



Komplexität erhalten – auch in heterogenen Lerngruppen: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen

Lutz Stäudel, Gudrun Franke-Braun und Florian Schmidt-Weigand

In Folge von TIMSS und PISA haben sich viele Lehrkräfte gefragt, was sie denn tun können, um das kritisierte fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräch [1] zumindest teilweise durch ein anderes methodisches Vorgehen zu ergänzen, wenn nicht zu ersetzen. Die Alternativen mussten aber zumindest ebenso funktional und praktikabel sein wie das oft bemühte Wechselgespräch zwischen Lehrkraft und Lernenden. Von neuen Ansätzen wurde zudem erwartet, dass sie bei den Schülern kognitiv aktivierend wirken, indem sie z.B. die Bearbeitung anspruchsvoller Problemstellungen erlauben.

Im Zuge von SINUS wurde eine Fülle von Methoden wieder entdeckt und reaktiviert oder in neuer Gestalt für den naturwissenschaftlichen Unterricht aufbereitet [2]. Kooperative Lernformen gehören zu diesem neuen Unterrichtsrepertoire ebenso wie das Lernen an Stationen oder der Einsatz von Methodenwerkzeugen [3, 4, 5]. Insbesondere Aufgaben, und zwar in Gestalt von Lernaufgaben, erfahren lebhaftes Interesse, und nicht zu Unrecht:

- Zum einen überantwortet die Lehrkraft mit der gestellten Aufgabe einen Teil der Verantwortung für das Lernen den Schülern und Schülerinnen,
- die notwendige Durcharbeitung einer Fragestellung oder eines Problems entspricht viel eher einer konstruktivistischen Sicht des Lernens,
- und schließlich kann die Komplexität einer Fragestellung deutlich besser erhalten werden als in der kleinschrittigen Bearbeitung während eines Unterrichtsgesprächs.

Komplexere Aufgabenstellungen stoßen in der Praxis aber schnell an ihre Grenzen, wenn sie von Schülern unterschiedlicher Leistungsfähigkeit bearbeitet werden sollen. Wenn das verfügbare Vorwissen in großem Umfang differiert und außerdem die kognitiven Möglichkeiten sich innerhalb einer Lerngruppe stark unterscheiden, bedeuten manche Problemstellungen zumindest für einige eine deutliche Überforderung. Nicht zuletzt aus diesem Grund hat sich in den naturwissenschaftlichen Fächern in der Vergangenheit kaum eine Kultur anspruchsvoller Aufgabenstellungen entwickeln können; schließlich mag man es weder den Schülern zumuten, sich während einer Aufgabenbearbeitung regelmäßig als Hilfe bedürftig zu outen, noch kann sich eine Lehrkraft gleichzeitig mehreren Unterstützung fordernden Kleingruppen zuwenden. Was also tun?

Stichworte: Aufgaben · Gestufte Lernhilfen · Selbstständigkeitsorientiertes Lernen

Aufgaben mit gestuften Hilfen – Charakterisierung des Formats

Das Dilemma kann in vielen Fällen produktiv gelöst werden, indem man eine Aufgabe mit einer Reihe schriftlich formulierter Lernhilfen ausstattet, die die Lernenden nach Bedarf selbstständig in Anspruch nehmen können. Das Format „Aufgaben mit gestuften Hilfen“, gelegentlich auch als „Aufgaben mit abgestuften Lernhilfen“ bezeichnet, wurde erst kürzlich von J. Leisen für den naturwissenschaftlichen Unter-

richt vorgeschlagen [6]. Vorschläge für den Chemieunterricht entstanden dann hauptsächlich im Kontext des SINUS-Modellversuchs.

Ein frühes, besonders eindrucksvolles Beispiel stammt von V. Schlieker, der in einem Oberstufenkurs seine Schüler mit der Aufgabe konfrontiert, in Kleingruppen selbstständig den Öltröpfchen-Versuch auszuwerten und mit Hilfe einer Modellbetrachtung die Dimension des monomolekularen Films in der Petrischale zu bestimmen bzw. die Zahl der Teilchen in dieser Schicht abzuschätzen. In der Videoaufzeichnung [7] lässt sich gut nachvollziehen, wie die Hilfen „funktionieren“: kommt eine Gruppe mit ihren eigenen Überlegungen nicht weiter, zieht sie ein gefaltetes Blatt aus einem Umschlag am Gruppentisch und versucht, die gefundenen Informationen für ihr weiteres Vorgehen zu nutzen. Manche Gruppen lösen die Aufgabe ganz ohne Inanspruchnahme von Hilfen und vergewissern sich erst am Schluss, dass sie richtig gedacht und gearbeitet haben – die letzte Hilfe mit der Komplettlösung ist in diesem Fall eine Hilfe zur Ergebniskontrolle; andere weniger leistungsstarke Gruppen benötigen alle Hilfen nacheinander – für sie stellt dieses Verfahren eine Art Arbeit mit einer Musterlösung dar, ein ebenfalls erprobtes Verfahren mit deutlichen Lerneffekten [8]. Während sich in anderen Situationen ein deutlich unterschiedlicher Zeitaufwand für Gruppen mit verschiedener Leistungsfähigkeit ergibt, gleichen sich bei der Verwendung von Aufgaben mit gestuften Hilfen die Bearbeitungszeiten deutlich an: die einen versuchen, die Lösung möglichst eigenständig zu erarbeiten, die anderen müssen die jeweiligen inhaltlichen Impulse in ihre mentale Modellierung des Problems einarbeiten.

Lutz Stäudel, Jahrgang 1948, Dipl. Chem., Promotion zum Dr. rer. nat. 1976, Mitarbeit im Modellversuch Umwelterziehung 1973-1976, seit 1976 wiss. Mitarbeiter an der Universität Kassel, 1998-2003 Leitung des Modellversuchs SINUS Naturwissenschaften in Hessen, seit 2003 Beratung für SINUS Transfer, Mitherausgeber der Zeitschrift Unterricht Chemie und des Friedrich Jahreshefts.

Gudrun Frank-Braun, Jahrgang 1965, Lebensmittelchemikerin, Zweitstudium für das Lehramt an Haupt- und Realschulen mit den Fächern Chemie und Biologie, seit 2005 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Kassel im DFG-geförderten Projekt „Selbstständigkeitsorientiertes fachliches Lernen in den Naturwissenschaften durch kognitiv anspruchsvolle Aufgaben mit gestuften Hilfen“.

Florian Schmidt-Weigand, Jahrgang 1970, Diplom-Psychologe, Promotion zum Dr. phil. an der Universität Gießen 2006, seit 2005 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Kassel

Anschriften:

Dr. Lutz Stäudel und Gudrun Franke-Braun, Universität Kassel, FB 18, Institut für Chemie, 34109 Kassel

Dr. Florian Schmidt-Weigand, Universität Kassel, FB 07, Institut für Psychologie, 34109 Kassel

E-Mail: lutzs@uni-kassel.de
franke-braun@uni-kassel.de
f.schmidt-weigand@uni-kassel.de

Das angeführte Beispiel charakterisiert aber keineswegs den Haupteinsatzbereich von Aufgaben mit gestuften Hilfen. Besonders bewährt haben sie sich inzwischen in der Mittelstufe, wo mit ihrer Hilfe den Schülern in vielen thematischen Zusammenhängen die Möglichkeit gegeben wird, Wissen im Kontext einer Problemstellung zu erarbeiten oder bereits erarbeitetes Wissen in einem veränderten thematischen Kontext anzuwenden und so besser verfügbar zu machen.

