

Aufgaben als Katalysatoren im Lernprozess – Das Beispiel Naturwissenschaften

Aufgaben waren, abgesehen von *Berechnungs*-Aufgaben im Physikunterricht oder *Beobachtungs*-Aufgaben in der Biologie, in der Vergangenheit eher Stiefkinder des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Durch TIMSS, SINUS und PISA wurde die Aufmerksamkeit von Fachdidaktik, Lehrerausbildung, Unterrichtsentwicklung und empirischer Unterrichtsforschung auf dieses inzwischen als ausgesprochen wirkmächtig eingeschätzte Element der Gestaltung von Lernsituationen fokussiert. Der Beitrag will einen Eindruck vermitteln sowohl von der Vielgestaltigkeit möglicher Aufgaben für den naturwissenschaftlichen Unterricht, vom Potential dieses Formats für das Lernen wie auch von den Problemen auf dem Weg zu einer entwickelten Aufgabekultur.

1. Merkmale: Kognitiv anspruchsvoll und motivierend

Erste Hinweise darauf, welche Richtung die „Weiterentwicklung der Aufgabekultur“ einschlagen sollte, gab die sogenannte Baumert-Expertise, in Auftrag gegeben von der Bund-Länder-Kommission zur Vorbereitung der SINUS-Modellversuche (BLK, 1997). Im gleichnamigen Modul wird neben der durch Aufgaben zu erzielenden Motivation der Lernenden und der „Konsolidierung und Übung des erworbenen Wissens“ insbesondere die Erarbeitung „von neuem Stoff im (...) Unterricht“ (ebenda, 88) genannt; damit rückt die *Lernaufgabe* in den Mittelpunkt des Interesses. Damit sie beitragen kann zur Ablösung der „Engführung der Erarbeitung des neuen Stoffs im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch“ (ebenda, S. 89), sollte sie aber einer Reihe von anspruchsvollen Bedingungen genügen:

„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.“ (ebenda, 89)

Die gleichzeitig geführte Debatte um die konstruktivistische Sicht auf das Lernen führte dazu, dass sich bald eine schlagwortartige Attribuierung der zu entwickelnden Aufgaben herauskristallisierte: Sie sollten *motivierend, kognitiv anregend und ergebnisoffen* sein. (Blum & Neubrand, 1998)

Während der Mathematikunterricht an eine umfängliche 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 Modellierungskarakter (Büchter & Leuders, 2005, 16 ff.) –, stellte die Entwicklung solcherart charak-

terisierter Aufgaben für die Naturwissenschaftsdidaktiken eine Herausforderung ganz neuer Art dar. Ein Beispiel soll dies veranschaulichen.

Eine klassische Mathematikaufgabe könnte fragen, welches Volumen ein kugelsymmetrisch gebauter Gasbehälter bei gegebenem Durchmesser beinhaltet; vom Schüler gefordert sind Kenntnis und Anwendung der Formel zur Berechnung eines Kugel-Volumens.

In ihrer veränderten Gestalt – motivierend, kognitiv anregend und ergebnisoffen – kommt sie, inzwischen mit hohem Bekanntheitsgrad, als *Ballonaufgabe* daher: Die Schüler werden mit einem Foto konfrontiert, das einen Extremsportler zeigt, der auf einem Heißluftballon gelandet ist. (Herget, 1998) Aufgabe der Lernenden ist es, eine Abschätzung des Ballonvolumens vorzunehmen. Zur Lösung dieser prototypischen Modellierungsaufgabe muss Mehreres gefunden und zusammengefügt werden: Zum einen muss ein berechenbarer, regelmäßiger geometrischer Körper oder eine Kombination mehrerer solcher Körper als Annäherung an die Form des Ballons ins Kalkül gezogen werden, zum anderen muss die Notwendigkeit für einen Maßstab wahrgenommen werden, praktisch realisiert durch den Vergleich der angenommenen Körpergröße des Sportlers mit der Ausdehnung des Ballons.

Wie lässt sich ein solcher Ansatz auf den naturwissenschaftlichen Unterricht übertragen? Wie könnten entsprechende Aufgaben konkret aussehen? Aus der Vielzahl der inzwischen entwickelten Vorschläge soll hier einer vorgestellt werden, der betreffend möglicher Lösungsansätze eine deutliche Ähnlichkeit mit der Ballonaufgabe aufweist.

Bei der „Regenwaldaufgabe“ (Stäudel, 2004, 83 ff.) wird den Lernenden das sprachlich oft verwendete Bild des „Regenwalds als grüner Lunge der Erde“ vorgelegt. Ihre Aufgabe besteht darin zu prüfen, ob die mit dem Ausdruck *Grüne Lunge* assoziierte Bedeutung des Regenwalds als Sauerstoffproduzent zutreffend ist oder nicht. Zur Unterstützung erhalten die Schüler einen Informationstext, der u.a. darauf eingeht, dass speziell die mittelamerikanischen Regenwälder auf dem meist steinigen Untergrund praktisch keine Humusschichten ausbilden, sondern alle durch biologischen Abbau freigesetzten Mineralstoffe sofort wieder durch neues Pflanzenwachstum absorbieren.

