

Problemorientiertes Lernen für den integrierten Naturwissenschaftsunterricht

Vorschläge für Unterricht zur Optik und Akustik

Dorothee Brovelli und Markus Wilhelm

Pädagogische Hochschule Zentralschweiz Luzern, Naturwissenschaften
Museggstr. 37, CH 6004 Luzern
(Eingegangen: 4.6.2008; Angenommen: 4.6.2009)

Kurzfassung

Dieser Beitrag stellt eine Unterrichtseinheit vor, mit der die Grundlagen der Optik und Akustik fächerübergreifend mit der Methode des Problemorientierten Lernens behandelt werden. Beim Problemorientierten Lernen wird neues Wissen im Prozess der Problembearbeitung in Gruppen erworben. Der Artikel berichtet über den Einsatz einer Unterrichtseinheit, in der die Lernenden in sechs Fällen Themen aus Physik und Biologie in authentischen Kontexten bearbeiten. Dabei werden die Problemstellungen beschrieben und zum Teil Lösungsansätze angegeben. Zudem wird über den Einsatz in der Lehrerbildung berichtet.

1. Einleitung

In der hier beschriebenen Unterrichtseinheit werden die Grundlagen der Optik und Akustik in authentischen Kontexten mit der Methode des Problemorientierten Lernens (Barrows & Tamblyn, 1980) behandelt. Dabei werden besonders Kontexte aus der Biologie herangezogen, da solche integrierten Themen im Allgemeinen auf großes Interesse bei den Lernenden stoßen (Labudde, 2003; Muckenfuß, 1995). Besonders bei Mädchen führen biologische und medizinische Kontexte oft dazu, dass physikalische Inhalte eher als sinnvoll akzeptiert werden (Häußler & Hoffmann, 1998). So sieht z.B. der neue Lehrplan für das achtjährige Gymnasium in Bayern für die Jahrgangsstufe 11 die Lehrplanalternative Biophysik vor (ab Schuljahr 2009/10). Ein Themenschwerpunkt ist dabei „Auge und Ohr“ (ISB 2009).

Methodisch wurde Wert darauf gelegt, dass die gewählten Kontexte nicht nur zur Vertiefung, Überprüfung und Anwendung von bereits erworbenem Wissen, sondern bereits zum Wissenserwerb im Prozess der Problembearbeitung dienen sollen. Der Grundgedanke dahinter ist, dass ein solches situierendes Lernen eher zu transferfähigem statt zu trägem Wissen führen soll. Um dieses Ziel zu erreichen, wird die Methode des Problemorientierten Lernens POL (Problem Based Learning PBL) verwendet, bei der das Lernen durch Bearbeitung von formulierten Problemen, die in Kleingruppen gelöst werden, erfolgt. Durch die Wahl dieser Methode sollen auch Problemlösefähigkeit, Selbständigkeit, Kommunikationsfähigkeit, Gruppenkompetenz und Motivation der Lernenden gefördert werden (Albanese & Mitchell, 1993; Reusser, 2005; Weber, 2004).

2. Problemorientiertes Lernen POL

Als Problem Based Learning PBL wurde die Methode um 1965 an der McMaster University in Kanada entwickelt und ab 1974 auch in Europa an der medizinischen Fakultät der Universität Maastricht eingesetzt und weiterentwickelt. In der Folge erfuhr sie eine schnelle Verbreitung vor allem in angloamerikanischen Medical Schools und in den Niederlanden und Skandinavien. Während PBL heute seine größte Verbreitung in Medizinstudiengängen (z.B. in München, Bern und Zürich) aufweist, wird es mittlerweile auch in anderen Gebieten wie Jura, Wirtschaft und Soziale Arbeit eingesetzt. Inzwischen gibt es auch zunehmend Erfahrung in der Sekundarstufe I und II.

Problemorientiertes Lernen ist dadurch charakterisiert, dass eine möglichst lebensnahe und für die Lernenden attraktive Problemstellung in Gruppen und mit tutorieller Unterstützung (in der Schule im Allgemeinen durch die Lehrperson) bearbeitet wird. Die Problemstellung ist dabei so gewählt, dass sie die gezielte Erarbeitung der gewünschten Lerninhalte ermöglicht. In vorgegebenen Schritten – meist nach der Siebensprungmethode (siehe Abb. 1, nach Weber, 2004) wird das Problem in der Gruppe analysiert und Lernziele werden formuliert. Der Lernstoff wird dann durch Gruppendiskussionen, Selbststudium, Instruktion durch die Lehrperson und ergänzende Experimente erarbeitet.

