

Modul 6: Fächergrenzen erfahrbar machen: Fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten

Lutz Stäudel, Kassel

Fächergrenzen erfahrbar machen – Umschreibung eines Begriffs

Fächergrenzen erfahrbar machen – Bedeutung für den Unterricht

Fächergrenzen erfahrbar machen – Aufgaben für die Fachschaft

(6) Fächergrenzen erfahrbar machen: Fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten

Trotz ihrer inhaltlichen Besonderheiten teilen die Fächer Biologie, Chemie, Mathematik und Physik eine Reihe von Gemeinsamkeiten. Diese werden dann deutlich, wenn explizit auf Wissen aus dem anderen Fach zurückgegriffen wird, wenn interdisziplinäre Schnittstellen behandelt und bestimmte Phänomene oder Probleme aus der Sicht verschiedener Fächer betrachtet und damit mehrperspektivisch erschlossen werden. Horizontale Verknüpfungen zwischen Inhalten, Fragestellungen und Verfahren der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer können genutzt werden, um komplexe Probleme zu bearbeiten und die wechselseitige Bezogenheit der naturwissenschaftlichen Fächer sichtbar zu machen. Sie haben auch die Funktion, Wissen vielfältig zu vernetzen, neue Anwendungskontexte bereitzustellen und Konzepte und Modellvorstellungen flexibel werden zu lassen.

... Die Problematik horizontaler Verknüpfungen (kann) dann zweckmäßig bearbeitet werden, wenn der Suchraum auf einige wenige Bereiche konzentriert wird, die für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht besonders kritisch sind. (...)

(U.a. geht es darum, ...) Themen und Fragestellungen zu identifizieren und für den Unterricht aufzubereiten, die besonders geeignet sind, eine fachübergreifende und fächerverbindende Perspektive, die durchaus über die Familie der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer hinausreichen kann, aus dem jeweiligen Fach selbst heraus zu entwickeln. Dies sind Themenstellungen, die die spezifische Leistungsfähigkeit eines Fachs und deren Grenzen zugleich sichtbar machen.

Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) (Hrsg.): Expertise "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts". Heft 60, Nov. 1997 (vergriffen – als download: <http://www.blk-bonn.de/papers/heft60.pdf>)

Fächergrenzen erfahrbar machen – Umschreibung eines Begriffs

Seit dem Erscheinen der BLK-Expertise hat eine intensive Auseinandersetzung mit den Zielen naturwissenschaftlicher Bildung stattgefunden, angeregt zum Teil durch die Ergebnisse der PISA-Untersuchungen, zum Teil durch die Formulierung von Bildungsstandards auch für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer. Wenn man heute die Kernaussagen des Moduls 6 zum fächerübergreifenden Arbeiten und zum Erfahren der Fächergrenzen in der schulischen Praxis umsetzen will, dann muss man dabei notwendig drei Aspekte ins Kalkül ziehen:

- naturwissenschaftliche Grundbildung (im umfassenden Sinne von scientific literacy) als Unterrichtziel mit den Elementen naturwissenschaftlichen Arbeitens als Leitkategorien unterrichtlichen Vorgehens,
- eine inzwischen deutlich erkennbare Aufgabenkultur, die kognitiv anspruchsvolle Probleme in reale Kontexte einbettet und so in vielen Fällen nicht mehr auf ein Fach alleine bezogen ist sowie
- die Forderung, den Lernenden im Ansatz ein Verständnis der „Natur der Naturwissenschaften“ (>nature of science<) zu ermöglichen, also ihre kulturelle, historische und gesellschaftliche Einbettung zumindest in Teilen zu erfahrbar werden zu lassen.

Bei der Prüfung aller drei angeführten Aspekte erkennt man, dass sowohl das Verbindende der drei naturwissenschaftlichen Fächer eine wichtige Rolle spielt als auch das je Spezifische von Biologie, Physik und Chemie. *Fächergrenzen erfahrbar machen* kann somit zwar mit der Frage umschrieben werden:

Welches ist eigentlich die Reichweite der Fächer und welches sind die Gegenstände und Fragestellungen, die mit ihrem methodischen Repertoire, ihren Modellen und Theorien bearbeitet werden können?

Die dazu notwendigen Erfahrungen können aber nur in einem Unterricht gemacht werden, der sich ganz grundsätzlich als *naturwissenschaftlicher* Unterricht versteht, unabhängig von den möglichen Varianten seiner Organisationsform.

Dazu gehört u.a. das Bewusstsein, dass die drei etablierten Unterrichtsfächer Biologie, Physik und Chemie weniger mit der heutigen Struktur der Naturwissenschaften zu tun haben, als vielmehr mit historischen Entwicklungen und mit der Tradition von Schule. Längst haben Forschungseinrichtungen und auch die ausbildenden Universitäten die klassische Dreiteilung hinter sich gelassen zugunsten einer nur noch bedingt überschaubaren Verknüpfung der unterschiedlichsten Disziplinen für je neue Gegenstandsbereiche, von den Nanostrukturwissenschaften über die Klimaforschung bis hin zu den Neurowissenschaften, die sich ebenso auf Medizin und Physiologie beziehen wie auf apparative Physik und Biochemie.