Zur Lösung müssen die Schülerinnen und Schüler auch hier verschiedene Informationen als zielführend identifizieren und schließlich in geeigneter Weise zusammenfügen. Basis ist zum einen die Aktivierung von Vorwissen, hier der Fotosynthese-Gleichung, zum anderen die Informationsentnahme aus einem komplexen Text, eine Leistung im Sinne domänenspezifischer Lesefähigkeit.

Die Identifizierung der Fotosynthesegleichung als Grundlage der weiteren Überlegungen ist vergleichsweise einfach: Sauerstoff, der von Menschen und Tieren zur Aufrechterhaltung der Stoffwechselprozesse benötigt wird, wird praktisch ausschließlich durch pflanzliche Aktivität freigesetzt, angetrieben durch die Energie des Sonnenlichts:



Weitaus schwieriger ist die problemangemessene Interpretation der Fotosynthesegleichung. Während dabei meist eine qualitative Sicht im Vordergrund steht – aus Kohlenstoffdioxid und Wasser werden mit Hilfe der grünen Blattfarbstoffe im Licht Zucker und Sauerstoff –, ist hier eine quantitative Betrachtung gefragt. Aber auch hier

gibt es eine nicht unbeträchtliche Hürde, denn üblicherweise steht die Äquivalenz der beiden Seiten, also von Edukten und Produkten im Vordergrund, während es im hier diskutierten Zusammenhang nur auf die Produktseite ankommt: In sehr spezieller Lesart lässt sich folgern, dass Sauerstoff stets im gleichen Maß gebildet wird, wie Zucker entsteht.

Weil der entstehende Zucker als Synonym für gebildete Biomasse stehen kann und weil weiterhin bekannt ist, dass der Regenwald ein nach außen hin statisches System darstellt, das eben gerade keinen Biomassezuwachs verzeichnet, kann der tropische Regenwald auch kein Netto-Sauerstoff-Produzent sein! (Dies schmälert allerdings in keiner Weise seine Bedeutung für die Klimaregulation, für Artenvielfalt und als schützenswerter Lebensraum für vom Aussterben bedrohte Ethnien.)

Eine erste Reflexion

Aufgaben wie die vorgestellte entsprechen zwar in hohem Maß den bei PISA entwickelten Kriterien, indem vorzugsweise Verständnis gefragt ist und weniger Faktenwissen, indem eine Fragestellung aus einem Kontext heraus entwickelt wird und indem es um die strukturiert-kreative Verknüpfung verschiedener Instrumente und Modelle geht (Hammann, 2006, 167 ff.); andererseits weiß jede Lehrerin, jeder Lehrer mit elementaren Praxiserfahrungen bereits, dass diese Aufgabe (ohne Hilfen) nur von den wenigen besonders interessierten Schülern gelöst werden kann, die zudem über gut entwickelte Kompetenzen in unterschiedlichsten Feldern verfügen. Wenn das drängendste Problem des naturwissenschaftlichen Unterrichts aber darin besteht, dass fast ein Drittel der Schülerinnen und Schüler am Ende der Mittelstufe kaum die unterste Stufe der Kompetenzleiter (Deutsches PISA-Konsortium 2001) erklommen hat und von einer soliden naturwissenschaftlichen Grundbildung auch sonst kaum gesprochen werden kann, dann kann es nicht zuerst und gewiss nicht allein um Aufgaben dieses Zuschnitts gehen. Was also tun?

Bevor zum Ende des Beitrags, sozusagen zur Versöhnung mit dem aufgeworfenen Problem, noch ein Lösungsansatz in Form eines speziellen Aufgabenformats, der Aufgaben mit gestuften Hilfen, vorgestellt wird, soll hier zunächst die Ausgangsfrage nach der möglichen Funktion von Aufgaben modifiziert und auf die Praxis des naturwissenschaftlichen Unterrichts heruntergebrochen werden.