Problemorientiertes Lernen folgt damit einer konstruktivistischen Auffassung von Lernen. Das Problem initiiert dabei den Lernprozess aus dem Kontext heraus und soll sowohl motivieren als auch herausfordern. Das Vorwissen wird von den Lernenden in die Gruppendiskussion eingebracht und dient als Anknüpfungspunkt für die aktive und selbständige

Erste Problemanalyse

1. Fall lesen / Begriffe klären
2. Problem identifizieren und definieren
3. Problem analysieren (Brainstorming, Hypothesen)
4. Erklärungen ordnen
5. Lernfragen formulieren

Phase der Wissensaneignung

6. Informationen beschaffen (Selbststudium)

Vertiefte Problemanalyse

7. Informationen austauschen
- (evtl. 8. Prozess evaluieren)

Abb. 1: Die Siebensprungmethode (nach Weber, 2004)

Konstruktion neuen Wissens, das in der Gruppe sozial ausgehandelt wird. Da in der Realität – im Gegensatz zu den üblichen Schulaufgaben – häufig komplexe und schlecht strukturierte Probleme auftreten, arbeitet PBL bewusst mit solchen „ill defined problems“. Zu deren Lösung reicht Faktenwissen und der Abruf von einfachen Routinen nicht aus. PBL zielt deshalb auf den Aufbau von transferfähigem Wissen und Problemlösekompetenz.

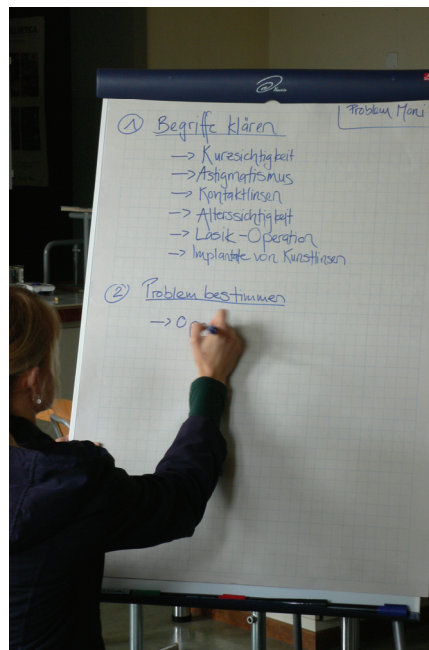
Die Rolle der Lehrperson während der PBL-Sitzungen ist es also, den Lernprozess zu unterstützen: durch Organisation der Lernumgebung, Hilfestellungen jenseits der Instruktion, Mediation bei Gruppenprozessen und schließlich Evaluation. Auf der anderen Seite ermöglicht PBL ein gewisses Maß an Lenkung des Wissenserwerbs durch die Lehrperson. Einerseits bestimmt die Problemstellung größtenteils die Lernziele, andererseits können PBL-Phasen durch gezielte Instruktion über bestimmte Lerninhalte angereichert werden, z.B. in Form von Lehrpersonenvorträgen oder Experimenten, die die Lernenden zum Thema durchführen.

Die größte Schwierigkeit beim PBL besteht oft in der Konstruktion von adäquaten Problemen, die sowohl den Impuls zum Lernen geben, als auch Entwicklungsmöglichkeiten beinhalten. Um ein zielgerichtetes Selbststudium in der zur Verfügung stehenden Zeit zu ermöglichen, ist es zudem oft sinnvoll, den Lernenden Literatur zur Verfügung zu stellen oder Probleme zu finden, die größtenteils mit dem Wissen aus dem Lehrbuch (evtl. auch aus anderen Fächern) bearbeitet werden können. Der vorliegende Artikel möchte hierzu einen Beitrag leisten.

3. Die Unterrichtseinheit**3.1. Skizzierung des Unterrichts**

Die hier dargestellte Unterrichtseinheit beinhaltet sechs PBL-Probleme sowie ergänzende Vorträge und Experimente zu den Themen Akustik und Gehör bzw. Optik und Auge. Für die Unterrichtseinheit standen wöchentlich vier Lektionen zur Verfügung (je zwei Biologie- und Physikstunden), in denen sich

die Biologie- und die Physiklehrperson nach Themen abwechselten. So konnte eine erste Problemanalyse (PBL-Schritte 1–5, siehe Abb. 2) in Gruppen zu etwa acht Lernenden in der ersten Wochenhälfte durchgeführt werden, oft ergänzt durch eine gelenkte Phase der Wissensaneignung (siehe Abb. 3).

**Abb. 2:** Erste Problemanalyse**Abb. 3:** Phase der Wissensaneignung: Experimente zu den Problemstellungen

Dem Selbststudium zu Hause folgte dann die vertiefte Problemanalyse (Schritt 7, evtl. 8) in der zweiten Wochenhälfte (siehe Abb. 4), oft ergänzt durch zum Thema passende Laborexperimente.

Die Unterrichtseinheit wurde mit Studierenden der Pädagogischen Hochschule (angehende Lehrpersonen der Sekundarstufe I) erprobt. Nach kleineren Anpassungen ist aber eine Durchführung in der Sekundarstufe II, zum Teil sogar auf der Sekundarstufe I denkbar. Die insgesamt sechs Problemstellungen (jeweils drei zur Akustik und Optik) werden im Folgenden in chronologischer Reihenfolge angegeben, wobei exemplarisch zwei etwas genauer dargestellt (3.2.2, 3.2.5), für die anderen dagegen nur Thema und Grobziele angegeben werden.