Aufgaben mit gestuften Hilfen als Gegenstand der Forschung

Zwar hat sich das Aufgabenformat bereits im Unterricht vieler SINUS-Schulen bewährt, jedoch stellt sich bei der Propagierung neuer methodischer Ansätze immer auch die Frage, ob das Neue tatsächlich auch das Bessere ist, und unter welchen Bedingungen es seine Potenz entfalten kann. Als sich an der Universität Kassel eine interdisziplinäre Forschergruppe gründete, die inzwischen seit zwei Jahren unter dem Titel *Lehren – Lernen – Literacy* Untersuchungen zum selbstständigen Lernen im Fachunterricht vorantreibt, erschienen der Gruppe u.a. die „Aufgaben mit gestuften Hilfen“ als lohnenswertes Objekt von empirischen Studien. Das neben vier weiteren seit 2005 von der DFG geförderte Projekt trägt den Titel *Selbstständigkeitsorientiertes fachliches Lernen in den Naturwissenschaften durch kognitiv anspruchsvolle Aufgaben mit gestuften Lernhilfen* [9].

Ausgangspunkt der Untersuchungen ist zum einen, dass besonders im unteren Leistungssegment unseres Schulsystems Förderungsbedarf auszumachen ist, dass aber deutsche Schüler andererseits hinsichtlich ihrer (nicht fachspezifischen) Problemlösekompetenz über ein vergleichsweise großes kognitives Potenzial verfügen [10]. Dieses „träge“ Potenzial kann und sollte genutzt werden, um fachbezogenes Wissen und tiefer greifendes Verständnis aufzubauen und die Problemlösekompetenz in den Naturwissenschaften zu stärken. Die Hypothese lautet, dass durch eine entsprechende Gestaltung von Lernhilfen bei der Aufgabenbearbeitung das kognitive Potenzial von Schülern in größerem Maße ausgeschöpft und eine tiefere kognitive Verarbeitung angeregt werden kann. Zielgruppen sind bevorzugt die Jahrgänge 8 und 9 an Haupt- und Realschulen.

Die inzwischen entwickelten Aufgaben ähneln in gewissem Umfang PISA-Aufgaben:

- Als Kontext dient ein bekanntes Phänomen oder eine authentische Alltagssituation, die das Interesse der Lerner wecken soll.
- In dieser realitätsnahen Situation werden die Schüler mit einer konkreten Fragestellung zum Problem konfrontiert, welche auf ein bestimmtes naturwissenschaftliches Konzept zielt.
- Die Aufgabenstellung ist vergleichsweise komplex und orientiert sich am oberen Leistungsniveau der Lernenden.

Drei Beispiele:

Bei der **5-Cent-Münze-Aufgabe** sollen die Schüler unter Nutzung schulisch verfügbarer Mittel ein Verfahren entwickeln, mit dem sie die Vermutung stützen können, dass die 5-Cent-Münze nicht aus reinem Kupfer besteht. Die Hilfen führen sie auf den Weg zur Überprüfung der Dichte und deren Be-

rechnung durch Volumenbestimmung (à la Archimedes oder durch Vermessung der Münze) und Wägung einer Münze [11].

Bei der **Feuerlösch-Aufgabe** sind die Lernenden aufgefordert herauszufinden, warum die Feuerwehr zum Löschen vorzugsweise Wasser benutzt. Ausgehend von den Bedingungen der Feuerentstehung – Brennstoff, Sauerstoff und Überschreitung der Entzündungstemperatur – erarbeiten sich die Lernenden einen Weg zum Verständnis, dass es die hohe Wärmekapazität (und die gute Wärmeleitfähigkeit) von Wasser ist (sind), die es zum bevorzugten Löschmittel machen [12].

Die **Salze-lösen-Aufgabe** soll hier ausführlich vorgestellt werden, weil daran später auch die Struktur der Hilfen vorgestellt und diskutiert werden kann:

Wie viel Salz löst sich in Wasser?

Salze lösen sich in Wasser unterschiedlich gut. In 1 kg Wasser (das entspricht bei einer Temperatur von 20°C 1 Liter Wasser) kann man z.B. ungefähr 360 g Kochsalz auflösen. Andere Salze lösen sich fast gar nicht in Wasser. Ein Beispiel hierfür ist das Bariumsulfat. Die geringe Löslichkeit von Bariumsulfat wird in der Medizin genutzt, wo es als Kontrastmittel beim Röntgen von Magen und Darm eingesetzt wird. Der Patient schluckt vor dem Röntgen einen Bariumsulfatbrei, der praktisch unverändert wieder ausgeschieden wird.

Man kann für jedes Salz einen Wert bestimmen, der angibt, wie gut sich das Salz in Wasser lösen lässt. Dabei kommt es auch auf die Temperatur des Wassers an. In der Tabelle sind einige Beispiele angegeben.

| Salz | Löslichkeit in 20°C warmem Wasser (g/100 g) |
|----------------------------|---|
| Natriumchlorid (Kochsalz): | 35,88 |
| Bariumsulfat: | 0,00024 |
| Calciumsulfat (Gips): | 0,20 |
| Calciumcarbonat (Kalk): | 0,0014 |
| Ammoniumchlorid (Salmiak): | 37,56 |

Deine Aufgabe:

Wie kannst du vorgehen, um zu bestimmen, wie viel Gramm eines Salzes sich in 100 g Wasser lösen lassen? Überlege dir dazu einen Versuch!

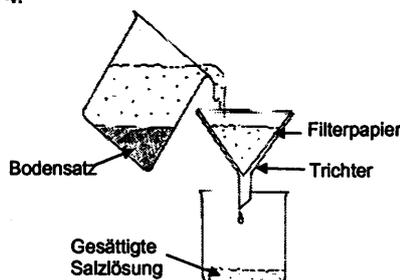
Wie man sieht, handelt es sich bei den Aufgabenstellungen um mentale Handlungsaufforderungen, die die Anwendung einer naturwissenschaftlichen Arbeitsweise gedanklich vorwegnehmen, z. B. „Überlegt euch einen Versuch/ein Verfahren, mit dem ihr herausfinden könnt ...“; „Stellt eine Vermutung an überWie könnt ihr diese Vermutung durch einen Versuch überprüfen?“ Dies gilt auch für die Aufgaben mit eher physikalischem Hintergrund [13].

Eine weitere Gemeinsamkeit der entwickelten Aufgaben ist, dass sie eher geschlossenen Charakter aufweisen. Dies hat unmittelbar mit dem System der Hilfen zu tun, die für die Bearbeitung zur Verfügung gestellt werden.

