten dabei mehr naturwissenschaftliche Fachbegriffe. Dass die höherwertige Kommunikation die besseren Lernleistungen (mit-)bestimmt, ließ sich statistisch aber nicht absichern.

Beim Feldversuch sollten die Wirkungen des Aufgabenformats unter Realbedingungen getestet werden. Über ein Schulhalbjahr verteilt wurden drei Aufgaben zum Themenkomplex Mechanik in 17 Realschulklassen der Klassenstufe acht eingesetzt. Zum Vergleich wurden die gleichen Aufgaben in sieben Klassen im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch bearbeitet. Insgesamt zeigte sich zwischen den beiden Gruppen kein Unterschied im Lernerfolg am Ende des Schulhalbjahres. Das heißt, wenn die Aufgaben von Schülerinnen und Schülern unter Nutzung der Hilfen eigenständig bearbeitet werden, ist der Lernerfolg nicht geringer, als wenn dies unter Anleitung einer Lehrkraft geschieht. Es zeigte sich außerdem, dass die Schülerinnen und Schüler, die mit den Hilfen arbeiteten, sich in der Lernleistung von Aufgabe zu Aufgabe steigerten, bei der dritten Aufgabe den Vergleichsschülerinnen und -schülern signifikant überlegen waren. Dies könnte darauf hindeuten, dass über die Hilfen lernstrategische Herangehensweisen vermittelt werden, deren Wirkung sich in der wiederholten Anwendung verstärkt. Die Befunde weisen auch darauf hin, dass beim mehrfachen Einsatz des Aufgabenformats die kognitive Anstrengungsbereitschaft wächst und die kognitive Durchdringung bei der Aufgabenbearbeitung zunimmt, gepaart mit wachsendem Lernerfolg. Eine Absicherung dieser Interpretation steht jedoch noch aus. Der im Rahmen des Projektes entstandene umfangreiche Aufgabenpool fand inzwischen seinen Niederschlag in der Veröffentlichung von mehreren fachspezifischen Aufgabensammlungen für den Unterricht.

Weitere Informationen und Veröffentlichungen zum Forschungsprojekt finden sich unter: <http://www.physik.uni-kassel.de/664.html>

- Franke-Braun, G./Stäudel, L. (2009): Kommunikation fördern. Lernsituationen methodisch gestalten. In: Unterricht Chemie. 19. Jg./Heft 106/107, S. 35-39.
- Freiman, T./Schlieker, V. (2001): Themenheft „Methodenwerkzeuge“. In: Unterricht Chemie. 12. Jg./Heft 64/65.
- Hänze, M./Berger, R. (2007). Kooperatives Lernen im Gruppenpuzzle und im Lernzirkel. In: Unterrichtswissenschaft. 35. Jg./Heft 3, S. 227-240.
- Hänze, M./Schmidt-Weigand, F./Blum, S. (2007): Mit gestuften Lernhilfen selbständig lernen und arbeiten. In: Rabenstein, K./Reh, S. (Hrsg.): Kooperatives und selbständiges Lernen von Schülern. Wiesbaden: VS-Verlag, S. 197-208.
- Hamann, M. (2006): PISA und Scientific Literacy. In: Steffens, U./Messner, R. (Hrsg.): PISA macht Schule. Konzeptionen und Praxisbeispiele zur neuen Aufgabenkultur. Band 3 der Reihe: Folgerungen aus PISA für Schule und Unterricht. Wiesbaden: Institut für Qualitätsentwicklung, S. 127-179.
- Forschergruppe Kassel (2004): Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. In: Lernchancen. 7. Jg./Heft 42, S. 38-43.
- Leisen, J. (Hrsg.) (1999): Methoden-Handbuch deutschsprachiger Fachunterricht (DFU). Bonn: Varus.
- Mogge, S./Stäudel, L. (2008): Aufgaben mit gestuften Hilfen für den Biologie-Unterricht. Seelze: Friedrich.
- Prenzel, M. u.a. (Hrsg.): PISA 2006 in Deutschland: Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich. Münster: Waxmann.
- Schmidt-Weigand, F./Franke-Braun, G./Hänze, M. (2008): Erhöhen gestufte Lernhilfen die Effektivität von Lösungsbeispielen? Eine Studie zur kooperativen Bearbeitung von Aufgaben in den Naturwissenschaften. In: Unterrichtswissenschaft. 36. Jg./Heft 4, S. 365-384.
- Stäudel, L. (2008): Aufgaben mit gestuften Hilfen für den Chemie-Unterricht. Seelze: Friedrich.
- Vygotsky, L. (1934/1998): The Problem of Age. In: The Collected Works of L. S. Vygotsky. New York: Springer US, Vol. 5, pp. 187-205.
- Wodzinski, R./Stäudel, L. (2009): Aufgaben mit gestuften Hilfen für den Physik-Unterricht. Seelze: Friedrich.