Abb. 4: Vertiefte Problemanalyse

3.2. Die Problemstellungen

3.2.1. Problemstellung Fredy (Der beste Tontechniker)

Der Fall eines Tontechnikers mit frequenzabhängigen Hördefiziten thematisiert alters- und lärmbedingte Gehörschäden. Neben einer ersten Auseinandersetzung mit Fragen von Schallausbreitung und Lärmmessung stehen hier Aufbau, Funktion und Pathophysiologie des Ohres im Vordergrund.

- Ergänzender Vortrag: Schallwellen, Frequenz.
- Ergänzende Experimente: Stereohören, räumliches Hören, Lärmempfinden.

3.2.2. Problemstellung Elvis (Neue CD von totem Sänger)

Dieser Fall (siehe Abb. 5) zielt auf ein Verständnis physikalischer Grundlagen der Akustik, insbesondere folgender Lernziele:

- Den physikalischen Hintergrund von Tonhöhe, Lautstärke und Klang verstehen,
- die Methode der Klanganalyse und Klangsynthese kennen,
- die Überlagerung harmonischer Schwingungen verstehen,
- die menschliche Stimme beschreiben können,
- die Klangfarbe als Folge der Ausprägung von Oberschwingungen verstehen.

Zur Bearbeitung soll zunächst auf Lehrbücher der Physik zurückgegriffen werden. Daneben werden auch ergänzende Internetseiten angegeben.

- Ergänzender Vortrag: Stehende Wellen und Eigenschwingungen bei Instrumenten.
- Ergänzende Experimente: Für die Spektralanalyse von Klangaufnahmen wird die Analyse-Software Overtone (<http://www.clab.unibe.ch/overtone/>) eingesetzt. Hiermit ist es möglich, Höreindrücke (Tonhöhe, Lautstärke, Klangfarbe) mit physikalischen Parametern zu verbinden, Obertonspektren von Musikinstrumenten zu analysieren und mit der Theorie von stehenden Wellen und Eigenschwingungen zu vergleichen sowie Unterschiede zwischen Klängen und Geräuschen, gesprochener Sprache und Musik zu er-

kennen. Insbesondere sind auch Veränderungen der Frequenzspektren während der Dauer eines gesungenen Tones gut zu beobachten.

Neue CD von totem Sänger

Nach dem Studium absolvieren Sie ein Praktikum in einer kleinen, innovativen Startup-Firma. Ihr Chef ist ein leidenschaftlicher Elvis-Fan und träumt davon, eine CD mit ganz neuen Elvis-Songs herauszubringen. In einer Sitzung diskutieren Sie diese Möglichkeit mit Ihren Arbeitskollegen. „Es gibt doch schon Sprachprogramme für Menschen, die ihre Stimme verloren haben“, meint eine Kollegin von Ihnen. „Ja, und manche Bands verwenden ein ganzes Orchester aus dem Computer,“ ergänzt ein anderer. „Aber wie könnte man den charakteristischen Klang von Elvis’ Stimme nachmachen und damit einen neuen Song aufnehmen?“, fragen Sie. Daraufhin erhalten Sie von Ihrem Team den Auftrag: „Mach dich doch bis zur nächsten Sitzung mal schlau und präsentiere uns dann ein paar Antworten auf diese Fragen.“

Abb. 5: Problemstellung Elvis:
Neue CD von totem Sänger

Lösungsansätze

Nachdem die Lernenden die physikalischen Grundlagen erarbeitet haben, wird von den meisten Gruppen eine Auswahl der folgenden Möglichkeiten einer Lösung des Problems in Betracht gezogen:

- Fouriersynthese aus einfachen elektronischen Grundsignalen, entsprechend den ersten digitalen Synthesizern. Ein Vergleich mit dem dynamischen Verlauf der Frequenzanteile bei der Analyse der eigenen Stimme zeigt schnell die Grenzen bei begrenzter Rechnerkapazität auf.
- Sampling von Elvis’ Stimme, also das Digitalisieren von Klängen als Grundlage für die Klangzeugung.
- Die Verkettung von in Elvis-Songs aufgenommenen Wörtern oder kürzeren Segmenten (besonders Diphonen). Die Eigenschaften einzelner Sprachlaute sind allerdings stark abhängig von ihrer akustischen Umgebung, was dazu führt, dass eine große Anzahl solcher Segmente zu verwenden wäre, um eine gewisse Natürlichkeit zu erzeugen.
- Das Nachahmen der Stimme von Elvis durch eine bereits ähnlich klingende Stimme. Dabei ergibt sich die gezielte Nutzung von Resonanzräumen und damit die physiologischen Grundlagen der Stimmstehung als weiterführende Fragestellung.
- Erstellen eines mathematischen Modells für die physikalischen Eigenschaften des Stimmbildungsapparates, wie es beim Klangerzeugungsverfahren „Physical Modeling“ für die Simulation von Instrumenten gemacht wird.