Die Hilfen:

| | |
|---|---|
| Hilfe 1 Formuliere die Aufgabe noch mal in eigenen Worten. Dabei kannst du klären, was dir noch unklar ist. | Lösung 1 Zum Beispiel: „Ich soll mir ein Verfahren überlegen, mit dem ich bestimmen kann, wie viel Gramm eines bestimmten Salzes sich in 100 g Wasser lösen lassen.“ |
| Hilfe 2 Erinnere dich: Woran erkennst du, dass sich kein Salz mehr im Wasser lösen lässt? | Lösung 2 Wenn trotz Rührens ein Bodensatz bleibt, kann sich kein weiteres Salz mehr im Wasser lösen. Die so entstandene Salzlösung nennt man auch „gesättigte“ Lösung. |
| Hilfe 3 Welche Möglichkeiten kennst du, um eine Lösung von ihrem Bodensatz zu trennen? | Lösung 3 Du kannst die Salzlösung z.B. durch einen Filter gießen. Der nicht im Wasser gelöste Bodensatz bleibt im Filterpapier zurück. |
| Hilfe 4 Zeichne eine Skizze dazu, wie du den Bodensatz von einer gesättigten Salzlösung trennen kannst. Denk daran, die Skizze auch zu beschriften! | Lösung 4 (siehe unten) |
| Hilfe 5 Wenn du den Bodensatz von der gesättigten Lösung getrennt hast, kannst du bestimmen, wie viel Salz sich im Wasser gelöst hat. Welche beiden Möglichkeiten stehen dir zur Verfügung? | Lösung 5 a) Du kannst die gesättigte Lösung wiegen oder b) Du kannst den im Filter verbliebenen Bodensatz wiegen, nachdem er getrocknet ist. |
| Hilfe 6 Wie kannst du aus dem Gewicht der Flüssigkeit berechnen, wie viel Salz sich im Wasser gelöst hat? | Lösung 6 Du brauchst folgende Werte: • Wie viel wiegt deine gesättigte Salzlösung? • Wie viel wiegt deine Ausgangsmenge an Wasser, in die du das Salz gegeben hast? • Bilde die Differenz! • Wenn du genau 100 g Wasser genommen hast, hast du das Ergebnis für die Löslichkeit in g/100 g. • Wenn du nicht genau 100 g Wasser genommen hast, musst du noch auf 100 g Wasser umrechnen und hast dann die Löslichkeit in g/100 g. |
| Hilfe 7 Es bleibt beim Filtrieren immer ein kleiner Anteil Wasser im Filter. Das kannst du daran erkennen, dass Filterpapier und Filterrückstand nach dem Filtrieren nass sind. Das bedeutet, du hast einen Verlust an Wasser im Filtrat. Wie kannst du aus dem Gewicht des Bodensatzes berechnen, wie viel Salz sich gelöst hat? | Lösung 7 Du musst den Bodensatz vor dem Wiegen trocknen. Dann brauchst du folgende Werte: • Wie viel Wasser hast du genommen? • Wie viel Salz hast du insgesamt ins Wasser gegeben? • Wie viel davon ist als getrockneter Bodensatz übrig geblieben? • Bilde die Differenz der Salzmengen! • Wenn du genau 100 g Wasser genommen hast, ist das dein Ergebnis für die Löslichkeit des Salzes in g/100g. • Wenn du nicht genau 100 g Wasser genommen hast, musst du noch auf 100 g Wasser umrechnen und hast dann die Löslichkeit in g/100g. |

Lösung 4:



Anleitung zum Arbeiten mit einer Aufgabe mit gestuften Hilfen

Die folgende allgemeine Anleitung zur Aufgabebearbeitung erhalten Schüler nur, wenn sie zum ersten Mal mit diesem Aufgabenformat konfrontiert werden. Beim weiteren Einsatz reichen mündliche Erinnerungen und zusätzliche Aufforderungen zum miteinander über die Fragestellung Sprechen aus.

Ihr bekommt jetzt eine **Aufgabe**, die ihr in **Partnerarbeit** lösen sollt. Dabei sollt ihr gemeinsam über die Problemstellung **sprechen** und mögliche Lösungsansätze diskutieren.

Die Aufgabe enthält alle **Informationen**, die ihr zum Lösen der Aufgabe braucht. Bearbeitet die Aufgabe so gut, wie es euch möglich ist. Hinterher soll jeder für sich die **Lösung zu der Aufgabe aufschreiben** können und weitere **Fragen zum Thema** beantworten können. Ihr habt für die Bearbeitung der Aufgabe ausreichend **Zeit** zur Verfügung.

Wenn ihr in euren Überlegungen bei der Bearbeitung der Aufgabe nicht weiter kommt, könnt ihr **einzelne Hilfen** benutzen. Alle Hilfen, die ihr bekommt, beziehen sich auf die Lösung der Aufgaben. Die Hilfen sind also zur Unterstützung gedacht.

Nehmt jeweils **nur eine Hilfe** in Anspruch und beginnt dabei mit der Hilfe 1. Jede Hilfe besteht aus **zwei Teilen**. Es gibt im ersten Teil entweder eine Frage oder einen Denkanstoß und im zweiten Teil eine Antwort dazu. Ihr sollt zunächst die in der Hilfe gestellte Frage bearbeiten bzw. den in der Hilfe gegebenen Denkanstoß **gemeinsam diskutieren**. Überlegt euch, wie ihr die Hilfe zur Lösung der Aufgabe verwenden könnt. Schaut euch erst dann die Antwort zu der Hilfe an. Benutzt die Hilfen in der Reihenfolge ihrer Nummerierung. Auch wenn ihr eine Lösung gefunden habt, schaut euch trotzdem die nächsten Hilfen an. Ihr könnt mit den Hilfen nämlich überprüfen, ob eure Lösung richtig ist.

Die Hilfen

Das zweite Element des Aufgabenformats stellen die sequenziellen Lernhilfen dar, die die Schüler beim Problemlöseprozess unterstützen sollen. Es handelt sich um Impulse **inhaltlicher** oder **lernstrategischer** Art. Die gezielte Einbeziehung lernstrategischer Hilfen stellt bereits ein Ergebnis der bisherigen Untersuchungen dar; die Optimierung des Verhältnisses von inhaltlichen und lernstrategischen Hilfen ist eines der Entwicklungsziele.

Inhaltliche Hilfen

können als **direkte Hilfe** formuliert werden, z.B.

- Die Formel für Kochsalz ist NaCl.
 - Den Rest beim Lösen nennt man Bodensatz.
- oder als **Frage** formuliert werden, z.B.
- Welche Möglichkeiten kennst du, um eine Lösung von ihrem Bodensatz zu trennen?
 - Erinnere dich: Was weißt du über den Aufbau von Salzen?

Lernstrategische Hilfen

- Formuliere die Aufgabe in eigenen Worten!
- Suche im Text nach wichtigen Informationen, die du für die Lösung der Aufgabe nutzen kannst.
- Was weißt du schon über den Sachverhalt und was kannst du daraus folgern?
- Kennst du etwas Ähnliches?
- Was weißt du schon über das Gesuchte und was benötigst du dafür?
- Versuche das Problem in einem Schema/einer Skizze zu veranschaulichen!

Die für die Untersuchungen verwendeten Lernhilfen sind jede für sich zweigeteilt: Auf der Vorderseite erhalten die Schüler Aufforderungen oder Fragen als Denkipulse, auf der Rückseite die zugehörigen Antworten als Teillösung bzw. Rückmeldung. Je nach Art der Hilfe wird bei den Schülern Unterschiedliches bewirkt [14]:

- Die **Aufforderung zur Paraphrasierung** der Aufgabenstellung dient der Strukturierung. Das Verstehen der Aufgabe ist erste wesentliche Voraussetzung, um das Problem überhaupt bearbeiten und zu einer Lösung gelangen zu können.
- Sachbezogene Informationen mittels entsprechender Impulsfragen sollen **Vorwissen aktivieren** und mit der Aufgabenstellung in Bezug setzen.
- Andere eher lernstrategische Hilfen zielen auf die **Elaboration von Unterzielen** ab. Habe ich alle wesentlichen Informationen im Aufgabentext richtig erfasst? Welche Informationen benötige ich noch für die Lösung?
- Hinweise wie „Fertige eine Skizze an!“ sollen qua Visualisierung die **Strukturierung des aktuellen Bearbeitungs Zustands** unterstützen.
- Zur **Verifizierung** erhalten die Schüler mit der letzten Hilfe eine Musterlösung, mit der sie die Richtigkeit und Vollständigkeit ihrer eigenen Lösung überprüfen können.