Auch im schulischen Bildungsbereich sind die Grenzen inzwischen viel weniger starr als noch vor einigen Jahrzehnten. Zum einen wurde durch PISA deutlich, dass zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung mehr gehört als nur biologische, physikalische und chemische Inhalte; in der Mehrzahl der OECD-Länder sind Umweltfragen, physiologisch-medizinische Kenntnisse und geografische Wissens Elemente und Betrachtungsweisen schon seit langem Gegenstand von scientific literacy. Zugleich hat sich, ebenfalls in einer Vielzahl der OECD-Staaten, ein Lernbereich Science herausgebildet, in dem die Schülerinnen und Schüler, teilweise bis zum 15. Lebensjahr, naturwissenschaftliche Fragestellungen ohne formale Fachzuordnung bearbeiten. (Black & Atkin 1996) Auch eine Reihe von deutschen Bundesländern hat

inzwischen begonnen, für die ersten Jahre der Mittelstufe naturwissenschaftlichen Unterricht einzuführen und eine entsprechende Neuorganisation des Unterrichtsangebots zu entwickeln.

Die Frage, welches die bessere Organisationsform sei, hat durch PISA deutlich an Brisanz verloren. Das akzeptierte Ziel von Unterricht, die Lernenden zu einer belastbaren naturwissenschaftlichen Grundbildung zu führen, sie Kompetenzen erwerben zu lassen, die sie im Alltag entscheidungs- und handlungsfähig machen sowie das parallel – insbesondere durch PISA-Aufgaben – beförderte Konzept, Lernen in Alltagskontexte einzubinden, erlauben jetzt eine präzisere Bestimmung dessen, *wie Lernsituationen gestaltet sein sollten*: Sie sollen den Lernenden Möglichkeiten zur aktiven kognitiven Auseinandersetzung mit relevanten Fragestellungen eröffnen, dabei die Betrachtungsweisen, theoretischen und praktischen Instrumente der Naturwissenschaften nahe bringen und zur Anwendung kommen lassen und die erhaltenen Ergebnisse fachlich und betreffend ihrer überfachlichen Relevanz bewerten und verständlich kommunizieren.

Wie fachlich anspruchsvolle Lernsituationen eingebettet in komplexe und tendenziell die Fachgrenzen sprengende Fragestellungen gestaltet werden können, zeigen unter anderem die Modellversuche Chemie im Kontext, Physik im Kontext und Biologie im Kontext.

Wenn etwa Wasserstofftechnologien im Verkehrsbereich zum Unterrichtsthema werden, dann geht es im Kern zwar um die Energiegewinnung bei der Reaktion von Wasserstoff und (dem Luftbestandteil) Sauerstoff, aber bereits bei der Umwandlung der primär erhaltenen thermischen oder elektrischen Energie in Bewegungsenergie kommen andere – technisch-physikalische – Aspekte ins Spiel, erst recht bei der Frage, welche ökologischen oder gesellschaftlichen Auswirkungen eine entsprechende Umgestaltung des (Individual-)Verkehrs haben würde.

Ähnlich zeigen Beispiele aus der Apparatedizin – unter Stichwörtern wie Strahlen für das Leben – eindringlich die Reichweite aktuellen physikalischen Wissens und dessen Anwendungen, ebenso aber die Begrenztheit einer rein physikalischen Betrachtungsweise, wenn etwa die komplexen Kompetenzanforderungen an behandelnde Ärzte oder die möglichen psychischen Probleme der Patienten bei einer Strahlentherapie mit in den Blick kommen.

Wenn vorgeschlagen wird, im Verlauf der Mittelstufe zunehmend Aufgaben so zu gestalten, dass sie in komplexe Kontexte eingebettet sind, dann folgt dies vordergründig den Konstruktionsprinzipien von PISA-Items (Hammann 2006); dahinter steht aber die Vorstellung, dass Fragestellungen in der Alltagswelt, in Natur, Technik und Gesellschaft eben diesen Charakter aufweisen: nur in den seltensten Fällen sind sie einer einzelnen Disziplin zuzuordnen und kaum je handelt es sich um ein einzelnes, wohl definiertes Problem.

Naturwissenschaftlich vorzugehen (und dieses Vorgehen dabei zu lernen) bedeutet dann, dass die Lernenden zunächst den naturwissenschaftlichen Kern eines Problems, einer Fragestellung oder eines Zusammenhangs identifizieren lernen; im weiteren Problemlöseprozess können sie einerseits die Potenz einer spezifisch fachlichen Sichtweise erfahren wie andererseits auch deren Begrenztheit.

Komplexe Kontexte wie die oben angedeuteten tragen auch zur Quervernetzung zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern bei. Der Aufbau von Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Arbeitens im Sinne eines übergreifenden Verständnisses einer spezifischen (aber fachübergreifenden) Sicht auf Welt und der entsprechenden Manipulation ihrer Dinge kann

aber nur dann erfolgreich sein, wenn dies als Herausforderung für den gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht verstanden wird, also für alle drei Fächer und alle Schulstufen.

Spezielle schulische Organisationsformen fächerübergreifenden Arbeitens

Während die aktuelle Diskussion das Lernen in komplexen Kontexten – und damit oft auch in fächerübergreifenden Zusammenhängen – eher als Normalfall für den Unterricht fordert, bildeten sich schon lange vorher eine Vielzahl von besonderen Organisationsformen des Lernens in der Schulpraxis heraus, bei denen zumindest zeitweise fächerverbindend, fächerübergreifend oder integriert unterrichtet wurde. Eine pragmatische Übersicht gibt L. Huber (Huber 1995):