Um eine Lösung für das Problem zu finden, ist es notwendig, neben den physikalischen Grundlagen der Akustik und den physiologischen Voraussetzungen der Stimmentstehung auch Fragen der Wirtschaftlichkeit solcher Umsetzungen und der Durchführbarkeit in Bezug auf die Leistungsfähigkeit zur Verfügung stehender Computer in Betracht zu ziehen.

3.2.3. Problemstellung Lea (Ein Geschenk für Lea?)

Durch die Frage, ob ein Cochlea-Implantat bei einem hörgeschädigten Baby eingesetzt werden soll, sollen vertiefte Erkenntnisse zum Gehör erlangt werden. Neben Wellenausbreitung in der Gehörschnecke, Bau der Nervenzellen, Erregungsleitung im Körper und Anregen von Nervenzellen mittels Elektroden werden dabei auch ethische Fragen diskutiert.

- Ergänzender Vortrag: Neurobiologie.
- Ergänzende Experimente: Hörtests, Sprache hören.

3.2.4. Problemstellung Ana (Die richtige Schulhausbeleuchtung)

Das Problem der Lichtverschmutzung bei der Beleuchtung der Bäume im Schulhof thematisiert Fragen der optischen Reizaufnahme und -verarbeitung am Beispiel der Insekten. Zur Lösung ist ein physikalisches Verständnis von Lichtstärke und -frequenz notwendig, aber auch ein Verständnis, wie dies zu individuell verschiedenen Sinneseindrücken bei Mensch und Tier kommen kann. So führt die Frage, ob der in der Praxis oft vorgeschlagene Einsatz von Natrium- statt von Quecksilberdampflampen das Problem löst, zur Thematisierung unterschiedlicher Spektren und ihrer physiologischen Wahrnehmung.

- Ergänzender Vortrag: Farbsehen bei Tier und Mensch.
- Ergänzende Experimente: Spektralfarben und Farbmischung.

3.2.5. Problemstellung Moni (Augenoperation?)

Die Lichtbrechung im Auge als Voraussetzung für die Bildentstehung wird nicht selten fächerübergreifend unterrichtet, da sie sich besonders dafür eignet, biologische und physikalische Themen zu integrieren. Die hier vorgestellte Problemstellung (siehe Abb. 6, ergänzt durch einen Erfahrungsbericht über eine Lasik-Operation auf Video) liefert einen authentischen Kontext, zumal viele fahrsichtige Schülerinnen und Schüler einmal mit der Frage einer Augenoperation konfrontiert sein werden.

Augenoperation?

Ihre Kollegin Moni ist seit Jahren kurzsichtig (mit leichtem Astigmatismus) und trägt daher meist Kontaktlinsen. Seit einigen Jahren kommt nun eine leichte Alterssichtigkeit dazu. Wie viele Menschen mit einer Sehschwäche träumt sie davon, wieder ohne Sehhilfe sehen zu können. Arno, ein anderer Kollege von Ihnen, hat sich diesen Traum erfüllt: Vor ein paar Jahren hat er sich mit einer Lasik-Operation die Augen lasern lassen und ist begeistert vom Erfolg der Operation. Er versucht, Moni von einem solchen Eingriff zu überzeugen (siehe Video). Moni ist skeptisch: Zum einen hat sie Angst vor möglichen Risiken, zum anderen hat der Augenarzt ihr eher von dieser Möglichkeit abgeraten. Im Internet hat sie zudem gelesen, dass man Implantate von Kunstlinsen nicht nur bei grauem Star, sondern auch zur Korrektur von Fehlsichtigkeit verwenden kann.

Da Sie mit Ihrer Klasse gerade die Optik behandeln, bieten Sie Moni an, das Problem einmal gründlich mit ihr zu diskutieren.

Monis Brillenrezept:

Private Brillenverordnung

Name, Vorname des Versicherten		geb. am	
Moni		28.09.55	
97080 Würzburg		Staat	
Kassen-Nr.		Vertrags-Nr.	
13.02.07		Datum	

Befund: Gläserstärke um 0,5 Dioptrien oder mehr verändert ja nein
 wenn nein, wird Verbesserung der Sehfähigkeit um mindestens 20% erzielt ja nein
 keine Vorbefunde vorhanden

Art der Verordnung: Ein Glas 2 Gläser Reparatur/Ersatz

Neue Brillenfassung erforderlich? ja nein Fassungen: eine zwei
 Besondere Gläser/Sehhilfen: Kunststoffgläser, Entspiegelung

Nasendruckkeuzem
 Begründung:

		Späht.	Zyl.	Achse	Prim.	Bas.	Schell- abstand	Pos.-Nr.	Betrag EUR
F	R	- 7,25	+ 0,00	0			14		
	L	- 7,00	- 0,50	160°			14		
N	R			0					
	L			0					

Abb. 6: Problemstellung Moni: Augenoperation?

Um zu einem fachkundigen und differenzierten Urteil im vorliegenden Fall zu gelangen, müssen zunächst die Grundlagen der Strahlenoptik (Bildentstehung, Linsen) und der Bau und die Funktion des Auges erarbeitet werden, bevor Fehlsichtigkeiten und ihre Behandlung thematisiert werden. Die Grundlagen der medizinischen Behandlungsmethoden werden auf den Internetseiten von Krankenhäusern und Zentren für Laserchirurgie erläutert.