Die jeweilige Funktion einer Hilfe kann am vorgestellten Beispiel - „Salze lösen sich unterschiedlich gut“ – leicht nachvollzogen werden. Weitere Erläuterungen zur Gestaltung der Hilfen finden sich im Abschnitt *Wie man eine Aufgabe mit gestuften Hilfen konstruiert – ein Leitfadens*.

Anzumerken ist, dass es für die Hilfen, ebenso wie für die Formulierung von Aufgaben, weite Variationsmöglichkeiten gibt. Je nach Einschätzung der Leistungsfähigkeit einer Gruppe kann sowohl die Zahl der zur Verfügung gestellten Hilfen variieren, ebenso deren Art: so können inhaltliche Fragen durch Antworten ergänzt werden, müssen es aber nicht. Entsprechendes gilt für die lernstrategischen Hilfen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass eine Beschränkung auf lernstrategische Hilfen alleine den Bearbeitungs- und Lösungsprozess nicht unterstützt.

Die Aufgabenbearbeitung im Unterricht

Die Schüler erhalten die schriftliche Aufgabenstellung sowie einen Umschlag mit den Hilfen. Um ein voreiliges Durchblättern der Hilfen zu verhindern, sind die Zettel mit den Hilfen zusätzlich einmal gefaltet, ggf. noch mit Büroklammer oder Klettverschluss verschlossen.

Die Bearbeitung erfolgt kooperativ in Zweiergruppen, ist aber auch in anderen Konstellationen (Dreier- oder Vierergruppen oder auch Einzelarbeit) möglich. Kooperative Bearbeitungsformen bieten den Vorteil, dass sie die Kommunikation zwischen den Lernenden anregen und so die Lösungen der Aufgaben ko-konstruiert werden.

Beim ersten Einsatz einer Aufgabe mit gestuften Hilfen kann zudem noch eine Anleitung (siehe Kasten) verteilt werden, mit deren Hilfe sich die Lernenden bzgl. des methodischen Vorgehens auch während der Bearbeitung vergewissern können. Beim ersten Mal ist es zudem wichtig, die Schüler nachdrücklich darauf hinzuweisen, dass sie selbst über den Zeitpunkt bestimmen, zu dem sie eine Hilfe in Anspruch nehmen. Sie

sollen dabei im Sinne selbstgesteuerten Lernens eine Balance zwischen Aushalten des noch-nicht-Wissens oder -Verstehens und der Annahme einer Hilfe finden. Wenn eine Gruppe zu lange zögert, kann man sie ruhig zur Anspruchnahme einer Hilfe ermutigen; so wird Misserfolgs erleben vermieden und ein Ausstieg aus dem Bearbeitungs- und Lernprozess verhindert [15].

Indem die Schüler selbst über den Zeitpunkt und das Ausmaß der Nutzung der angebotenen Lernhilfen bestimmen, variieren sie in gewissem Umfang auch den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe. Ein solches Arrangement entspricht dem Prinzip der adaptiven Instruktion nach F. E. Weinert [16] und gilt als gutes Instrument der Differenzierung.

Auch wenn Schüler für ihre Lösung nicht alle Hilfen benötigt und genutzt haben, so werden sie doch ermutigt, die dargebotenen Hilfen durchzulesen. Dadurch können sie zum einen ihre Lösung selbstständig auf Richtigkeit und Vollständigkeit überprüfen. Zum anderen vermitteln die Hilfen implizit auch, wie man strategisch mit komplexen Aufgaben umgehen kann.

Erste Befunde und weitere Forschungsfragen

Seinen Ausgangspunkt hatte das spätere Forschungsprojekt in einer kleinen Fallstudie: Gemeinsam mit einer Lehrkraft einer SINUS-Schule, die bereits Erfahrungen mit ähnlichen Aufgabenformaten aus dem Mathematikunterricht mitbrachte, wurden einige Aufgaben für den Chemieunterricht konzipiert und mit Hilfen ausgestattet. In zunächst zwei Klassen (Hauptschule, Jahrgangsstufe 9) wurden diese Aufgaben einmal mit und einmal ohne Hilfen eingesetzt und anschließend untersucht, ob die Lernenden angemessene Lösungen produzierten und, drei Monate später, ob sich unterschiedliche Behaltensleistungen ergeben hatten. Die Ergebnisse waren ausgesprochen ermutigend, waren aber wegen der kleinen Schülerzahl und eines eher explorativen Ansatzes der Untersuchungen noch nicht hinreichend aussagekräftig.

Im Rahmen einer ersten experimentellen Studie an der Universität Kassel wurden im Herbst 2005 insgesamt 60 Schüler paarweise mit zwei ausgewählten Aufgaben konfrontiert, fast alle Zweiergruppen wurden dabei auch videografiert. Kontrolliert wurden u.a. Lernerleben, Motivation, Lösungsgüte und Transferleistungen.

Bereits bei diesen Untersuchungen stellte sich heraus, dass mit so gestalteten Aufgaben eine Situation erzeugt wird, die in hohem Maß der Weinertschen Forderung nach einer Trennung von Lern- und Prüfungssituationen entspricht [17]. Da sich die Schüler ihnen fehlende Informationen selbst durch Zugriff auf eine Lernhilfe beschaffen können, müssen sich insbesondere lernschwächere Schüler nicht als unwissend vor der Lehrperson zeigen. Entsprechende Äußerungen im Sinne eines unbelasteten Lernens fanden sich in den Fragebögen zum Lernerleben und wurden auch spontan zum Ausdruck gebracht.

Beobachtet wurde auch, dass die Schüler in der kooperativen Bearbeitungsform in hohem Maße sachbezogen kommuniziert haben. Inwieweit Ausmaß und Qualität sachbezogener Kommunikation von der Gestaltung der Lernhilfen abhängen und wie sich diese Kommunikation auf den Lernprozess auswirkt, war entsprechend eine der ersten Forschungsfragen.

Für das Forschungsprojekt selbst wurden weitere Fragen formuliert, die an dieser Stelle nur kurz skizziert werden sollen:

- Führen Aufgaben mit Lernhilfen zu einer höheren Lernleistung?
- Ist ein Zusammenhang zwischen Kommunikation und Lernleistung für dieses Aufgabenformat nachweisbar?
- Zeigen die Schüler ein gesteigertes Lernerleben durch Aufgaben mit gestuften Lernhilfen?