1. ***Fachüberschreitender Unterrichtstypus:***
Unterricht im Fach, wobei Inhalte anderer Fächer oder verwandte Bezüge einbezogen werden. Dieser Unterrichtstypus deckt schulpraktisch eine enorme Bandbreite an Möglichkeiten ab: z.B. vom nahezu reinen Fachunterricht (statistische Verfahren im Physikunterricht) bis zum Lernen “im sinnstiftenden Kontext” (z.B. Wettererscheinungen und Klimaprobleme (vgl. Muckenfuß, H.1995, S. 274ff.)).
2. ***Fächerverknüpfender Unterrichtstypus:***
Zwei oder mehrere Fächer behandeln in ihrem Fach ein gemeinsames Thema, gehen dabei von ihrer Fachperspektive aus (z.B. durch die Fragestellung, durch Rückgriff auf bereits im Fach entwickelte Begriffe und durch die Zielsetzung) und beziehen dabei die Fachinhalte anderer Fächer mit ein (z.B. Entwicklung von Atommodellen parallel im Chemie- und Physikunterricht).
3. ***Fächerkoordinierender Unterrichtstypus:***
Ein gemeinsam geplantes und wechselseitig abgestimmtes Thema wird in den jeweiligen Fächern – versehen mit den fachlichen Schwerpunkten – koordiniert von den einzelnen Fachlehrern durchgeführt (z.B. „Wetter und Klima“ gleichzeitig im Mathematik-, Physik-, Biologie- und Chemieunterricht).
4. ***Fächerergänzender Unterrichtstypus:***
Für bestimmte Themen wird die Fächerordnung der Schule teilweise zugunsten thematischer Kurse oder Projekte aufgehoben. Diese Kurse oder Projekte werden parallel zu den Fächern angeboten. Der inhaltliche Anteil der Schulfächer richtet sich nach den Anforderungen des Themas.
5. ***Fächeraussetzender Unterrichtstypus:***
Der Fachunterricht in einem Aufgabenfeld etc. wird zugunsten von fächerübergreifenden Projekten oder Kursen für einen bestimmten Zeitraum vollkommen ausgesetzt (z.B. in phasen- bzw. epochenweise angebotenen Projektwochen).

Allen diesen Varianten des Überschreitens von Fächergrenzen ist gemeinsam, dass ein komplexes Thema aus unterschiedlicher Perspektive betrachtet und bearbeitet wird. Dieses Vorgehen begründet sich traditionell zum einen (fach-)didaktisch: Themen lassen deutlich leichter die bereits früher vielfach geforderte lebensweltliche Orientierung des Unterrichts zu und können so auch die Interessen der Lernenden besser mit aufnehmen. Zum anderen, dies betonten mehrheitlich die Vertreter der Projekt-Ansätze, ermögliche die Bearbeitung von komplexeren Themen auch das „Lernen mit allen Sinnen“ und die Verbindung unterschied-

lichster Bearbeitungsweisen, von der kognitiven Strukturierung eines Problems bis hin zur technisch-praktischen Lösung und von einer Bewertung von Frage und Lösung im gesellschaftlichen Kontext bis zur ggf. narrativen oder künstlerisch darstellenden Verarbeitung.

Komplexe Fragestellungen – Lernen in Kontexten

Die Entwicklung komplexer Thematiken als Brennpunkt der Unterrichtsarbeit gehört zu den zentralen Forderungen der BLK-Expertise. Dort heißt es:

„Schulisches Lernen muss nicht nur anschlussfähig für zukünftiges Lernen sein, sondern auch Erfahrungen aus unterschiedlichen Lebenskontexten aufnehmen. Dies ist für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht eine besondere Herausforderung“ (BLK 1997, S. 16).

Die Forderung nach Gestaltung entsprechender Lernsituationen hat ihren Bezugspunkt in der Vorstellung vom situierten Lernen. (Resnick 1994) Empirische Befunde belegen, dass Lernen grundsätzlich kontextbezogen stattfindet und dass daher dem Anknüpfen an persönliche Erfahrungen und lebensweltliche Probleme ein hoher Stellenwert zuzumessen ist. Am Beispiel ist dies gut zu erkennen:

Kinder lernen beim Umgang mit Geld, Münzen eindeutig zu unterscheiden, Erwachsene lernen im Urlaub den Umgang mit einer fremden Währung – und zwar deutlich leichter, als wenn sie die Noten- und Münzwerte aus Abbildungen und Beschreibungen zuhause „lernen“ würden.

Das Beispiel zeigt aber zugleich die Begrenzung der so erworbenen Kompetenz, denn

in beiden Fällen bedeutet das nicht, dass ein Kind oder ein Erwachsener deswegen auch in der Lage wäre, das Aussehen dieser Münzen zutreffend zu beschreiben.

Erst wenn die so erworbenen Erfahrungen in anderen Situationen angewandt werden, können sie aus ihrem Ursprungskontext gelöst und verallgemeinert werden. Um im Bild und beim Beispiel zu bleiben: Wenn die gleiche Person einen Behälter mit Restmünzen aus verschiedenen Ländern sortieren soll, werden sich Kriterien zur sicheren Unterscheidung durch Form, Größe, Gewicht und Prägung herausbilden. Dass sich das auf diese Art angeeignete Wissen von nur angelerntem unterscheidet, ist leicht einsichtig.

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht bedeutet dies, möglichst vielfältige Lernsituationen zu schaffen die sich auf unterschiedliche Kontexte beziehen. Dies werden nur in Ausnahmefällen Fragestellungen sein, die nur auf ein einziges der drei naturwissenschaftlichen Schulfächer fokussieren. Die Entwicklung domänenspezifischer Kompetenzen erfordert demnach immer wieder ähnliche, komplexer werdende Situationen, in denen das Gelernte Verwendung und damit Anschluss an bereits gemachte Erfahrungen und Handlungen finden und dabei weiter diversifiziert werden kann.

„‘Transfer’ ist dann zu erwarten, wenn situiert erworbenes und an soziale Interaktionsregeln des Erwerbskontextes gebundenes Handlungswissen in Alltagssituationen genutzt wird, die verwandte Interaktionsstrukturen aufweisen“ (BLK 1997, S. 21).