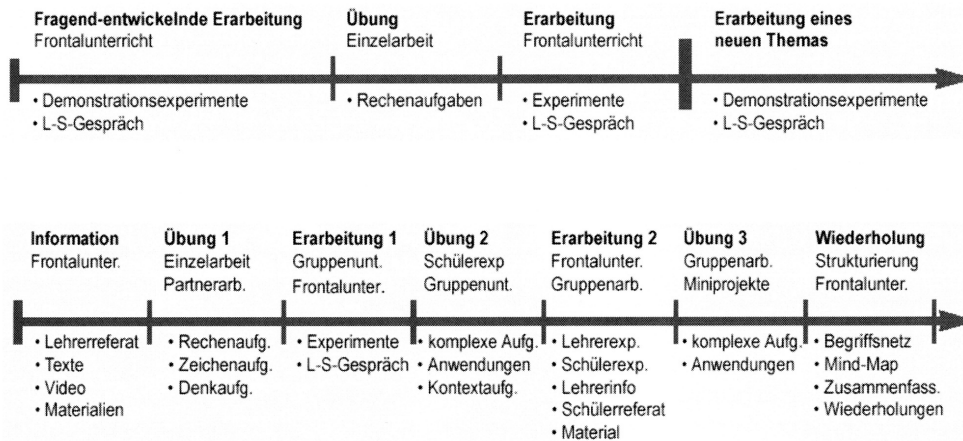
2. Mit Aufgaben Unterricht gestalten

Aufgaben als Element der methodischen Gestaltung von Unterricht setzen primär an der kritisierten Praxis des fragend-entwickelnden Verfahrens an. Dieses in der Vergangenheit besonders von Erfahrungen als (ehemalige/r Schüler/in und in den Studienseminaren beförderte Unterrichtsskript hat unzweifelhaft den Vorzug, dass eine Unterrichtsstunde stets zu einem glücklichen Ende findet, nachdem ein Spannungsbogen aufgebaut und wieder abgearbeitet worden ist. Weil man für diese Art der Unterrichtsdramaturgie aber nur wenige Akteure braucht und auch, weil der Umfang möglicher Aktivitätsanteile auf Schülerseite praktisch sehr begrenzt ist, gilt der Lehr-Erfolg keineswegs gleichzeitig als Lern-Erfolg: Wer nicht mitkommt, versucht sich wegzuducken, wegen der latenten Bewertungssituation meldet man sich nur dann, wenn man sicher ist, das richtige Stichwort zu kennen usw. Dies gilt auch dann,

wenn statt von einem fragend-entwickelnden Vorgehen von einem forschend-entwickelnden Unterrichtsgang (Schmidkunz & Lindemann, 1999) die Rede ist, der dem Experiment eine wichtige Rolle für den Lernprozess zuschreibt.

Vor diesem Hintergrund hat Josef Leisen (Leisen, 2001, 401 ff.) schon früh die Rolle von Aufgaben für eine veränderte Unterrichtsdramaturgie herausgestellt (s. Abbildung 1).

Abb. 1: Herkömmliche versus Aufgaben-orientierte Unterrichtsdramaturgie



Anschaulich zeigt er, wie durch eine Vielzahl unterschiedlichster Aufgaben, meist mit zeitlich eher geringem Umfang, eine grundlegende Umverteilung der Aktivitäten von Lehrkraft und Lernenden erreicht werden kann. Dabei zählt er klassische „Rechenaufgaben“, bei denen etwa gegebene oder ermittelte Werte im Physikunterricht umgeformt werden müssen, ebenso zu seinem Repertoire wie „Denkaufgaben“, „Anwendungsaufgaben“ oder „Kontextaufgaben“ (vgl. die untere Hälfte der Abbildung). Dem Lehrer-Schüler-Gespräch kommt in diesem Szenario jetzt eine veränderte aber inhaltlich gut begründete Rolle zu, nämlich die, Ergebnisse von Schülerseite aufzunehmen, zu diskutieren, sie zu würdigen und neue Impulse zu geben.

Leisen bietet zur Gestaltung entsprechender Aufgaben einen ganzen Kasten voller Werkzeuge an, nämlich die sogenannten Methodenwerkzeuge (Leisen, 1999), die sich inzwischen großer Beliebtheit bei vielen Lehrkräften erfreuen. Die etwa 40 Kleinmethoden eignen sich unterschiedlich gut für Einzel- und Kleingruppenarbeit, teilweise auch für die Arbeit mit der ganzen Klasse. Wie damit Aufgaben in ganz praktischen Dimensionen gestaltet werden können, soll an drei Methodenwerkzeugen gezeigt werden.

1. Beispiel: Wissen organisieren mit dem Kärtchentisch

Die Lernenden erhalten einen Satz von Kärtchen, die Abbildungen zeigen oder Begriffe tragen. Aufgabe der Schüler/innen ist es, diese Kärtchen in eine sinnvolle Ordnung zu bringen. So kann am Ende einer Unterrichtseinheit zur Elektrizität ein Kärtchentisch in der Weise eingesetzt werden, dass die Größen Spannung, Stromstärke, Widerstand usw. als Begriffe auf Kärtchen stehen, des weiteren die Einheiten Volt, Ampere, Ohm, dann die zugehörigen Symbole, dann Messgeräte, die man zur

Ermittlung der jeweiligen Größen benutzen kann, und schließlich ein je typischer Anwendungszusammenhang. Man erkennt schnell, dass es hier um Festigung von bereits erarbeitetem Wissen geht.

Auch wenn im Biologieunterricht die Fressbeziehungen im Biotop Wald (Stamme, 2003, 90 ff.) erarbeitet werden sollen, kann hierzu ein Kärtchentisch eingesetzt werden. Vorgegebene Kärtchen mit Tiernamen, wie Uhu, Maus, Specht, Fuchs, sowie mit Namen von Pflanzen und Pflanzenteilen können durch von den Schülerinnen und Schülern selbst beschriftete Kärtchen ergänzt und – verbunden durch Pfeile – zu einer Art Beziehungsnetz strukturiert werden. Hier wird Vorwissen aktiviert, die Herausbildung eines mentalen Modells wird durch die Ordnung von Realobjekten unterstützt, Wissen wird organisiert und neu entwickelt. In ganz ähnlicher Weise können Methodenwerkzeuge wie Mindmap, Strukturdiagramm oder Flussdiagramm eingesetzt werden (Hepp, 2003, 38).

2. Beispiel: Fachsprache sichern mit Memory oder Domino

Der spielerische Umgang mit einem Memory ist fast allen Schülern in guter Erinnerung. Entsprechend aufgeschlossen sind sie in der Regel, wenn ihnen ein Memory im Fachzusammenhang etwa zur Sicherung von Fachbegriffen angeboten wird.

Im einfachsten Fall können dies Instrumente und Gerätschaften eines Faches sein, etwa von Laborgeräten in der Chemie: Auf der einen Kärtchensorte sind die Gegenstände abgebildet, auf der anderen die zugehörigen Bezeichnungen. Ähnliches lässt sich mit Gefahrensymbolen und deren Bedeutung, mit Elementsymbolen und entsprechenden Namen usw. realisieren (Akademie Dillingen, 2004).