Sachbezogene Kommunikation

Um die Hypothese zu prüfen, ob *Schüler, die eine Aufgabe mit gestuften Lernhilfen bearbeiten, in ihrer Kommunikation in größerem Umfang und auf höherem Niveau sachbezogen kommunizieren*, wurden zwei Gruppen von Schülerinnen miteinander verglichen. In beiden Gruppen wurden in Partnerarbeit Aufgaben des oben dargestellten Typs bearbeitet. Die Schülerpaare der einen Gruppen bekamen zu den Aufgaben die ebenfalls weiter oben dargestellten gestuften Lernhilfen. Die Schülerpaare der Kontrollgruppe bekamen als Hilfe zur Aufgabenbearbeitung einen Informationstext. Die inhaltliche Äquivalenz zwischen Informationstext und gestuften Lernhilfen wurde dadurch sichergestellt, dass der Text auf Grundlage der Hilfeantworten zusammengestellt wurde. Der Informationstext kann auch als prototypischer Lehrbuchtext aufgefasst werden. Die (videografierte) Kommunikation von 28 Schülerpaaren wurde in Anlehnung an ein Kategorisierungssystem von Hänze und Berger [19] kodiert.

Kodierung der Kommunikation

| Kategorie | Beschreibung | Beispiel (aus der Salze-Lösen-Aufgabe) |
|-----------|---|--|
| V | Lautes Vorlesen | |
| Z | Inhaltliche Handlungsplanung; zielführend für eine mögliche Lösung | „Es darf sich nicht alles auflösen.“ |
| ML | Metakognitive Handlungsplanung; Planung, Überwachung und Regulation des Lernprozesses | „Ich gucke noch mal, vielleicht haben wir etwas Wichtiges übersehen“ |
| P | Naturwissenschaftliche Aussage; Daten/Fakten werden genannt, verständige Verwendung von Fachbegriffen; falsche Aussagen werden mit P-f codiert | „Wir müssen den Bodensatz abtrennen.“ |
| PP | Daten/Fakten werden verglichen oder bewertet, Schlussfolgerungen werden gezogen, Fachbegriffe richtig miteinander verknüpft; falsche Aussagen werden mit PP-f codiert | „Um den Bodensatz abzutrennen, müssen wir filtrieren.“ |
| U | Unverständlich | |
| O | Restkategorie; nicht zielführend für die Bearbeitung der Aufgabe, keine Nennung naturwissenschaftlicher Fakten und keine metakognitive Lernstrategie | |
| - | Aussage zu kurz oder Sinn nicht entnehmbar, z.B. bei gegenseitigen Unterbrechungen | |

Die statistische Analyse belegt, dass die Schülerpaare insgesamt mehr miteinander reden, wenn sie die Aufgaben mit gestuften Lernhilfen bearbeiten anstelle von Aufgabe plus Informationstext ($p < .05$). Die insgesamt höhere Zahl sprachlicher Äußerungen bei den gestuften Lernhilfen wirkt sich auch auf

die Häufigkeit aus, mit der Fachbegriffe verwendet (P) und miteinander verknüpft (PP) werden ($p < .05$, einseitig). Die gestuften Lernhilfen regen also tatsächlich zu einer stärkeren auch inhaltsbezogenen Kommunikation an.

Die Benutzung gestufter Lernhilfen schlägt sich auch in deutlich verbesserten Lernleistungen nieder. In der Studie wurde neben den Lernvoraussetzungen (Vorwissen, Textverständnis, Intelligenz, Selbstkonzept und Zielorientierung) auch Lernerfolgsmaße erhoben. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Lösungsgüte der Aufgabe als auch der Transfer über die Aufgabe hinaus (*jeweils $p < .05$*) durch gestufte Lernhilfen verbessert werden kann. Die Gruppe, die mit dem Format „Aufgaben mit gestuften Hilfen“ gearbeitet hatte, war der Kontrollgruppe in beiden Fällen überlegen [20]. Als interessanter Nebeneffekt zeigte sich, dass die Lerngruppen dann besonders erfolgreich waren, wenn sich die Partner hinsichtlich ihrer naturwissenschaftlichen Fachkompetenz unterschieden, wenn also ein Schwächerer mit einem Stärkeren zusammenarbeitete.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass gestufte Lernhilfen im Vergleich zu einem Lehrbuchtext einerseits die Kommunikation in Partnerarbeit signifikant verbessern können und andererseits zu höheren Lernleistungen führen. Offen bleibt in dieser Untersuchung, ob die positiven Lerneffekte ausschließlich auf die verbesserte Kommunikation zurückgehen bzw. wie viel die Strukturierung des Problems durch die Lernhilfen zu diesem positiven Effekt beiträgt. Dieser Frage wird aktuell in einer weiteren experimentellen Studie nachgegangen. Dabei ist auch zu klären, wie nachhaltig die Effekte sind.

Ausblick

Unabhängig vom Stand der Untersuchungen haben Aufgaben mit gestuften Hilfen inzwischen weite Verbreitung gefunden. Insbesondere in den Schulsets des SINUS-Transfer-Projektes gibt es eine sich stabilisierende Erfahrungsbasis. Dessen ungeachtet gehen aber auch die Untersuchungen weiter:

Für das Schuljahr 2007/2008 ist eine Feldstudie im normalen naturwissenschaftlichen Unterricht mit 18 Schulklassen (Jahrgangsstufe 8) in Vorbereitung. Die Schüler sollen dann curriculumbegleitend mehrere Aufgaben über ein Halbjahr verteilt bearbeiten; in den Kontrollklassen werden die gleichen Inhalte von den gleichen Lehrkräften konventionell vermittelt. Systematisch überprüft werden sollen dabei zum einen die Praxistauglichkeit von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen im Regelunterricht sowie die längerfristigen Effekte bei wiederholtem Einsatz dieses Aufgabentyps, zum anderen weitere Effekte, u.a. in Bezug auf eine allgemeinere naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz.

Literatur

- [1] BLK (Hrsg.), Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“, Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung, Heft 60, Bonn, 1997
- [2] L. Stäudel, Chemieunterricht nach „SINUS“, PdN-ChidS 53/8 (2004) S. 27-32
- [3] I. Eilks, L. Stäudel (Hrsg.), Kooperativ lernen, Unterricht Chemie 16/88/89 (2005)