Bei der Auseinandersetzung mit so gestalteten Fragestellungen werden schließlich auch Fächergrenzen erfahrbar, denn der fachliche Zugang liefert tatsächlich nur begrenzte Bearbeitungs- und Bewertungsmöglichkeiten. In der Expertise heißt es dazu:

„So wichtig die Rahmung des Fachs für den systematischen Wissenserwerb ist, so macht sie doch gleichzeitig auf die Grenzen der im Fach stellbaren und beantwortbaren Fragen aufmerksam. Das Fach weist, wenn es reflexiv unterrichtet wird, immer schon über sich selber hinaus. Denn in der Selbstbezüglichkeit werden Besonderheiten und Begrenzungen der jeweiligen Erkenntnisperspektive thematisch“ (BLK 1997, S. 19).

Fächergrenzen erfahrbar machen – Bedeutung für den Unterricht

Die Fächer Biologie, Chemie und Physik greifen in der Schule jeweils ganz bestimmte Fragen auf und beantworten sie in besonderer Weise. Sie vermitteln so fächerbezogene Weltansichten, besondere Wirklichkeitsausschnitte, die in bestimmter Weise die Dinge und Phänomene der Natur und deren Gesetzmäßigkeiten sehen und beschreiben. Um diese Ausschnitte der Wirklichkeit zu beschreiben, hat jedes Fach – „unterhalb“ allgemeiner Erkenntnismethoden – ganz spezifische Fachmethoden entwickelt, die direkt auf die jeweiligen fachlichen Fragestellungen und gewünschten Ergebnisse bezogen sind: z.B. lassen sich Mikroskopieren, Titrieren oder Messen von Feldstärken ganz bestimmten naturwissenschaftlichen Disziplinen zuordnen.

Im Selbstverständnis der Schülerinnen und Schüler (sowie vieler Lehrkräfte) werden diese besonderen Herangehensweisen an die Wirklichkeit durch die Fächer und die daraus folgenden Weltansichten dieser Fächer (Gesetze, Theorien) nicht als eine besondere Form der Beschreibung und Gliederung von Wirklichkeit angesehen, sondern als gegeben hingenommen. Fächerübergreifendes Arbeiten stellt eine Möglichkeit dar, die begrenzte Reichweite der einzelfachlichen Sicht erfahrbar und bewusst werden zu lassen: Zum einen, indem die unterschiedlichen Sichtweisen und Einsichten einzelner Fächer zu einem Thema im fächerübergreifenden Unterricht nebeneinander gestellt werden. Zum anderen aber auch dadurch, dass diese Einsichten und Sichtweisen als unterschiedliche Herangehensweisen an die Wirklichkeit selbst zum Unterrichtsthema werden. Eine derartige erkenntnistheoretische Reflexion gehört nach den Vorstellungen der Expertise mit zu den Aufgaben einzelner Fächer: „Der fächerverbindende und fachübergreifende Unterricht ist nicht nur eine notwendige Ergänzung des Fachunterrichts, sondern Teil dessen Vollendung“ (BLK a.a.O., S. 19).

Aspekt „Naturwissenschaftliches Arbeiten“

Die vor dem Hintergrund des Aufbaus einer naturwissenschaftlichen Grundbildung notwendige Akzentuierung des naturwissenschaftlichen Arbeitens erschließt weitgehende Möglichkeiten, das je Spezifische und das Gemeinsame der naturwissenschaftlichen Fächer sichtbar werden zu lassen.

Ordnen, Klassifizieren und Identifizieren kann man ebenso unter biologischen wie unter chemisch-stofflichen Aspekten. Im Biologieunterricht können die Schülerinnen und Schüler verschiedene Tiere kriteriengeleitet vergleichen (Hamman 2004) und dabei die Erfahrung machen, dass es ganz unterschiedliche Kriterien der Unterscheidung und Gruppenbildung gibt – etwa nach Art der Bedeckung der Körperoberfläche, nach Lebensraum oder nach Art der Fortpflanzung. Die betrachteten Merkmale sind ebenso dem Fach entliehen wie die beim Bestimmen einer Pflanze. Die Art der Tätigkeit bei diesem Ordnen ist aber ganz ähnlich wie beim Trennen verschiedener Kunststoffe aus dem Gelben Sack (Stäudel 2004) im Chemieunterricht oder im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht, nur werden hier spezifisch andere Kriterien angewandt und Eigenschaften anderer Art – z.B. Dichte, Verhalten beim Erhitzen, Brennbarkeit, Verhalten gegenüber Lösungsmitteln – untersucht und bestimmt.

Damit sich aus solchen Einzeltätigkeiten tatsächlich ein Verständnis von naturwissenschaftlichem Arbeiten entwickeln kann, bedarf es der Begleitung durch Metakommentare von Seiten der Lehrkraft, also der Verallgemeinerung und der Abstraktion vom konkreten Beispiel. Umgekehrt wird vom generalisierten Verständnis z.B. des Ordnen und Klassifizierens her

auch die Begrenztheit des je fachspezifischen Ansatzes deutlich – und die fachbezogene Weltsicht relativiert.