- Ergänzender Vortrag: Strahlenoptik, Funktion des Auges.
- Ergänzende Experimente: Bildentstehung, Linsen und Fehlsichtigkeit.

Lösungsansätze

Zur Beurteilung von Monis Fall muss ihr Brillenrezept herangezogen und im Hinblick auf die medizinischen Möglichkeiten ausgewertet werden.

- Lasik-Operation:
Bei dieser laserchirurgischen Methode wird ein Hornhautscheibchen am fixierten Auge aufgeklappt. Dann werden mittels Laser tiefer liegende Hornhautschichten abgetragen und dabei je nach Fehlsichtigkeit modelliert. Das zurückgeklappte Hornhautscheibchen wächst dann wieder an. Auf den ersten Blick erscheint eine Lasik-Operation vielversprechend, zumal auch der auf Video eingespielte Erfahrungsbericht sehr positiv ausfällt. Mit dieser Operation könnte nicht nur Monis Kurzsichtigkeit behoben werden (Angabe unter „Sphär.“: 7.25 Dpt., Lasik möglich bis ca. 10 Dpt.), sondern auch ihre Hornhautverkrümmung (Astigmatismus, Angabe unter „Zyl.“). Zwei Befunde sprechen allerdings gegen eine solche Behandlung: Zwar kann eine Laseroperation Weitsichtigkeit korrigieren, nicht aber Alterssichtigkeit, also die nachlassende Elastizität der Augenlinse. Daher wendet man diese Methode nur bei eher jüngeren Patienten an. Zum anderen muss die Fehlsichtigkeit für eine Lasik-Operation über eine gewisse Zeit stabil geblieben sein, sie hat sich bei Moni aber verändert („Befund: Gläserstärke um mehr als 0.5 Dioptrien verändert“). Die Möglichkeit, Monis Kurzsichtigkeit mittels Lasik operieren zu lassen und ihre beginnende Alterssichtigkeit mit einer Lesebrille auszugleichen, scheidet also nicht nur am Nasendruckekzem (welches das Tragen einer Brille unangenehm macht), sondern vor allem an der mangelnden Stabilität der Sehschwäche.

- Linsenimplantate:
Beim Linsenaustausch wird die körpereigene Linse mittels Ultraschallzertrümmerung entfernt und durch eine Kunstlinse ersetzt – ein häufiges Operationsverfahren beim Grauen Star. Zur Korrektur von Weit- oder Kurzsichtigkeit wird es erst bei sehr starken Sehfehlern eingesetzt. Da normale Kunstlinsen die Akkommodation der Augenlinse nicht nachstellen können, erzeugen sie nur in einem Entfernungsbereich scharfe Bilder. Zur Behandlung von Kurz- und Alterssichtigkeit werden daher Multifokallinsen eingesetzt. Diese besitzen durch konzentrische Stufen in der Mitte der Linse mehrere Brennpunkte und ermöglichen so ein Sehen in der Ferne und in der Nähe. Ein Linsenimplantat wäre für Moni also besser geeignet als eine Lasik-Operation.

Bei der Entscheidung, welche Behandlung für Moni die richtige ist, wird man neben den medizinischen

Fragen auch andere Gesichtspunkte berücksichtigen, etwa das Unbehagen, eine noch relativ gesunde Linse zu zertrümmern, Ängste vor Operationsrisiken und nicht zuletzt finanzielle Aspekte. Zum Abschluss dieses Falls wird dann die Entscheidung der „echten“ Moni, also der Inhaberin des Brillenrezeptes, diskutiert, bei Kontaktlinsen und Lesebrille zu bleiben.

3.2.6. Problemstellung Neil (Verschwörungstheorie)

Als ein Argument dafür, dass die Mondlandung nur inszeniert, also in Studios aufgenommen worden sein soll, wird gelegentlich das Folgende angeführt: Die Flagge, die bei der ersten Mondlandung von den Astronauten aufgestellt wurde, ist mit keinem Teleskop sichtbar, nicht einmal mit dem Weltraum-Teleskop „Hubble“, das weit entfernte Galaxien aufnehmen kann und 1999 auf den Mond gerichtet war. Im vorliegenden Problem (Idee nach Raine und Symons, 2005) soll dieses Argument beurteilt werden. Es handelt sich dabei um die PBL-Version der Aufgabe nach dem Auflösungsvermögen von optischen Instrumenten, wie sie zum Beispiel in Metzler Physik (Grehn & Krause, 1998) zu finden ist. Zur Beurteilung reicht die Strahlenoptik nicht aus, da Beugungserscheinungen das Auflösungsvermögen begrenzen.

- Ergänzender Vortrag: Strahlenoptik und Wellenoptik bei optischen Instrumenten.
- Ergänzende Experimente: Lichtbrechung, Totalreflexion, Beugung und Interferenz.