Kombiniert man je ein Bild und eine (andere) Bezeichnung, dann lässt sich zum gleichen Inhalt ein mehr oder weniger umfangreiches Domino gestalten und spielen.

Methodenwerkzeuge wie diese dienen ganz offensichtlich der Übung. Einen zusätzlichen Reiz können sie dann entfalten, wenn sie von den Lernenden selbst gestaltet oder zumindest vorbereitet werden.

3. Beispiel: Übersetzungsleistungen provozieren bei der Stillen Post

Zweck dieses Ansatzes ist das Üben des in den Naturwissenschaften regelmäßig erforderlichen Wechsels von Darstellungsformen: Text, Grafik, Formel, Tabelle, Mindmap, Bildfolge usw. Gegenstand der Stillen Post kann jeder Inhalt sein, der solche unterschiedlichen Darstellungen zulässt. Eine Anwendung aus dem Chemieunterricht betrifft einfache Molekülverbindungen der Organischen Chemie:

Die erste Gruppe erhält den Molekülnamen und findet dazu die entsprechende Formel, die zweite baut mit Hilfe eines Molekülbaukastens das Molekülmodell, die nächste beschreibt dieses Modell durch einen kurzen Text und die letzte = erste Gruppe kontrolliert, ob die Information auf diesem langen Weg unverfälscht angekommen ist. So können in einem Set von drei Kleingruppen drei Begriffe kreisen, mit Spaß und gelegentlich auch großer Anstrengung (Freiman & Schlieker, 2001, 50).

3. Mit Aufgaben Unterricht akzentuieren

Der Vergleich der kürzlich für Deutschland verabschiedeten Standards für den mittleren Bildungsabschluss (KMK, 2004) mit der Praxis zeigt, dass die für die naturwissenschaftlichen Fächer beschriebenen Kompetenzfelder keineswegs im wünschenswerten Umfang verankert sind; noch immer führen die im Vergleich zum Feld *Fachwissen* jetzt aufgewerteten Bereiche *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* eine randständige Existenz. Aufgaben sind auch hier ein geeignetes Mittel, um Abhilfe zu schaffen.

Je nach Zielrichtung können Aufgaben so zugeschnitten werden, dass sie ganz spezifisch für wichtig erachtete Kompetenzen herausfordern und entwickeln helfen. Einige mögliche Zuspitzungen können hier allerdings nur skizzenhaft vorgestellt werden.

Um etwa die Entwicklung im *Kompetenzbereich Kommunikation* zu fördern, können Aufgaben eingesetzt werden, bei denen es gezielt um die Informationsentnahme aus Texten geht oder um die „Übersetzung“ von Informationen oder Daten aus einer Darstellungsform in eine andere, etwa aus einem Text in eine Tabelle oder eine Skizze, aus einer Abbildung in einen Text oder aus einer Datenmenge in einen Graphen. (Stäudel, 2006) Eine so angelegte Unterstützung der domänenspezifischen Lesefähigkeit ist auch Grundlage für die (spätere) Bearbeitung komplexerer Aufgaben im jeweiligen Fach.

Ähnlich lassen sich Aufgaben für das *Kompetenzfeld Erkenntnisgewinnung* konzipieren, etwa indem man die Lernenden mit dem Ergebnis eines Experiments konfrontiert und sie die Linie hin zu den Schlussfolgerungen rekonstruieren lässt. Wißner zeigte dies kürzlich am Beispiel eines bekannten historischen Experiments, des Rutherford'schen Streuversuchs zur Aufklärung des Atombaus. (Wißner, 2004)

Ein vergleichbares Vorgehen bietet sich auch für den Umgang mit den *Basiskonzepten* an, also etwa die Zuspitzung einer Aufgabe in Richtung auf die Nutzung von Teilchenvorstellungen oder den Zusammenhang von chemischer Reaktion und Energieumsatz, um zwei der vier Basiskonzepte für den Chemieunterricht zu nennen. (vgl. Parchmann & Stäudel, 2007)

4. Aufgaben mit Hilfen versehen

Während Aufgaben unter primär didaktischen Aspekten also ein umfangreiches Wirkspektrum mit ausgesprochen vielfältigen Zielstellungen zugesprochen werden kann, so stellen sich unter dem Gesichtspunkt des Lernens und Arbeitens mit Aufgaben in der Praxis eine Reihe unübersehbarer Probleme dar, insbesondere das der Heterogenität von Lerngruppen, besser gesagt: jeder einzelnen Lerngruppe. Den Ausweg suchten Lehrkräfte oft darin, ein mittleres Anforderungsniveau zu wählen, womit sie jedoch auch nur einer eher kleinen Zahl von Schülerinnen und Schülern gerecht werden konnten. Gleichzeitig bedeutet die Reduktion der Anforderungen meist

auch eine Rücknahme von Komplexität, sodass man sich schließlich ähnlichen Schwierigkeiten gegenüber sieht wie beim fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch. Insbesondere steht eine solche Strategie auch dem Ziel entgegen, durch anspruchsvollere Aufgaben kognitive Aktivität bei den Lernenden zu provozieren.