Ähnliches gilt für die in den Bildungsstandards formulierten Basiskonzepte der naturwissenschaftlichen Fächer – z.B. Energie, Wechselwirkung, Teilchen –, die jeweils spezifische Ausprägungen in den Fächern erfahren und dennoch als Basiskonzepte deutlich Gemeinsamkeiten aufweisen. Für die Kompetenzfelder Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung schließlich ist unmittelbar erkennbar, dass fachspezifische und eher auf die gesamte Domäne der Naturwissenschaften bezogene Kompetenzen sich gegenseitig bedingen: Während sich der Kompetenzbereich I (Wissen) vorzugsweise als fachspezifisch präsentiert, lassen die übrigen 3 Bereiche zunehmend den allgemeinen Charakter der naturwissenschaftlichen Auseinandersetzung mit der Welt erkennen. Als Beispiele können domänenspezifische Lesefähigkeit (Kompetenzbereich III) oder die Überprüfung eines wissenschaftlichen Ergebnisses (IV) ebenso dienen wie die weitgehend ähnlichen Vorgehensweisen bei der Entwicklung einer Hypothese aus einer Vermutung oder der Beurteilung der Angemessenheit eines experimentellen Ansatzes.

Für den Unterricht und insbesondere für das Unterrichtserleben der Lernenden kommt es in hohem Maß darauf an, dass Gegenstände, Inhalte, Arbeitsweisen und Darstellungsformen stets das Verhältnis von Spezifität und Begrenztheit einerseits und allgemeineren Strukturen andererseits erkennbar werden lassen. Unterricht entsprechend zu konzipieren und zu organisieren ist eine erste wichtige Herausforderung für die Fachschaften aller drei Fächer.

Aspekt „Aufgabenkultur“

Mit PISA wurde ein Aufgabenformat popularisiert, bei dem mittels geeigneten Stimulus-Materials ein möglichst realitätsnaher Kontext entfaltet wird. Die in diesen Kontext eingebetteten Probleme werden durch entsprechende Fragen zu den eigentlichen Aufgaben für die Schüler (Hamman 2006). Charakteristisch ist dabei, dass es vornehmlich um „Verständnis“ geht und nur bedingt um „(Detail-)Wissen“. Die Beschreibung eines mehr oder weniger komplexen, an der gesellschaftlichen, technischen oder lebensweltlichen Realität orientierten Kontextes führt in vielen Fällen dazu, dass der Horizont eines einzelnen Faches überschritten wird.

Ein Beispiel hierfür stellt die „Sammelweis“-Unit dar. Hier geht es – vor dem Hintergrund historischer medizinisch-naturwissenschaftlicher Entwicklungen – nicht nur um elementare Vorstellungen von Ansteckung durch Erreger und geeignete Gegenmaßnahmen, sondern auch um die Frage, ob bestimmte Phänomene (z.B. Erdbeben) für das gehäufte Auftreten von Erkrankungen oder von Todesfällen (Kindbettfieber) verantwortlich gemacht werden können oder nicht. (PISA 2003)

Ähnlich wie PISA stellen auch die Bildungsstandards nur beispielhafte Testaufgaben vor, überwiegend mit ganz ähnlichem Zuschnitt.

Beim Aufgabenbeispiel 4 „Sonnenlicht“ geht es u.a. um die physiologischen Wirkungen von UV-Strahlung, beim Beispiel 10, Energiebedarf beim Kochen von Kartoffeln, ebenso um physikalische Berechnungen wie um lebenspraktische Schlussfolgerungen, z.B. warum es günstig ist, nur wenig Wasser zum Kartoffelkochen zu verwenden. (BS Physik 2005)

Testaufgaben können aber wegen ihrer spezifischen Zielrichtung nur bedingt unmittelbar als Lernaufgaben verwendet werden (Stäudel 2006). Sehr wohl aber können sie Orientierung geben zur Formulierung von eigenen Lernaufgaben, insbesondere auch, was die Kontext bezogene Einbettung von Problemstellungen angeht. Bei entsprechend konzipierten Lernaufgaben geht es, ähnlich wie bei PISA, oft um das Erkennen naturwissenschaftlicher Fragen oder um das Herausfinden der eigentlichen Kernfrage.

Wenn die Schülerinnen und Schüler die Frage zur Bearbeitung und Beantwortung vorgelegt bekommen, ob der tropische Regenwald ein Netto-Sauerstoff-Produzent ist oder nicht (Stäudel 2001), dann müssen sie zunächst aus der Kontext-Information herausortieren, welche Informationen problem-relevant sein könnten, in diesem Fall die Konstanz der Biomasse, bedingt durch ein begrenztes Nährstoffangebot. Sodann kann die Beziehung zwischen Biomasse und Sauerstoff mittels der Fotosynthesegleichung hergestellt werden, und im Ergebnis können sie feststellen, dass – weil Sauerstoff immer nur proportional zur Biomasse produziert wird – der tropische Regenwald im Durchschnitt ebenso viel Sauerstoff „verbraucht“ wie er „produziert“.

Ähnlich wie im Beispiel biologische Konzepte mit chemischen verknüpft werden, findet man inzwischen zahlreiche Aufgaben vergleichbarer Komplexität und mit der Tendenz, die Grenzen des primären Bezugsfaches zu überschreiten. Wie unter dem Stichwort „naturwissenschaftliches Arbeiten“ ausgeführt reicht es auch hier nicht, entsprechende Aufgaben nur zu stellen und bearbeiten zu lassen, mindestes ebenso wichtig ist die einordnende Kommentierung auf der Metaebene.

Aspekt „Natur der Naturwissenschaften“

Ein Ziel des Erwerbs von Kompetenzen im Bereich Naturwissenschaften – im Sinne von scientific literacy – ist auch das Verständnis dafür, was die Naturwissenschaften vermögen und was nicht, wie sie so geworden sind, wie sie sich heute darstellen, was sie also „eigentlich“ sind. Es ist schnell erkennbar, dass dieses Ziel im Verlauf des Unterrichts nur schrittweise und sicher nicht umfassend erreicht werden kann. Aber nicht nur zur Unterstützung einer realistischen Einschätzung „der“ Naturwissenschaften in Wirtschaft, Technik, Umwelt, Politik und Alltag ist die Auseinandersetzung mit diesen Fragen unumgänglich, sie helfen auch, allzu enge Fachsichten zu relativieren und unterstützen durch horizontale Vernetzung den Kompetenzerwerb auf breiterer Basis.