4. Einsatz der Unterrichtseinheit in der Lehrerbildung

4.1. Erfahrungen mit der Unterrichtseinheit

Die vorgestellte Unterrichtseinheit wurde inzwischen mit drei Studienjahrgängen (ca. 120 Studierenden) durchgeführt. Die Erfahrungen sind insgesamt positiv. Die Lernenden ließen sich mit der Kontextorientierung motivieren, was sich in einer aktiven Mitarbeit zeigte. Einzelne beteiligten sich deutlich reger an den Gruppendiskussionen als sonst am Unterricht. Andererseits störte die Dominanz der fortgeschritteneren Studierenden in einer Gruppe mit sehr heterogenem Vorwissen. Die selbständige Beschäftigung mit der Literatur und die Diskussion möglicher Lösungen der Fälle beanspruchten relativ viel Zeit. Dies erwies sich aus Sicht der Lehrpersonen aber als lohnend, da sowohl die gefundenen Lösungen als auch die Fragen der Studierenden auf eine vertiefte Beschäftigung mit dem Stoff schließen ließen.

Nach Abschluss der Unterrichtseinheit wurden die Studierenden nach ihren Erfahrungen befragt. Sie empfanden die PBL-Fälle mehrheitlich als interessant und motivierend. Sie schätzten sowohl die ergänzenden Vorträge und Experimente als auch die Angabe von Literatur zum Thema. Während die

Arbeit in der Gruppe nicht von allen nur positiv eingestuft wurde, begrüßten die meisten Studierenden die Möglichkeit, sich individuell vertiefen zu können.

Die Studierenden gaben auch an, welcher Fall ihnen am meisten zugesagt hat. Dabei waren die Antworten

individuell sehr verschieden. Sie wurden oft mit einem spezifischen Interesse an der jeweiligen Thematik begründet, z.B. mit Hobbies (Musikbranche, Astronomie), mit einem Bezug zu Fragen, die bei ihnen bereits früher aufgetaucht sind (Behandlung von Kurzsichtigkeit, Beleuchtung im Garten) und

<p>Die Abschlussfeier</p> <p>Für die Schulabschlussfeier der Neuntklässler ist unter anderem ein Auftritt der Schülerband ‚SAY NOTHING‘ in der Aula geplant. Die fünf Mitglieder der Band gehen alle in die 8. Klasse und probten bisher im Partykeller von Martins Eltern. Nachdem sie letzte Woche ihre ganze Ausrüstung in die Schulaula gebracht haben, steht nun die erste Probe auf dem Programm. Anwesend sind neben der Band auch die beiden Lehrpersonen, die für die Organisation des Auftritts an der Schule zuständig sind. Bald schon tauchen die ersten Probleme auf. Frau Lüthi, die fünfundzwanzigjährige Klassenlehrerin der Bandmitglieder findet den Lärmgrenzwert eindeutig überschritten. Herr Amstutz, der vierzigjährige Musiklehrer und begeisterte Konzertbesucher hingegen hat das Gefühl, am Verstärker für die E-Gitarre stimme etwas nicht, der Klang des Instrumentes sei zu schrill. Die Bandmitglieder sind erstaunt, bei ihren beiden Auftritten am Dorf-Openair kam es zu keinen Reklamationen.</p> <p>Die Zeit drängt, in zwei Tagen findet die Abschlussfeier statt. Wie kann bis dahin die Uneinigkeit von Schülerband und Lehrerschaft gelöst werden?</p> <p>Frau Lüthi bittet die Klasse 9A, als in der Sache Unbeteiligte, nach den möglichen Ursachen für die Meinungsverschiedenheit zur forschen. Damit bist du als Mitglied der 9A nun gefordert. Hilf mit, das Problem zwischen den Lehrpersonen und ‚SAY NOTHING‘ zu lösen, damit eure Schulabschlussfeier ohne Turbulenzen über die Bühne geht. Was rätst du den drei Parteien?</p>	
<p>Funktion: Vertiefte Auseinandersetzung mit Schall, Lärm und Gehör.</p> <p>Grobziel: Aufbau, Funktion und Schädigung des Ohres verstehen.</p> <p>Feinziele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schüler kennen verschiedene Arten von Hörschädigungen und wissen, wie diese zustande kommen. • Schüler kennen den Aufbau des menschlichen Ohrs und können erklären, wie im Ohr ein Ton entsteht und welche Ohrteile von einer Hörschädigung betroffen sind. • Schüler kennen die Entstehungsweise, die Ausbreitung und die Eigenschaften des Schalls. Sie können zwischen Ton, Klang und Geräusch unterscheiden. • Schüler kennen Maßnahmen, wie sie sich vor einer Hörschädigung bei ihren Freizeitaktivitäten und ihrem späteren Beruf schützen können. • Schüler trainieren die gezielte und effiziente Informationssuche via Internet. <p>Ausgeklammerte Wissensbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Reizleitung im Körper, • Behebung des Hörschadens, • Schallausbreitung in Räumen. <p>Dauer: 6 Lektionen.</p>	<p>Mögliche Quellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meyer Lothar, Schmidt Gerd-Dietrich, Basiswissen Schule Duden Physik, Mannheim 2001 (oder www.schuelerlexikon.de) • http://www.fgh-gutes-hoeren.de (allgemeine Infos zum Hören, Beschreibung (keine Grafik) des Ohrenaufbaus, verschiedene Arten von Hörschäden) • http://www.musiklehre.at/11_001.htm (Unterscheidung von Ton und Geräusch, Tonhöhe, Tonstärke) • http://www.hoerplus.ch/ohr.html (Animation zum Weg einer Schallwelle durchs Ohr → ergänzende Infos der LP nötig) • http://www.gehoerschutzbauer.de/information/gehoerschaeden/index.htm (Kurzinformatio zur Entstehungsweise von Gehörschäden mit Tonbeispielen) • http://www.weststarmusic.com/Gehoerschaeden_sind_unheilbar.pdf (Grafik, Bild zu Gehörschäden) • http://www.labbe.de/mellvil/index_vs.asp?themaId=17&titelId=102 (jugendfreundlicher Text zum Gehörschutz)