- [4] L. Stäudel (Hrsg.), Lernen an Stationen. Unterricht Chemie 11/58/59 (2000)
- [5] T. Freiman, V. Schlieker (Hrsg.), Methodenwerkzeuge, Unterricht Chemie 12/64/65 (2001)
- [6] J. Leisen (Hrsg.), Methodenhandbuch deutschsprachiger Fachunterricht DFU, Bonn 1999; vgl.: T. Freiman, Bientanz; Abgestufte Lernhilfen unterstützen die Individualisierung, in: H. Ball u.a. (Hrsg.), Aufgaben, Friedrich Jahresheft XXI, Seelze 2003, S. 96 – 99
- [7] CD Methodenwerkzeuge der Zeitschrift Unterricht Chemie, Seelze 200X, Videosequenzen zum Methodenwerkzeug „Aufgaben mit abgestuften Lernhilfen“
- [8] A. Renkl, Explorative Analysen zur effektiven Nutzung instruktionaler Erklärungen beim Lernen aus Lösungsbeispielen, Unterrichtswissenschaft 41 (2001) S. 41-63
- [9] R. Messner, W. Blum (Hrsg.), Selbstständiges Lernen im Fachunterricht, Kassel 2006
- [10] Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.), PISA 2003, Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs, Münster 2004
- [11] Forschergruppe Kassel, Archimedes und die Sache mit der Badewanne – gestufte Hilfen im naturwissenschaftlichen Unterricht, in G. Becker u.a. (Hrsg.), Diagnostizieren und fördern, Friedrich Jahresheft XXIV (2006), S. 84 – 88
- [12] Forschergruppe Kassel, Aufgaben mit gestuften Lernhilfen, Lernchancen 42 (2004) S. 38-43; siehe auch: L. Stäudel, G. Franke-Braun, S. Hesse, Wasser Marsch! Naturwissenschaftliches Wissen verknüpfen, in: H. Gropengießer u.a. (Hrsg.), Mit Aufgaben lernen, Seelze 2006, S. 61-65
- [13] L. Stäudel Von der Testaufgabe zur Lernaufgabe, in: U. Stefens, R. Messner (Hrsg.), PISA macht Schule, Konzeptionen und Praxisbeispiele zur neuen Aufgabekultur, Wiesbaden 2006, S. 181 ff, hier S. 215-217
- [14] G. Franke-Braun, R. Wodzinski, Aufgaben mit gestuften Lernhilfen: Konzeption komplexer Aufgaben und Schülerbeobachtungen bei deren Bearbeitung, Tagungsbeitrag auf der Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in der deutschen Physikalischen Gesellschaft, Universität Kassel, Tagungsdokumentation auf CD
- [15] V. Aufschnaiter, S. Aufschnaiter, Eine neue Aufgabekultur für den Physikunterricht, MNU 54 (2001) S. 409-416.
- [16] F. E. Weinert, Lerntheorien und Instruktionsmodelle, Psychologie des Lernens und der Instruktion, Enzyklopädie der Psychologie, Band I 2, Göttingen 1996, S. 1-48
- [17] F. E. Weinert, Neue Unterrichtskonzepte zwischen gesellschaftlichen Notwendigkeiten, pädagogischen Visionen und psychologischen Möglichkeiten; Bayerisches Staatsministerium für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst (Hrsg.): Wissen und Werte für die Welt von morgen, München 1998, S. 101-125
- [18] E. Wuttke, Unterrichtskommunikation und Wissenserwerb, Konzepte des Lehrens und Lernens, Band 11, Frankfurt 2005
- [19] M. Hänze, R. Berger, Kooperative Lernformen im Physikunterricht: Auswertung der verbalen Interaktion in Schülergruppen, Vortrag auf der 67. Tagung der Arbeits-Gruppe für empirische pädagogische Forschung (AEPF), 19.9.-21.9.2005, Universität Salzburg
- [20] F. Schmidt-Weigand, M. Hänze, L. Stäudel, R. Wodzinski, Gestufte Lernhilfen: Effekte beim selbstständigen Bearbeiten komplexer Aufgaben, DPG 2006

Erläuterungen zum DFG Projekt

Lehren – Lernen – Literacy

An der Universität Kassel wurde im August 2002 eine interdisziplinäre Forschergruppe aus Erziehungswissenschaftlern, Fachdidaktikern und Pädagogischen Psychologen gegründet mit dem Ziel, die am Anschluss an TIMSS und PISA dringlich gewordene Probleme einer Verstärkung des selbstständigen Lernens im kognitiv anspruchsvollen Fachunterricht näher zu untersuchen. Im Mittelpunkt stehen Lehr-Lern-Szenarien, in denen das selbstgesteuerte Arbeiten und Lernen der Schüler – herausgefordert und begleitet durch die Lehrperson – gefördert werden kann.

Seit Dezember 2004 werden fünf Projekte dieser Gruppe, darunter auch unsere, unter dem Titel *Lehren – Lernen – Literacy* von der DFG gefördert. Allen fünf Vorhaben ist gemeinsam, dass Lernumgebungen für verschiedene Schulstufen und Leistungsniveaus konzipiert werden, in denen selbstständiges konstruktives Handeln der Lernenden im Mittelpunkt steht.

Das hier skizzierte Teilprojekt erforscht unter der vollständigen Bezeichnung *Selbstständigkeitsorientiertes fachliches Lernen in den Naturwissenschaften durch kognitiv anspruchsvolle Aufgaben mit gestuften Lernhilfen* Wirksamkeit und Einsatzmöglichkeit von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen im Physik- und Chemieunterricht. Insbesondere geht es um die Frage, inwieweit Aufgaben mit gestuften Lernhilfen ein geeignetes Mittel sind, in den naturwissenschaftlichen Fächern

- selbstständiges, kooperatives Lernen zu fördern,
- die fachliche Problemlösekompetenz zu stärken
- sowie die fachbezogene Selbstkompetenz zu stärken, und zwar insbesondere in leistungsschwächeren Lerngruppen.

Durchgeführt werden die Untersuchungen mit Schülerinnen und Schülern des Jahrgangs 9 an Haupt- und Realschulen. Ziel der 1. Projektphase war einerseits die Weiterentwicklung des Aufgabenpools sowie Analyse geeigneter Aufgaben und andererseits die Untersuchung förderlicher Randbedingungen. Die Gestaltung von Aufgaben und Lernhilfen wird dabei u.a. ins Verhältnis gesetzt mit Interaktion und Kommunikation der Lernenden sowie dem messbaren Lernergebnis.

Ziel der zweiten, jetzt laufenden Projektphase ist die Überprüfung der längerfristigen Effekte durch wiederholten Einsatz von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen im Regelunterricht. Dazu wird curriculumbegleitend ein Set von Aufgaben über ein Schulhalbjahr eingesetzt, um die Praxistauglichkeit im Schulunterricht zu erproben und die – erwarteten – Effekte bei wiederholtem Einsatz hinsichtlich der positiven Beeinflussung überdauernder Schülermerkmale nachzuweisen.

Wie man eine Aufgabe mit gestuften Hilfen konstruiert – ein Leitfaden

Die Ausgangssituation:

Im Unterricht war die Spannungsreihe der Metalle Gegenstand. Die Schüler kennen die Bedeutung von edlen und unedlen Metallen und haben gelernt, die Reaktionen zwischen Halbzellen als Elektronenübergänge mit der zugehörigen Bildung bzw. Reduktion von Kationen zu interpretieren.

Als alltagsnahe Anwendungsbeispiele stehen zur Verfügung die Zitronenbatterie, das Rosten von Eisen und die Reinigung von angelaufenem Silber.

Die Aufgabenstellung:

Die Reinigung von Silber soll als kognitiv anspruchsvolle Aufgabe zur Bearbeitung in Kleingruppen formuliert werden.

Eine Möglichkeit besteht darin, den Sachverhalt zu beschreiben – also dass angelaufenes Silberbesteck durch Einlegen in Kochsalzlösung und Kontakt zu einem Stück Alufolie wieder den alten Glanz bekommt – und die Lernenden aufzufordern, diesen Vorgang chemisch zu erklären. Das bloße „Erklären sollen“ führt oft dazu, dass die Schüler ein Phänomen oder ein Problem nur ungefähr skizzieren; will man eine möglichst präzise Antwort, so kann man sie auffordern, einen Versuch zu konzipieren, der den betreffenden Sachverhalt praktisch darstellt. Bei dessen Entwicklung und schriftlicher Darstellung fließen begründende Überlegungen, Hypothesen und Ansätze zu deren Überprüfung notwendigerweise mit ein. Die erste Frage lautet also:

Wie kann die Aufgabe so formuliert werden, dass das erwartete Ergebnis in der Planung des Experiments besteht?