Die Diskussion darum, wie mit der „Natur der Naturwissenschaften“ angemessen im Unterricht umgegangen werden kann, ist in Deutschland erst in den Anfängen, die angeführten Beispiel daher lediglich Denkanstöße.

Regelmäßig an Fächergrenzen und an die Grenzen der Naturwissenschaften stößt, wer sich auf Modellierungen komplexer Probleme einlässt. Klimamodelle sind hierfür ein gutes Beispiel.

Während inzwischen als weitgehend gesichert gilt, dass menschliche Aktivitäten, die mit CO₂-Emissionen verbunden sind, zu einem erheblichen Teil für den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur verantwortlich gemacht werden können, sind viele Folgefragen wie die Auswirkungen auf die Meere, die Zunahme oder Abnahme der Bewölkung in bestimmten Regionen oder ein eventuell beschleunigtes Wachstum von

Pflanzen noch ungeklärt. Tatsächlich ergeben sich mit jedem weiteren Schritt der „sicheren“ Erkenntnis neue Fragen und oft genug mehr als zuvor beantwortet wurden.

Zum einen spielen bei diesen Betrachtungen stets Aspekte aus allen Naturwissenschaften eine wichtige Rolle, zum anderen zeigt sich zugleich die Beschränktheit naturwissenschaftlicher Vorhersagefähigkeit: Weil die Dimension des globalen Experiments „Klimaveränderung durch den Menschen“ weit größer ist und die möglichen Einflussfaktoren weit zahlreicher als die Erfahrungen aus Laborsituationen, wird es vermutlich nie ein vollständiges Modell für diese Veränderung geben können.

Erfahrungen mit dem, was für die Naturwissenschaften charakteristisch ist, können die Lernenden immer auch dann machen, und zwar über die Grenzen eines einzelnen Faches hinaus, wenn sie selbst die in einem Problem enthaltene Fragestellung herausarbeiten, Hypothesen aufstellen und anschließend geeignete Experimente entwickeln müssen, um die vorgeschlagenen Zusammenhänge zu bestätigen oder zu widerlegen. Oft kann dabei die Erfahrung gemacht werden, dass sich Entscheidungen und Bewertungen nur bedingt mittels der von den Naturwissenschaften zur Verfügung gestellten Instrumente treffen, allenfalls stärken oder relativieren lassen.

Wenn etwa in einem PISA-Item die Frage zur Überprüfung vorgelegt wird, ob Elektrobusse oder Dieselfahrzeuge für die Umwelt besser sind, dann müssen mehrere Betrachtungen parallel angestellt werden: Zwar ist die Stadtluft weniger belastet, wenn Verkehrsmittel elektrisch angetrieben werden, jedoch ist die Energieausbeute in diesem Fall in der Regel schlechter als bei Nutzung von Verbrennungsmotoren. Letztlich stehen zwei nicht unmittelbar vergleichbare Folgenkomplexe – Verstärkung des CO₂-Ausstoßes (und des Treibhauseffekts) versus Verbesserung der Luftqualität und der Lebensbedingungen in der Stadt – einander gegenüber; eine Entscheidung kann nicht mehr naturwissenschafts-immanent getroffen werden.

Das So-geworden-Sein schließlich kann mit den Schülerinnen und Schülern sowohl an historischen Beispielen wie an aktuellen Entwicklungen ansatzweise erschlossen werden. Die berühmten Untersuchungen Voltas an Froschschenkeln sind dabei ebenso „fachübergreifend“ wie die naturwissenschaftlichen Entwicklungen im Zuge der „Grünen Revolution“, von Düngung und Pestiziden bis hin zum Versuch der gentechnischen Optimierung.

Fächergrenzen erfahrbar machen – Aufgaben für die Fachschaft

Der Erfolg der Bemühungen, die Anregungen des Moduls 6 in der Unterrichtspraxis wirksam werden zu lassen, hängt – wie bei allen Bemühungen um schulische Entwicklung – vom Engagement möglichst vieler Kolleginnen und Kollegen in einer Fachschaft ab. Die gemeinsame praktische Arbeit im Sinne dieses Moduls kann dabei mehrere Ziele verfolgen:

- Die (stufenbezogene) Einführung fächerübergreifenden Unterrichts kann diskutiert und vorbereitet werden.
- Eine fächerübergreifende Unterrichtseinheit kann geplant werden.
- Die Akzentuierung des Unterrichts in den Einzelfächern kann Gegenstand der gemeinsamen Arbeit sein.

Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht wird inzwischen in mehreren Bundesländern verbindlich oder als Option für die ersten Jahre der Sekundarstufe I angeboten bzw. als Möglichkeit für die einzelne Schule eröffnet. Die Vorbereitung eines solchen Schrittes findet in der Regel auf der Basis vorausgegangener Erfahrungen statt, z.B. der Teilnahme an einem entsprechenden Modellvorhaben (z.B. PING), oder aufgrund veränderter Rahmenbedingungen (Einführung neuer Lehr- oder Rahmenpläne). Die zu erörternden Fragen bei einer solchen Einführung und die notwendigen curricularen und organisatorischen Maßnahmen sind vielfältig und komplex und können hier nicht ausgeführt werden.