Abb. 7: Problemstellung Schülerband für die Sekundarstufe I, in Anlehnung an die Problemstellung Fredy. Den Schülerinnen und Schülern wird zu Beginn nur das Problem „Die Abschlussfeier“ abgegeben, ohne Hervorhebungen der Schlüsselstellen. Während der Phase der Wissensaneignung erhalten die Lernenden die Literaturliste. Die abgebildete Problemstellung dient zugleich als Beispiel dafür, wie die Vorbereitung der Lehrperson aussehen kann.

mit emotionaler Betroffenheit (medizinische Fragen). Auch die Attraktivität der ergänzenden Vorträge und Laborexperimente und der persönliche Wissenszuwachs wurden in der Beurteilung der einzelnen Fälle erwähnt.

Beim Vergleich mit normalem Unterricht zeigt sich ein uneinheitliches Bild: Etwa die Hälfte der Studierenden ist der Meinung, besser und vertieft gelernt zu haben und empfindet die Arbeit an den PBL-Fällen als motivierender. Die andere Hälfte bevorzugt die traditionelle Vorgehensweise. Diese Studierenden gaben oft an, dass sie gerne einzelne PBL-Fälle bearbeitet haben, aber nicht eine ganze Unterrichtseinheit nach dieser Methode. Die insgesamt positive Bilanz spiegelt sich auch darin, dass zahlreiche Studierende in ihren Unterrichtspraktika der Sekundarstufe I einzelne (leicht angepasste) PBL-Fälle eingesetzt haben und von guten Erfahrungen berichten konnten (siehe Abb. 7). Inzwischen unterrichten die Studierenden der ersten beiden Studienjahrgänge, die die Unterrichtseinheit absolviert haben, bereits in der Sekundarstufe I. Auch von diesen Lehrpersonen liegen erste Berichte über die erfolgreiche Erprobung einzelner Fälle vor. Eine genauere Analyse steht allerdings noch aus.

4.2. Fachdidaktische Verortung

In den Abschnitten 1 und 2 wurden zahlreiche Vorteile des Problemorientierten Lernens beschrieben. Wir betrachten diese als Chance für den Unterricht mit Schülerinnen und Schülern aller Schulstufen und würden weitere Erprobungen der POL-Methode durch Lehrpersonen sowie Wirksamkeitsuntersuchungen schätzen. Da sich Innovationen in der Schule leichter umsetzen lassen, wenn auch die Lehrerinnen und Lehrer auf die gleiche Weise gelernt haben wie die Schülerinnen und Schüler (pädagogischer Doppeldecker (Geissler, 1985; Wahl, 2001)), erscheint es uns als vorteilhaft, dass diese Methode auch Einzug in die Lehrpersonenbildung hält. So können Lehrpersonen die neuen fachdidaktischen Ansätze durch eigene Erfahrungen kennen und einschätzen lernen. Im Sinne von Shulman (2004) dürfen daher Reformbemühungen in der Schule nicht nur auf Schülerlernen fokussieren, sondern gleichermaßen auf Lehrerwissen (Shulman'sche Ellipse).

Der Einsatz der oben beschriebenen Unterrichtseinheit in der Fachausbildung von angehenden Lehrpersonen ermöglicht es, auf alle drei von Shulman (1991) unterschiedenen Kategorien von Lehrerwissen abzielen: Zum einen wird fachinhaltliches Wissen (subject matter content knowledge) aus der Sekundarstufe I und II wiederholt und kann durch das selbständige Formulieren von Lernzielen und das individuelle Vertiefen im Selbststudium je nach Vorwissen ausgebaut werden. Eine hohe fachliche Kompetenz der angehenden Lehrpersonen, die insbesondere in echten Lebenskontexten bedeutsam ist, stellt dabei ein zentrales Anliegen dar (Wilhelm,

2007). Zugleich eignet sich die Behandlung der integrierten Themen zum Lernen *über* das Unterrichtsfach, da hierbei die Konturen der Einzelfächer Physik und Biologie deutlich hervortreten (Rehm et al., 2008).