Sicher ist das Beispiel zu kompliziert, als dass eine Lerngruppe das Verfahren zur Silberreinigung selbst erfinden könnte. Wenn man stattdessen eine Art Nacherfindung wünscht, müssen geeignete Hilfen gleich zu Anfang gegeben werden. Diese können z.B. darin bestehen, dass die Schüler erfahren, dass ein Silberlöffel in Wasser eingelegt wird, dass eine weiße lösliche Substanz zugefügt wird und dass ein Stück silberglänzendes Metall eingetaucht wird. Auf Basis dieser Informationen können leistungsstarke Schüler bereits ohne weitere Hilfe eine Lösung finden.

Zur Verbesserung der Motivation kann die Aufgabenstellung, ähnlich wie bei den PISA-Units, zudem in einen realen Kontext eingekleidet werden. Die zweite Frage lautet also:

In welchem realen/alltagsnahen Kontext könnte die Fragestellung eine praktische Bedeutung haben?

Ein möglicher Einleitungstext könnte wie folgt aussehen:

Marko schlendert über den Markt. An einem Stand sieht er, wie der Verkäufer ein weißes Pulver in einem Glas Wasser auflöst und dann einen richtig schwarz angelaufenen Löffel zusammen mit einem silberglänzenden Stück Metall hineinsteckt. Tatsächlich wird der Löffel nach kaum einer Minute wieder blank, allerdings nur soweit er in die Flüssigkeit eintaucht. Der Verkäufer preist seine „Kombipackung“ mit den geheimnisvollen Chemikalien als Revolution im Esszimmer an – aber Marko hört wie einer der Zuschauer nur lacht und seinem Nachbarn sagt, dass er keine teure Kombipackung brauche; den schwarzen Belag aus Silbersulfid könne man doch ganz ohne Kosten wegbekommen, nämlich mit Hilfsmitteln, die in jedem Haushalt sowieso vorhanden sind.

Leider hört Marko nicht mehr, um welche Haushalts-„Chemikalien“ es sich handelt. Er nimmt nur noch einen widerlichen Geruch nach faulen Eiern wahr, „Sie können auch riechen, wie es wirkt!“ sagt der Verkäufer, während Marko weiter geht.

Die Aufgabe selbst kann dann wie folgt formuliert werden:

Überlege dir, welche „üblichen Haushaltsmittel“ zur Silberreinigung verwendet werden können und schreibe ein kurzes „Rezept zur Silberreinigung“. Notiere deine Überlegungen und begründe die Wahl deiner Rezeptur!

Die Hilfen:

Standardmäßig enthält die erste Hilfe 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 gegenseitig die Aufgabe noch mal in euren eigenen Worten. Klärt dabei, wie ihr die Aufgabe verstanden habt und was euch noch unklar ist.*

Die zugehörige Lösung erscheint zwar trivial (und könnte auch weggelassen werden), bleibt aber aus formalen Gründen dabei.

L1 *Ihr sollt einen Versuch entwickeln, bei dem die Silbersulfidschicht am angelaufenen Silberbesteck aufgelöst werden kann.*

Als zweite (evtl. mit der ersten) Hilfe erfolgt der Hinweis, sich zu vergegenwärtigen, welche Informationen aus der Aufgabenformulierung entnommen werden können, also eine lernstrategische Hilfe.

H2 *Findet heraus, welche Informationen ihr der Marktstandszene entnehmen könnt. Notiert die identifizierten Gegenstände und Hilfsmittel und fertigt eine Skizze zum vorgeführten Experiment an!*

Im Sinne naturwissenschaftlichen Arbeitens ist dies die Aufforderung, die Elemente des zu betrachtenden Systems zu beschreiben und festzulegen – und somit Grundlage der weiteren Modellierung und des abschließend zu beschreibenden Versuchs.

L2 *Genannt werden:*

- ein Gefäß mit Wasser
- ein weißes Pulver
- ein silberglänzender metallischer Gegenstand
- der angelaufene Silberlöffel

Außerdem wird gesagt

- dass die schwarze Schicht auf der Oberfläche des Löffels aus Silbersulfid besteht
- und dass es während der Reaktion nach faulen Eiern riecht, sich also H_2S bildet.

Die Information, dass der Geruch nach faulen Eiern von entstehendem Schwefelwasserstoff herrührt, wird hier gegeben, weil die Bildung dieses Reaktionsproduktes nicht im Zentrum der Lösung steht. Umgekehrt ist sie für manchen Schüler hilfreich für die gedankliche Strukturierung. Eine Skizze kann, muss aber nicht angeboten werden, da es lediglich um die Visualisierung der Aufzählung ohne zusätzlichen Informationsgewinn handelt.

Mit der dritten Hilfe muss eine zentrale Information gegeben werden, die jenen Lernenden weiter hilft, die sich noch orientieren müssen hinsichtlich des anzuwendenden chemischen Konzepts. Im vorliegenden Fall wird ein Impuls in Richtung Spannungsreihe der Metalle gegeben. Die Hilfe wird am besten so formuliert, dass sie zur Aktivierung des Vorwissens führt:

H3 *Bei der Vorführung auf dem Markt wurde der Silberlöffel mit einem anderen Metall in Kontakt gebracht. Erinnert euch daran, was ihr über die Metalle wisst, z.B. dass es edle und unedle Metalle gibt.*

Als wichtiger Hinweis ist hier implizit enthalten, dass die beiden Metalle sich berühren müssen, damit es zum Reinigungseffekt kommt. Ansonsten erwartet man hier die Aktivierung des Wissens, das zuvor im Unterricht erarbeitet worden ist:

L3 *Metalle lassen sich danach auf einer Skala anordnen, wie edel oder unedel sie im Vergleich zueinander (oder im Vergleich zu Wasserstoff) sind. Bringt man zwei Metalle, die in Lösungen ihrer Salze eintauchen, elektrisch leitend miteinander in Verbindung, dann geht das unedle unter Abgabe von Elektronen als Metall-Ion in Lösung, die Ionen des edleren Metalls scheiden sich unter Elektronenaufnahme atomar ab.*

Magnesium → Aluminium → Zink → Eisen → Blei → Kupfer → Silber → Gold → Platin
unedel edel

Die konkrete Formulierung dieser inhaltlichen Hilfe hängt deutlich vom vorhergehenden Unterricht ab und von der Tiefe der Behandlung elektrochemischer Vorgänge. So kann der Hinweis auf die Wasserstoffelektrode entfallen oder es kann – deutlich abstrakter – auf die elektrochemischen Potenziale verwiesen werden. Ebenso könnten die Begriffe „oxidieren“ und „reduzieren“ benutzt werden, je nach dominierender Begriffsnutzung im Unterricht. Für die Mehrzahl der Schüler dürfte an dieser Stelle das Prinzip der Reaktion klar geworden sein: Das „Salz“ eines edleren Metalls kommt in Kontakt mit einem unedlen Metall. Durch Elektronenübergang bildet sich das edlere Metall aus seiner Verbindung zurück, das unedle „geht als Ion in Lösung“, wie man gelegentlich etwas unscharf sagt.

H4 Silber ist entsprechend seiner Stellung in der Spannungsreihe der Metalle ein edles Metall. In oxidierter Form – z.B. in der Verbindung Silbersulfid – hat es das Bestreben, Elektronen aufzunehmen und zum elementaren Silber reduziert zu werden. Welches Metall, das praktisch in jedem Haushalt vorhanden ist, könnte als geeignetes Reduktionsmittel dienen?