Eine andere, größeren Erfolg versprechende Strategie ist die Ausstattung von mehr oder weniger komplexen Aufgaben mit gestuften Hilfen, die die Lernenden nach Bedarf benutzen können. Dieses Aufgabenformat ist bereits seit einiger Zeit aus dem Mathematikunterricht bekannt, wurde aber erst im Zuge der SINUS-Projekte für den naturwissenschaftlichen Unterricht adaptiert. Es war wiederum Josef Leisen (Leisen, 1999), der erste Beispiele hierfür vorstellte, insbesondere für physikalische Problemstellungen. Nachdem das Format eine gewisse Verbreitung in der Schulpraxis gefunden hatte, wurde es, besonders unter dem Eindruck der Lernschwierigkeiten der Schüler im „unteren Drittel“, zum Gegenstand eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes gemacht: Begleitet von empirischen Psychologen und gefördert von der DFG (Wodzinski, Hänze & Stäudel, 2006) wurden mehrere Aufgaben zunächst speziell für den Bereich der Hauptschule entwickelt, in Laborexperimenten erprobt und schließlich für eine größere Feldstudie weiter ausgearbeitet. Erste vielversprechende Ergebnisse sind inzwischen an verschiedenen Stellen publiziert. (Schmidt-Weigand, Franke-Braun & Hänze)

4.1. Welche Art von Aufgaben eignen sich für dieses Format?

Wenn die Vorstellung einer sozusagen „eingebauten“ Differenzierung funktionieren soll, dann müssen die betreffenden Aufgaben für die stärksten Lerngruppen auch ohne Benutzung von Hilfen lösbar sein; dies schränkt die Verwendungsfähigkeit des Formats grundsätzlich ein. Dies bedeutet gleichzeitig, dass vom Typus der Aufgabe solche besonders gut passen, bei denen es um die Aktivierung von Vorwissen, die Reorganisation von Wissen, die Anwendung von bereits Erarbeitetem auf eine veränderte aber verwandte Fragestellung, mithin um Anwendung von Wissen geht. In Einzelfällen sind inzwischen auch Lernaufgaben im Sinne von „Erarbeitung“ (auf dem taxonomischen Niveau Synthese) entwickelt worden, diese betreffen aber überwiegend Aspekte des naturwissenschaftlichen Arbeitens und sind in dieser Hinsicht auch „Anwendungen“.

Eine zweite Einschränkung leitet sich davon her, dass die Hilfen sukzessive eingesetzt werden sollen. Dies spricht zwar nicht gegen eine höhere Komplexität von Aufgaben, wohl aber gegen prozess- und ergebnisoffene Problemstellungen, die Verzweigungen im Fortschreiten der Bearbeitung zulassen. Immerhin gelingt es in vielen Fällen, durch Umformulierung der Aufgabe, den verbleibenden Bearbeitungsweg eindeutiger zu machen.

Im Übrigen lassen sich Aufgaben mit gestuften Hilfen auch mit praktischem experimentellem Tun kombinieren, wenn die Aufgabe etwa der Vorbereitung eines Experiments oder der Ausarbeitung einer geeigneten Versuchsanordnung vorangestellt wird.

Eine Übersicht über die bislang entwickelten Aufgaben findet sich bei Stäudel et. Al. (Stäudel, Franke-Braun & Schmidt-Weigand, 2007).

4.2. Die Art der Hilfen

Gemäß der Philosophie dieses Aufgabenformats, das besonderen Wert legt auf die Aktivierung und Reorganisation vor Vorwissen sowie eine systematische Durcharbeitung gibt es einerseits inhaltliche Hilfen, daneben aber auch lernstrategische Hilfen. Deren Formulierung lehnt sich oft an bekannte Aufforderungen an, etwa „Was weißt du schon über den Sachverhalt und was kannst du daraus folgern?“ oder „Kennst du etwas Ähnliches?“. Eine besondere Rolle spielen aber eine erste Paraphrasierung sowie der Vorschlag, das zu einem bestimmten Bearbeitungszeitpunkt Erreichte in einer Skizze zu visualisieren.

Wie dies bezogen auf eine konkrete Aufgabe aussieht, soll am Beispiel der Regenwaldaufgabe dargestellt werden.

Der Regenwald – die grüne Lunge der Erde?

Am Anfang steht ein Aufgabentext, der möglichst drei Bedingungen erfüllt: Er entfaltet einen Kontext, er beschreibt möglichst präzise das erwartete Ergebnis und er gibt, explizit oder implizit, Hinweise auf dazu notwendige Wissens Elemente bzw. methodische Instrumentarien.

Der tropische Regenwald wird oft als „Grüne Lunge“ der Erde bezeichnet. Das legt die Vermutung nahe, dass er mehr Sauerstoff produziert als verbraucht. Aber ist das wirklich so?

Eure

Aufgabe:

Findet unter Nutzung der euch bekannten Informationen über den tropischen Regenwald und die Prozesse zur Bildung von Sauerstoff heraus, ob die Bezeichnung „grüne Lunge“ im Sinne von Netto-Sauerstoff-Produktion zutrifft oder nicht.

Die erste Hilfe enthält standardmäßig die Aufforderung, die Aufgabenstellung noch einmal mit eigenen Worten zu formulieren. Durch eine solche Paraphrasierung soll das Problem ein erstes Mal begrifflich strukturiert und so verstanden werden. Die erste Hilfe lautet somit:

H1 Erklärt euch die Aufgabe gegenseitig noch einmal in euren eigenen Worten. Klärt dabei, wie ihr die Aufgabe verstanden habt und was euch noch unklar ist.