Zum anderen wird mit der Unterrichtseinheit pädagogisches Inhaltswissen (pedagogical content knowledge) vermittelt, also Wissen *für* den Unterricht. Dies beinhaltet das Erleben des Problemorientierten Lernens als mögliche Unterrichtsmethode für die Zielstufe, die Auseinandersetzung mit konstruktivistischen Ansätzen sowie das Kennenlernen von unterrichtstauglichen Erklärungen, Experimenten, Beispielen und Alltagsbezügen. Pädagogisches Inhaltswissen schließt auch die Beschäftigung mit Vorverständnissen der Lernenden mit ein – ein Punkt, der beim POL durch das Zusammentragen und Diskutieren von Vorwissen in der Gruppe berücksichtigt wird.

Als dritte Kategorie des Inhaltswissens von Lehrpersonen ist schließlich curriculares Wissen (curricular knowledge) gefragt. Falls die zukünftigen Lehrpersonen später ein integriertes Schulfach wie „Naturlehre“, „Natur und Technik“ oder „Naturwissenschaft“ unterrichten müssen, lernen sie mit dieser Unterrichtseinheit eine Möglichkeit kennen, wie man die Lehrplanforderung nach fächerübergreifenden Themen umsetzen kann. Wird andererseits auf der Zielstufe fächergetrennt Physik und Biologie unterrichtet, ermöglicht das hier erworbene „seitliche“ curriculare Wissen, dass Verbindungen mit anderen Fächern hergestellt werden können. Ein anderer Aspekt des curricularen Wissens stellt die Beschäftigung mit verschiedenen Unterrichtsmaterialien dar. Da die angehenden Lehrpersonen in der Phase des Selbststudiums verschiedene Quellen benutzen (Lehrbücher, Internet, Zeitschriften etc.) und deren Qualität abschätzen müssen, erscheint hier das POL dem häufig anzutreffenden Lernen mit einem einzigen Lehrbuch (und evtl. einem Vorlesungsskript) überlegen.

5. Literatur

- [1] Albanese, M., & Mitchell, S. (1993). Problem-based learning: A review of the literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*. 68(1), 52-81.
- [2] Barrows, H.S., & Tamblyn, R.M. (1980). *Problem-based learning: An approach to medical education*. New York, Springer.
- [3] Geissler, K. A. (1985). Lernen in Seminargruppen. Studienbrief 3 des Fernstudiums Erziehungswissenschaft. Pädagogisch-psychologische Grundlagen für das Lernen in Gruppen. Tübingen: Deutsches Institut für Fernstudien.
- [4] Grehn, J. & Krause, J. (Hrsg.) (1998). *Metzler Physik*, Schroedel Verlag, 304.
- [5] Häußler, P. & Hoffmann, L. (1998). Chancengleichheit für Mädchen im Physikunterricht –

- Ergebnisse eines erweiterten BLK-Modellversuchs. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 4 Heft 1, 51-67.
- [6] ISB (2009). Lehrplanalternative Biophysik. In: Lehrplan für das Gymnasium in Bayern. <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=27147>. (besucht am 11.5.2009).
- [7] Labudde, P. (2003). Fächerübergreifender Unterricht in und mit Physik: Eine zu wenig genutzte Chance. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 1/2, 48-66.
- [8] Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext. Berlin, Cornelsen Verlag.
- [9] Raine, D. & Symons, S. (Hrsg.) (2005). Possibilities: A Practice Guide to Problem-based Learning in Physics and Astronomy, HE Academy Physical Sciences Centre. http://www.heacademy.ac.uk/assets/ps/documents/practice_guides/ps0080_possibilities_problem_based_learning_in_physics_and_astronomy_mar_2005.pdf (besucht am 15.5.2008).
- [10] Rehm, M., Bündler, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D., Östergaard, E., Rittersbacher, C., Wilhelm, M., Genseberger, R. & Svoboda G. (2008). Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs ›Science‹. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, S. 99-124.
- [11] Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. In: Beiträge zur Lehrerbildung, 23 (2), 159-182.
- [12] Shulman, L. (1991). Von einer Sache etwas verstehen: Wissensentwicklung bei Lehrern. In: Terhart, E. (Hrsg.): Unterrichten als Beruf. Köln, 145-160.
- [13] Shulman, L. (2004). Professional development: Learning from experience. In L. S. Shulman (Hrsg.), The wisdom of practice: Essays on teaching, learning, and learning to teach, 501-520. San Francisco.
- [14] Wahl, D. (2001). Nachhaltige Wege vom Wissen zum Handeln. Beiträge zur Lehrerbildung, 19 (2), 157-174.
- [15] Weber, A. (2004). Problem-Based Learning: Ein Handbuch für die Ausbildung auf der Sekundarstufe II und auf der Tertiärstufe, hep Verlag.
- [16] Wilhelm M. (2007). Was ist guter Naturwissenschafts-Unterricht? chemica etc. didacticae, Nr. 98, 67-86.