Wenn sich die Fachschaft einer Schule auf diesen Weg machen will, dann sollte sie möglichst von den Erfahrungen anderer Schulen lernen. Unterrichtsbesuche und gemeinsame Konferenzen können eine sachlich untermauerte Diskussion befördern und die Klärung von Zielen und Wegen unterstützen. Hinweise auf Schulen mit entsprechenden Erfahrungen findet man leicht im Internet, umfangreiche inhaltliche Vorschläge liefert die Datenbank von PING (<http://ping.lernnetz.de/>), ebenso die nordrhein-westfälische „learnline“ (<http://www.learnline.de/angebote/sinus/projektnw/index.html>).

Die gemeinsame **Planung einer fächerübergreifenden Unterrichtseinheit** stellt deutlich geringere Anforderungen an ein Fachkollegium und bietet dennoch Gelegenheit, sich ausführlich über Ziele und Möglichkeiten dieses Ansatzes zu verständigen. Dabei kann es ebenso um ein entsprechendes Unterrichtsvorhaben als singuläres Ereignis gehen wie auch um die systematische Einbeziehung solcher Unterrichtsphasen in einen bestimmten Jahrgang.

Ein gut handhabbares Planungsschema stellen Slovak, Labudde u.a. zur Verfügung. Der „Leitfaden für Lehrpersonen: Fächerübergreifenden Unterricht planen und durchführen“ ist sowohl unmittelbar im Internet abrufbar wie auch über den SINUS-Transfer-Server zugänglich (Links bei Materialien zu Modul 6).

https://www.phbern.ch/fileadmin/Bilder_und_Dokumente/07_IS2/PDF/Forschung_und_Entwicklung/Publicationen/Sz_leitfaden.pdf

Auf den SINUS-Transfer-Seiten finden sich auch zahlreiche Beispiele für entsprechende Unterrichtsvorhaben, die an Projektschulen entwickelt und erprobt worden sind. Zum Teil wurden diese Unterrichtsprojekte in den regulären Unterrichtsverlauf integriert, z. T. in besondere Phasen wie Projekttag oder -wochen ausgegliedert.

Wie sich ein Fachkollegium systematisch mit der Frage auseinandersetzen kann, fächerübergreifende Unterrichtsanteile zu verstärken, haben Bündler u.a. in den ursprünglichen Handreichungen zum Modul 6 ausgeführt. Sie schlagen ein Vorgehen in drei Schritten vor:

1. Zielklärung:	Was soll erreicht werden?
2. Bestandsaufnahme:	Was liegt bereits an fächerübergreifenden Ansätzen in der Schule vor?
3. Erste Maßnahmen:	Womit soll in unserer Schule begonnen werden?

Dabei soll u.a. geklärt werden,

- welche (lebensweltorientierte und fachorientierte) Themen Bezüge zu mehreren Fächern aufweisen, in welcher Jahrgangsstufe und mit welchem Schwerpunkt sie sich für fachübergreifenden bzw. fächerverbindenden naturwissenschaftlichen Unterricht eignen,
- wie über die Schuljahre der SI hinweg Unterricht mit solchen fächerübergreifenden Elementen inhaltlich und strukturell organisiert werden kann,
- und wie der gemeinsame Arbeitsprozess im Fachkollegium durch Rückmeldeverfahren und Erfahrungsaustausch abgesichert werden kann.

Meist stellt sich bei einer Bestandsaufnahme heraus, dass eine entsprechende Praxis fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Arbeitens in Teilen bereits existiert – und damit Anknüpfungsmöglichkeiten für eine Ausweitung.

Die Praxis fächerübergreifender Unterrichtsansätze wie auch von Formen integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts haben aber gezeigt, dass es nicht ausreicht, organisatorische Maßnahmen zu ergreifen, wenn nicht gleichzeitig der Unterricht selbst eine **veränderte Akzentuierung** erfährt. Angesichts der gegenwärtig dominierenden Organisationsformen von naturwissenschaftlichem Unterricht kommt der unmittelbaren Unterrichtsentwicklung sogar besondere Bedeutung zu.

Wenn eine Fachschaft im Sinne des Moduls 6 aktiv werden will, muss sie sich daher zuallererst mit den Fragen auseinandersetzen, die weiter oben (im Abschnitt „Bedeutung für den Unterricht“) entfaltet worden sind:

- Wie kann „**naturwissenschaftliches Arbeiten**“ ins Zentrum des Unterrichts gerückt werden? Wie kann, etwa durch Metakommentare, Verweise auf Bedeutung, Anwendungen und Ähnlichkeiten von Modellen, Prozessen und Strukturen zwischen den Fächern, den Schülerinnen und Schülern erfahrbar gemacht werden, dass die Naturwissenschaften zwar unterschiedliche Instrumente benutzen, aber durchaus nach ähnlichem Muster? (vgl. hierzu die Erläuterungen zu Modul 2)
- Wie kann gemeinsam ein **Repertoire an Aufgaben** entwickelt werden, das einerseits charakteristische Fragestellungen in möglichst lebensweltlichen Kontexten entfaltet und zum anderen die Lernenden deutlich ins Zentrum des Unterrichtsgeschehens stellt? Wie kann weiter der Bearbeitungsprozess geeignet unterstützt werden, nicht nur durch inhaltliche Hilfestellungen, sondern auch durch domänenspezifische lernstrate-

gische Hilfen, die sich wiederum auf die Vorgehensweisen der Naturwissenschaften beziehen? (vgl. hierzu die Erläuterungen zu Modul 1)

- Wie können schließlich Lernsituationen strukturiert werden, in denen die Lernenden etwas über die „**Natur der Naturwissenschaften**“ erfahren können? Welche Inhalte in welchen Fächern eignen sich hierfür besonders? Was genau ist daran erfahrbar, erkennbar? Besitzen die so ausgemachten Themen auch hinreichende Nähe zum Alltag und/oder den Interessen der Schülerinnen und Schüler?