Die zugehörige Antwort erscheint zwar trivial, es bleibt zum einen aber aus formalen Gründen dabei – bei allen weiteren Hilfen kommt den Antworten auch eine inhaltlich bedeutsame Funktion zu. Zum anderen brauchen manche Gruppen tatsächlich bereits hier eine erste Ermutigung, und sei es nur, indem sie eine Ähnlichkeit zur eigenen Formulierung feststellen.

A1 Ihr sollt ein begründetes Urteil darüber abgeben, ob der tropische Regenwald ein Netto-Sauerstoff-Produzent ist oder nicht.

Mit der zweiten Hilfe erfolgt meist den Hinweis, sich zu vergegenwärtigen, welche Informationen aus der Aufgabenformulierung entnommen werden können; es handelt sich mithin ebenfalls um eine lernstrategische Hilfe. Fortgeschrittene Lerngruppen könnten hier auch aufgefordert werden, sich den Regenwald als System vorzustellen und dieses System grafisch darzustellen. (vgl. Stäudel, 2004)

Im vorliegenden Fall ist dies jedoch nicht angemessen. Konkret werden die Schüler stattdessen unmittelbar auf die Fotosynthese Gleichung hingeführt:

H 2 Erinnert euch daran, durch welchen Prozess Sauerstoff gebildet wird!
Stellt diesen Vorgang auch formelmäßig dar.

A 2 *Sauerstoff wird in der Natur ausschließlich durch grüne Pflanzen bei der Fotosynthese gebildet.*
Durch das Sonnenlicht werden aus Wasser und Kohlenstoffdioxid erst einfache Zucker, dann Stärke und andere Kohlenhydrate gebildet. Dieser Vorgang wird durch die Fotosynthese Gleichung beschrieben:



Mit dieser zentralen inhaltlichen Information soll das Vorwissen der Lernenden aktiviert werden. Die konkrete Formulierung dieser wie aller anderen inhaltlichen Hilfen hängt deutlich vom vorhergehenden Unterricht ab, insbesondere von der Tiefe der Behandlung des jeweiligen Themas und von den dabei benutzten Begriffen.

Trotz dieser massiven Orientierung auf die Fotosynthese ist vielen Schülerinnen und Schülern an dieser Stelle noch unklar, wie man diese Information zur weiteren Strukturierung des Problems verwenden kann. Schließlich muss man dazu diese Gleichung in eher ungewohnter Weise lesen und interpretieren. Hilfe 3 ermutigt die Lernenden daher zu einer Plausibilitätsbetrachtung und verweist sie anschließend noch einmal auf die Fotosynthese Gleichung.

H 3 *Die Mengen von gebildetem und möglicherweise wieder verbrauchtem Sauerstoff lassen sich im Freien kaum messen.*

Betrachtet die Fotosynthese Gleichung: Kann aus einer anderen, leichter messbaren Größe auf die Sauerstoff-Bildung geschlossen werden?

A 3 *Die Fotosynthese Gleichung stellt eine mengenmäßige Beziehung zwischen Edukten und Produkten her.*

Sie stellt außerdem auch eine Beziehung zwischen CO₂ und H₂O einerseits und zwischen Zucker und Sauerstoff andererseits her. Das bedeutet, dass die Bildung von Sauerstoff z.B. mengenmäßig dem Verbrauch (der Aufnahme) von H₂O bzw. CO₂ proportional ist; sie ist auch proportional der Menge des gebildeten Zuckers.

Mit dem letzten, sehr explizit formulierten Satz ist die Lösung für die meisten der Lernenden bereits klar, vorausgesetzt, sie können ‚Zucker‘ mit ‚Biomasse‘ identifizieren und sie erinnern sich an Nährstoffmangel und in der Folge fehlende Humusbildung im tropischen Regenwald.

Zur Aktivierung der betreffenden Vorwissens-Elemente dient entsprechend Hilfe 4.

H 4 *Zucker ist der Basisbaustein für die Bildung von Biomasse.*

Erinnert euch, was ihr über den Biomasse-Haushalt des tropischen Regenwaldes gelernt habt.

A 4 *Der tropische Regenwald wächst auf kargem, mineralstoffarmem Untergrund. Wegen des Mineralstoffmangels werden abgestorbene Pflanzen sofort wieder mineralisiert und die Nährstoffe in den Kreislauf zurückgeführt.*

Daher kann der tropische Regenwald keine Humusschichten bilden.

Mit Hilfe 5 werden die bisher zusammengetragenen Informationen rekapituliert und eine Schlussfolgerung zur Lösung des Problems nahegelegt.

H 5 Ihr wisst jetzt, dass im tropischen Regenwald kein Biomasse-Überschuss produziert wird.

Was bedeutet das für die Sauerstoffbilanz? Wie muss die Ausgangsfrage daher beantwortet werden?

A 5 Wenn kein Biomasse-Überschuss gebildet wird, gibt es auch keine Netto-Sauerstoff-Produktion!

Der gebildete Sauerstoff wird bei der Zersetzung der abgestorbenen Pflanzen auch wieder verbraucht!