L4 Ein geeignetes Metall muss unedel sein. Entsprechend der Spannungsreihe der Metalle kommen Stoffe wie Magnesium, Aluminium oder Zink in Frage. Aluminium in Form von Alu-Folie ist in jedem Haushalt vorhanden. Eventuell als Fußnote: Tatsächlich ist der Sachverhalt etwas komplizierter, denn bei der Rückbildung des Silbersulfids zum metallischen Silber ist nicht das Standardpotenzial Ag/Ag^+ zu betrachten, sondern vielmehr das Potenzial, das sich zwischen Ag und Ag_2S ausbildet. Für die praktische Lösung des Problems ist dies hier aber ohne Belang – umgekehrt müsste man auch beim Aluminium berücksichtigen, in welche Verbindung es unter den gewählten Bedingungen übergeht.

Nach dieser prinzipiellen Klärung bleiben noch einige Fragen offen: So könnte thematisiert werden, wieso unter den Versuchsbedingungen die schützende Oxidschicht des Aluminiums nicht mehr wirkt, warum das Ganze nicht „trocken“ funktioniert u.a.m. Die Aufgabenstellung zielt aber zunächst auf eine pragmatische Lösung ab. Daher fokussiert die folgende (lernstrategische) Hilfe die Aufmerksamkeit der Lernenden auf den Stand der Bearbeitung und die Planung der nächsten Schritte.

H5 Ihr wisst jetzt, dass es sich bei der Silberreinigung um einen elektrochemischen Vorgang handelt, bei dem Aluminium oxidiert und Silber-Ionen reduziert werden. Seht euch noch einmal eure Skizze zur Ausgangssituation an und stellt fest, welche Bestandteile des Systems ihr inzwischen benennen und in ihrer Funktion beschreiben könnt und welche euch noch fehlen!

Die zugehörige Antwort führt mit ihrer ebenfalls pragmatischen Formulierung hin zur Frage nach der Identität des „weißen Pulvers“ und des Wassers.

L5 Ihr wisst noch nichts über das „weiße Pulver“ (1), das im Wasser (2) aufgelöst wird.

Genau genommen könnte es sich bei dem weißen Pulver des Marktschreibers um verschiedene Salze handeln. Eine Bedingung ist die, dass eine leitfähige Lösung entsteht, eine zweite ist, dass dieses Salz Chlorid-Ionen enthält, denn diese verhindern die Erneuerung einer schützenden Oxidschicht auf der Aluminiumoberfläche. Unter dem Gesichtspunkt der Verfügbarkeit im Haushalt kann es sich aber nur um Kochsalz handeln.

H6 *Erinnert euch: Welche Bestandteile braucht man mindestens, damit ein elektrochemischer Vorgang stattfinden kann? Welche Rolle hätte in so einem Versuchsaufbau ein Stoff, den man auflöst?*

Anstelle der Aktivierung des Vorwissens zu elektrochemischen Vorgängen könnte man hier ebenso nach den Elementen einer Batterie fragen. Je nach vorhergegangenem Unterricht könnte dies aber Irritationen erzeugen, weil das leitende Medium nicht notwendigerweise eine Lösung sein muss. Ist der Aufgabe die Auseinandersetzung mit der sog. Zitronenbatterie vorausgegangen, dann böte sich allerdings wegen der großen Strukturähnlichkeit zur Silberreinigung – im Elektrolyten sind anfangs keine Ionen der verwendeten Metalle enthalten – ein Verweis darauf an.

L6 Bei elektrochemischen Vorgängen braucht man zwei leitend miteinander verbundene Elektroden und einen Elektrolyten, im einfachsten Fall eine Salzlösung. Das im Haushalt am weitesten verbreitete Salz ist das Kochsalz. (Die Chlorid-Ionen bewirken zudem, dass die schützende Oxidschicht des Aluminium zerstört wird.)

Als letzte Hilfe wird den Lernenden stets die Komplettlösung angeboten. Damit können sie zum einen ihre eigene Lösung überprüfen, zum anderen stellt es für diejenigen Schüler, die alle Hilfen in Anspruch genommen haben, eine Zusammenfassung in Art einer Musterlösung dar.

H7 Nun habt ihr alle Informationen zusammen, um ein Rezept für den Hausgebrauch verfassen zu können. Formuliert euer Rezept so, dass es auch eine Person verstehen kann, die wenig mit Chemie zu tun hat!

Die Formulierung der Komplettlösung hängt an vielen Stellen wiederum von der Bearbeitungstiefe im Unterricht und der genauen Fragestellung ab und soll hier dem Leser / der Leserin überantwortet werden. Einbeziehen in diese Hilfe L7 kann man aber noch die Auflösung des Umstands, dass während des Reinigungsprozesses ein Geruch nach faulen Eiern auftritt.

L7 (Ergänzung)

Der Geruch nach faulen Eiern ist folgendermaßen zu erklären:

Vom Silbersulfid (Ag_2S) bleibt nach Reduktion des Silberkations zum Silber das Sulfid-Anion in der wässrigen Lösung zurück.

Es steht im Gleichgewicht mit Hydrogensulfid-Ionen, Schwefelwasserstoff und Hydroxid-Ionen nach



Da die Kationsäure $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$ mit Hydroxid-Ionen zu $\text{Al}(\text{OH})_3$ reagiert, können die Gleichgewichte auf die Seite des Schwefelwasserstoffs verschoben werden.

Die Gesamtreaktion kann dann wie folgt formuliert werden:



Eingegangen am 30. Mai 2006

Angenommen am 21. März 2007

□

Chemie konkret

Forum für Unterricht und Didaktik

Herausgegeben von der GDCh
Fachgruppe Chemieunterricht

3/2007

EDITORIAL

- 109 *Lehrerbildung in den Zeiten von Bologna*
Horst Schecker

AUFSÄTZE

- 110 *Haben Chemiebücher ausgedient? – Lerngewohnheiten von Studierenden*
Sabine Nick, Christine Scheil und Christian Näther
- 115 **Komplexität erhalten – auch in heterogenen Lerngruppen: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen**
Lutz Stäudel, Gudrun Franke-Braun und Florian Schmidt-Weigand
- 123 *Supramolekulare Chemie – Chemie jenseits des Moleküls*
Arne Lützen
- 131 *CHEMDLA – ein Programm zur Simulation des dendritischen Kristallwachstums im Chemieunterricht*
Zusätzliche Informationen s. www.chemkon.wiley-vch.de 
Dirk Höltkemeier und Marco Oetken

DAS EXPERIMENT

- 138 *Polyurethanschaum einmal anders*
Hans Joachim Bader und Dieter Sgoff

AUS DER FACHGRUPPE

- 139 *Personalien, u. a. Geburtstage, DGF-Schülerpreis, Jugend forscht*
- 140 *Tagungsberichte, Ankündigungen, SeniorExpertChemiker-Arbeitskreis*
- 144 *Tagungsprogramm Ulm 2007*

SOWIE...

- 146 *Leserforum, Stellungnahme*
- 148 *Aktuelle Informationen, u. a. Angleichung der Studienstrukturen in Europa; Neuer Rußfilter*
- 150 *Aktuelle Informationen, Splitter, Buchempfehlungen*
- 153 *Zum Gedenken: Marcelin Berthelot*
- 154 *Chemie-Rätsel, Das Allerletzte*

CHEMKON