Eine erste Annäherung einer Fachgruppe oder der vereinigten naturwissenschaftlichen Fachschaft sollte sich – wenn nicht zuerst, dann doch mindestens parallel zu den Bemühungen um formal fächerübergreifende oder fächerverbindende Unterrichtssequenzen – mit Priorität den zuletzt dargestellten Fragen widmen, weil das Erfahrbare von Fächergrenzen unmittelbar verknüpft ist damit, dass allen Beteiligten Ziel und Bedeutung ihres Tuns bewusst ist, Lehrkräften wie Schülern. Die gemeinsam diskutierten Themen sollten möglichst zeitnah unterrichtsrelevant sein, damit das Erarbeitete auch umgesetzt und erprobt werden kann. Anhaltspunkte für eine solche Arbeit bieten über die Beispiele von SINUS hinaus auch die inzwischen bereits gut eingeführten Bildungsstandards, die ebenfalls die Gemeinsamkeiten und das Spezifische der drei naturwissenschaftlichen Fächer aufzeigen.

Literatur

- Black, P., Atkin, J. M. (Hrsg.) (1996). *Changing the subject. Innovations in Science, Mathematics and Technology Education*. London & New York.
- Bethge, Th., Schecker, H. (1998). Der Bildungswert der Naturwissenschaften. Über Versuche mehr als nur Fächer zu unterrichten. *Die Deutsche Schule* 90 H. 3, S. 305.
- BLK (Hrsg.) (1997). *Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“*. Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung, Heft 60, Bonn.
- Duit, R., Gropengießer, H., Stäudel, L (Hrsg.) (2004). *Naturwissenschaftliches Arbeiten*. Seelze.
- Frey, K., Blänsdorf, K. (1974). *Integriertes Curriculum Naturwissenschaft der Sekundarstufe I: Projekte und Innovationsstrategien*. Weinheim und Basel.
- Frey, K., Häußler, P. (Hrsg.) (1973). *Integriertes Curriculum Naturwissenschaft: Theoretische Grundlagen und Ansätze*. Weinheim und Basel.
- Greeno, J.G., Smith, D.R., Moore, J.L. (1992). Transfer of situated learning. In: Detterman, D., Sternberg, R.J. (Hrsg.). *Transfer on trial: Intelligence, cognition and instruction*. Norwood, N.Y., S. 99-176.
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W., Mayer, J. (1998). *Naturwissenschafts-didaktische Forschung. Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. IPN, Kiel.
- Hamman, M. (2004). Tiere ordnen. Ein Methodentraining zum kriteriengeleiteten Vergleichen Biologie ab Klasse 5. In: Duit, R. u.a. (Hrsg.). *Naturwissenschaftliches Arbeiten*. Seelze.
- Hamman, M. (2006). PISA und Scientific Literacy. In: Institut für Qualitätsentwicklung (Hrsg.): *PISA macht Schule. Konzeptionen und Praxisbeispiele zur neuen Aufgabenkultur*. Wiesbaden, HKM 2006, S. 127 ff.

- Huber, L. (1995). Individualität zulassen und Kommunikation stiften. In: Die Deutsche Schule, H. 2, S. 161-182.
- Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. Berlin.
- Nentwig, P., Waddington, D. (Hrsg.) (2005). Making it relevant. Context based learning of science. Münster.
- Projektkerngruppe PING (1996). Was ist PING? Informationen zur Statuskonzeptionsentwicklung. IPN, Kiel.
- Resnick, L.B. (1994). Situated rationalism: Biological and social preparation for learning. In: Hirshfeld, L., Gelman, S. (eds.). Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture. Cambridge, N.Y., S. 474-493.
- Solomon, J., Aikenhead, G. (Hrsg.) (1994). STS-Education, International perspectives on reform. New York, London.
- Stäudel, L. (2004). Der tropische Regenwald. Eine Aufgaben-gestützte Modellierung von Stoffumsätzen. Unterricht Chemie, 15. Jg., H. 82/83, S. 83-86.
- Stäudel, L. (2004). Der Gelbe Sack. Vergleichen und Klassifizieren anhand abstrakter Eigenschaften. In: Duit, R. u.a. (Hrsg.), Naturwissenschaftliches Arbeiten. Seelze.
- Stäudel, L. (2006). Von der Testaufgabe zur Lernaufgabe. In: Institut für Qualitätsentwicklung (Hrsg.): PISA macht Schule. Konzeptionen und Praxisbeispiele zur neuen Aufgabenkultur. Wiesbaden, HKM 2006, S. 181 ff.

Informationen zum Projekt Chemie im Kontext finden sich unter <http://www.chik.de/>

Informationen zum Projekt Physik im Kontext finden sich unter <http://www.uni-kiel.de/piko/>

Erste Informationen zum Projekt Biologie im Kontext finden sich unter <http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/bik/bik.html>

Die KMK-Vereinbarungen über die Bildungsstandards für den Mittleren Bildungsabschluss finden sich unter <http://www.kmk.org/schul/home1.htm> als Download
für das Fach Biologie: http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Biologie_MSA_16-12-04.pdf
für das Fach Physik: http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Physik_MSA16-12-04.pdf
für das Fach Chemie: http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Chemie_MSA_16-12-04.pdf
bzw. als Printversion beim Luchterhandverlag / WoltersKluwer, München