Um den Charakter der letzten Hilfe als Komplettlösung besser wirken zu lassen, können Zusammenfassung und letzte Schlussfolgerung noch einmal getrennt werden. Eine 6. Hilfe würde dann lauten:

H6 Nun habt ihr alle Informationen zusammen, um die Frage der Aufgabenstellung zu beantworten und eine Begründung für euer Urteil zu geben.

Und mit A 6 würde dann eine ausformulierte Antwort vorgeschlagen werden.

4.3. Anmerkungen zum Einsatz von Aufgaben mit gestuften Hilfen im Unterricht

Für die Nutzung im Unterricht kommen verschieden Formen des Zurverfügungstellens der Hilfen in Frage. In kleineren Klassen werden die nummerierten Hilfen z.B. 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 allen dann, wenn man die Aufgaben in Zweiergruppen bearbeiten lassen will, muss den Lernenden gruppenweise ein Set Hilfen 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 Schüler den Impulsteil der Hilfe, nach dem zweiten Auffalten können sie die sogenannte Antwort (siehe das obige Beispiel) lesen. Mit diesen Darbietungsformen gelingt es weitgehend zu verhindern, dass die Lernenden die Hilfen einfach nur durchblättern:

Eine wichtige Rolle spielt begleitend die Aufforderung, in den Kleingruppen immer wieder über die Aufgabe und die angebotenen Hilfen zu sprechen. Im Vergleich zu anderen Formen der Aufgabenunterstützung, etwa dem Angebot eines zusammenhängenden Hilfetextes, konnte inzwischen gezeigt werden, dass sich der aufgabenbezogene Kommunikationsanteil bei diesem Format erheblich steigern lässt.

Die erwartete Differenzierung zeigt sich in der Praxis darin, dass – gutes Aufgabendesign vorausgesetzt – immer einige Gruppen ohne Hilfen oder nur unter Nutzung einiger 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. Alle werden am Ende dennoch aufgefordert, die Hilfen der Reihe nach (noch einmal) durchzugehen und schließlich ihr eigenes Ergebnis mit der Komplettlösung in der letzten Hilfe zu vergleichen. Auf diese Weise soll noch einmal das na-

hegelegte strategische Vorgehen bewusst gemacht werden; für die Gruppen, die alle Hilfen ohnehin genutzt hatten, ist dies eine weitere Auseinandersetzung mit der Musterlösung einer Aufgabe, die ebenfalls lernwirksam sein kann.

Wie für alle methodischen Vorschläge gilt auch für das Format „Aufgaben mit gestuften Hilfen“, dass es sich bei zu häufigem Einsatz abnutzen kann. Gegenwärtig wird eine Frequenz von 4 bis 6 solcher Aufgaben im Halbjahr im Physikunterricht mehrerer Mittelstufenschulen erprobt; über die Ergebnisse wird an geeigneter Stelle berichtet werden.

5. Schlussbemerkung

Aufgaben als Katalysatoren im Lernprozess, diese Vorstellung gilt mit Sicherheit auch für den naturwissenschaftlichen Unterricht, auch wenn sich durch einen vermehrten Einsatz von Aufgaben allein der aktuell diagnostizierte Entwicklungsbedarf kaum decken lässt. Eine besondere Bedeutung des Umgangs mit Aufgaben für die Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts soll aber abschließend noch einmal herausgestellt werden: Sie können auch Katalysatoren für die Entwicklung in den Fachschaften sein, Basis für eine Verständigung über Bildungs- und Unterrichtsziele und konkreter Inhalt von Kooperation und kollegialem Austausch.

6. Sieben Tipps zur Aufgabenentwicklung

(verändert nach Gropengießer 2006, S. 4 ff)

Klären Sie für sich bzw. mit Ihren Fachkolleginnen, zu welchem fachlichen Inhaltsbereich Sie eine (erste) Aufgabe entwickeln wollen.

- Finden Sie einen geeigneten Kontext für die zu entwickelnde Aufgabe: Das Phänomen oder die beschriebene Situation sollte möglichst einen für die Lernenden erkennbaren Bezug haben, so dass Anknüpfungspunkte für Vorstellungen und Interessen geboten werden.
- Klären und formulieren Sie die mit dem Bearbeiten und Lösen der Aufgabe zu erwerbenden Fähigkeiten, wie z. B. „naturwissenschaftliche Fragen erkennen“. Als Hilfe hierfür können die in den Bildungsstandards aufgelisteten Kompetenz-Aspekte dienen.
- Stellen Sie fest, welche fachspezifischen, allgemein naturwissenschaftlichen oder fächerübergreifenden Vorkenntnisse und Kompetenzen zur Lösung der Aufgabe notwendig sind. Entwickeln Sie möglichst begründete Vermutungen, in welchem Umfang die Lernenden über die entsprechenden Voraussetzungen verfügen oder ob sie sich diese erschließen oder erarbeiten können.
- Formulieren Sie den Informationsteil knapp, aber klar und verständlich. Manchmal genügt der Hinweis auf eine lebensweltliche Situation, aber oft sind auch Beschreibungen, Bilder, Diagramme oder Tabellen notwendig.
- Formulieren Sie eine oder mehrere präzise Aufforderungen, was zu tun ist, oder was erwartet wird. Achten Sie darauf, dass die verwendeten Arbeitsanwei-

sungen möglichst zu beobachtbaren Tätigkeiten oder Produkten führen. Präzise Formulierungen dieser Art schließen keineswegs offene Aufgabenstellungen aus.