Literatur

- BLK = Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (Hrsg.) (1997): Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Materialien Heft 60. Bonn: BLK.
- Büchter, A./Leuders, T. (2005): Mathematikaufgaben selbst entwickeln. Lernen fördern – Leistung überprüfen. Berlin: Cornelsen.
- Franke-Braun, G. (2008): Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Dissertation, Universität Kassel. Berlin: Logos.

**SELBSTBESTIMMUNG UND
CLASSROOM-MANAGEMENT**
Empirische Befunde und Entwicklungsstrategien
zum guten Unterricht

herausgegeben von
Thorsten Bohl, Katja Kansteiner-Schänzlin,
Marc Kleinknecht, Britta Kohler und Anja Nold

VERLAG
JULIUS KLINKHARDT
BAD HEILBRUNN • 2010



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

*Thorsten Bohl, Katja Kansteiner-Schänzlin, Marc Kleinknecht,
Britta Kohler und Anja Nold*
Selbstbestimmung und Classroom-Management:
Verschiedene Zugänge zu einem aktuellen Spannungsfeld 9

1 Einführung und Vorklärungen

Thorsten Bohl
Forschung für den Unterricht: Zwischen selbstbestimmtem
Lernen und Classroom-Management 15

Isabell van Ackeren und Svenja Mareike Kühn
Zwischen Anspruch und Realität ... Die Diskussion um Klassenführung
und schülerorientierten Unterricht in Kanada und Finnland 31

2 Didaktische Konzepte

Urs Ruf
Lernen im Dialogischen Unterricht – selbstbestimmt und sachbezogen 49

Thomas Häcker
Neoliberale Führungspraxis oder kooperative Lernprozessbestimmung?
Portfolioarbeit im Spannungsfeld zwischen (Selbst-) Steuerung und
Selbstbestimmung 65

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet abrufbar über
<http://dnb.d-nb.de>.

2010.2.k. © by Julius Klinkhardt.
Das Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne
Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen,
Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen
Systemen.

Druck und Bindung: AZ Druck und Datentechnik.
Printed in Germany 2010.
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem alterungsbeständigem Papier.

ISBN 978-3-7815-1724-0

Rainer Wackermann, Georg Trendel und Hans E. Fischer
Jenseits des forschend-entdeckenden Unterrichtsverfahrens – die Basis-
modelle des Lehrens und Lernens im naturwissenschaftlichen Unterricht 83

3 Öffnung von Unterricht

Falko Peschel
Freiraum statt Einschränkung:
Offener Unterricht muss konsequenter umgesetzt werden..... 93

Christina Huf
„A watched bloomer doesn't bloom“ –
Alltagspraktiken von Schulanfängerinnen und -anfängern
bei der Arbeit mit Wochenplan und Tagesplan..... 115

Ilonca Hardy und Susanne Koerber
Kognitive Strukturierung und Öffnung von Unterricht: Die Bedeutung
von graphisch-visuellen Repräsentationen in der Grundschule 129

4 Sozial- und Aktionsformen

Christine Pauli
Klassengespräche – Engführung des Denkens oder gemeinsame
Wissenskonstruktion selbstbestimmt lernender Schülerinnen und
Schüler? 145

Ludwig Haag
Zu viel oder zu wenig Freiraum? Befunde zum guten Gruppenunterricht..... 163

5 Aufgaben

Marc Kleinknecht
Kognitive Aktivierung und Strukturierung durch Aufgaben –
Analyse und Weiterentwicklung der unterrichtlichen Aufgabenkultur..... 179

Alexander Renkl
Gründe und Wege einer Synthese aus Strukturierung und Aktivierung:
Das Konzept „Lernen aus Lösungsbeispielen“ 191

Juliane Köster
Mikroprozesse der Schülerbeteiligung: Erwerb von Textverstehens-
kompetenz durch differenzierende Aufgabenangebote 207

Timo Leuders
Nachdenken geboten – Unterrichtskonzepte zur Förderung
selbstständiger Reflexion im Mathematikunterricht 221

Lutz Stäudel und Rita Wodzinski
Komplexität erhalten und gezielt unterstützen: Aufgaben mit
gestuften Lernhilfen im naturwissenschaftlichen Unterricht 236

6 Fazit

Thorsten Bohl, Marc Kleinknecht und Britta Kohler
Fazit: Classroom-Management und Selbstbestimmung auf
didaktischer Makro- und Mikroebene 254

Autorenverzeichnis 264