- Klären Sie, ob und welche Hilfen Sie zur Bearbeitung der Aufgabe für angemessen halten. Bearbeitungshinweise, inhaltliche Impulse und lernstrategische Hilfen können zur Differenzierung beitragen und den Lernenden z.B. als „gestufte Hilfen“ zur Verfügung gestellt werden. Zeit sparende Vorgaben, z. B. Leertabellen, Koordinatensysteme oder Zeichnungsvorlagen, erhöhen zugleich die effektive Lernzeit (time on task).
- Planen Sie die Kontrolle der Lösungen ein. Lernende können ihre eigenen Lösung oder die von Mitschülern auch selbst überprüfen. Dabei sind Musterlösungen und Lösungsraster hilfreich.

Literaturverzeichnis

Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung Dillingen (Hrsg.) (2004): Offene Lernformen im Chemieunterricht. Akademiebericht Nr. 395. Dillingen: Akademiepublikation.

Blum, W. & Neubrand, M. (Hrsg.) (1998): TIMMS und der Mathematikunterricht. Informationen, Analysen, Konsequenzen. Braunschweig: Schroedel.

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.

Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.) (2001): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske+Budrich.
Forschergruppe Kassel (2004): Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. In: Lernchancen, 7. Jg., H. 42, 38–43.

Freiman, T. & Schlieker, V. (2001): Stille Post. In: Unterricht Chemie. 12. Jg., H. 64/65, 50-53.

Freiman, T. (2004): Aufgaben – innovativ und entlastend. In: Unterricht Chemie, 15. Jg., Nr. 82/83, 14–16.

Gropengießer, H., Höttecke, D., Nielsen, T. & Stäudel, L. (2006): Mit Aufgaben lernen. Seelze: Friedrich Verlag.

Hänze, M., Schmidt-Weigand, F. & Blum, S. (2007). Mit gestuften Lernhilfen im naturwissenschaftlichen Unterricht selbständig lernen und arbeiten. In K. Rabenstein & S. Reh (Hrsg.), Kooperatives und selbständiges Arbeiten von Schülern: Zur Qualitätsentwicklung von Unterricht(S. 197-208). Wiesbaden: VS Verlag.

Hammann, M. (2006): PISA und Scientific Literacy. In: Steffens, U., Messner, R. (Hrsg.): PISA macht Schule. Konzeptionen und Praxisbeispiele zur neuen Aufgabekultur. Band 3 der Reihe: Folgerungen aus PISA für Schule und Unterricht. Wiesbaden: Institut für Qualitätsentwicklung, 127-179.

- Hepp, R. (2003):** Neues erarbeiten. In: Unterricht Physik, 14. Jg., Nr. 75/76, 38; siehe auch die Heftbeilage Methodenwerkzeuge in Übersicht.
- Herget, W. & Scholz, D. (1998):** Die etwas andere Aufgabe – aus der Zeitung. Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- Leisen, J. (2001):** Qualitätssteigerung des Physikunterrichts durch Weiterentwicklung der Aufgabenkultur. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 54. Jg., H. 7, 401-405.
- Leisen, J. (Hrsg.) (1999):** Methoden-Handbuch deutschsprachiger Fachunterricht (DFU). Bonn: Varus Verlag.
- Parchmann, I. & Stäudel, L. (Hrsg.) (2007):** Mit Basiskonzepten Unterricht gestalten. Themenheft der Zeitschrift Unterricht Chemie, 18. Jg.. H.100/101.
- Stamme, M. (2003):** Fressen und gefressen werden. Strukturelles Denken entwickeln. In: Ball, H., u.a. (Hrsg.): Aufgaben. Lernen fördern - Selbstständigkeit entwickeln. Friedrich Jahresheft XXI, 90-92.
- Stäudel, L. (2004):** Der tropische Regenwald. Eine Aufgaben-gestützte Modellierung von Stoffumsätzen. In: Unterricht Chemie, 15. Jg., H. 82/83, 83–86.
- Stäudel, L. (2006):** Von der Testaufgabe zur Lernaufgabe. 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, 181–226.
- Stäudel, L., Franke-Braun, G. & Schmidt-Weigand, F. (2007): Komplexität erhalten – auch in heterogenen Lerngruppen: Aufgaben mit gestuften Hilfen. In: ChemKon, 14. Jg., H. 3/2007, 115–122.
- Wißner, O. (2004):** Das Öffnen von Aufgaben. In: Unterricht Chemie, 15. Jg., H. 82/83, 192-195.
- Wodzinski, R., Hänze, M. & Stäudel, L. (2006):** Selbstständigkeitsorientiertes fachliches Lernen in den Naturwissenschaften durch kognitiv anspruchsvolle Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. In: Messner, R. u. a.: Selbstständiges Lernen im Fachunterricht. Kassel: University-Press, S. 28–29.
- Wodzinski, R., Wodzinski, Ch. T. & Hepp, R. (Hrsg.) (2007):** Differenzierung. Themenheft der Zeitschrift Unterricht Physik, 18. Jg.. H. 99/100. Darin insbesondere:
- Wodzinski, R. & Wodzinski, Ch. T.:** Unterschiede zwischen Schülern – Unterschiede im Unterricht? Guten Physikunterricht für alle Schülerinnen und Schüler gestalten. Ebenda, 4-9.