

FÄCHER ÜBERGREIFENDER UNTERRICHT IN UND MIT PHYSIK: EINE ZU WENIG GENUTZTE CHANCE¹

Peter Labudde

Universität Bern, Höheres Lehramt, Postfach, CH-3000 Bern 9

(labudde@sis.unibe.ch)

(Eingegangen: 08.01.2003; Angenommen: 22.04.2003)

Kurzfassung

Vernetztes Denken im Physik- bzw. im naturwissenschaftlichen Unterricht? So viel Zustimmung dieses allgemeine Bildungsziel findet, so schwierig gestaltet sich die Umsetzung im täglichen Schulalltag und so offen bleibt manche fachdidaktische Frage. In diesem Übersichtsartikel werden zunächst Argumente für Fächer übergreifenden Unterricht (FüU) in acht Punkten vorgestellt. Es folgen - mit dem Ziel einer Begriffsklärung - eine Übersicht über verschiedenste Definitionen und Kategorien von FüU. Resultate empirischer Begleituntersuchungen und Evaluationen sowie Anregungen zur Weiterentwicklung des FüU schließen den Beitrag ab.

Zur konkreten Veranschaulichung dienen Lehrpläne und Umsetzungshilfen aus der Schweiz, wo der Fächer übergreifende naturwissenschaftliche Unterricht einen hohen Stellenwert genießt: In der Sekundarstufe I bildet das Integrationsfach Naturwissenschaften den Normalfall, in der Sekundarstufe II bieten viele Schulen neben dem gefächerten Unterricht auch Fächer übergreifende (naturwissenschaftliche) Module bzw. Unterrichtsgefäße an.

1. Zwei Lehrpläne - zwei Welten: hier ohne, da mit Fächer übergreifendem Unterricht

Welchen Stellenwert genießt der Fächer übergreifende Unterricht - hier als Oberbegriff verwendet (siehe Kap. 3) - in der täglichen Schulpraxis? Je nach Land sieht der Unterrichtsalltag für (Physik-) Lehrkräfte sehr unterschiedlich aus. Ein konkretes Beispiel: Stellen Sie sich vor, Sie müssten als Lehrerin bzw. Lehrer im 7. Schuljahr der Realschule² eine Unterrichtseinheit 'Elektrizitätslehre' gestalten. Wenn Sie sich bei Ihrer Unterrichtsplanung auf den Lehrplan abstützen, finden Sie - innerhalb des deutschen Sprachraums, nur wenige hundert Kilometer auseinander - je nach Land völlig unterschiedliche Rahmenbedingungen vor: Zum Beispiel im Freistaat Sachsen ein Curriculum weit gehend ohne Fächer übergreifende Elemente, hingegen im Kanton Bern einen konsequent Fächer übergreifenden Lehrplan (Abb. 1).

Eine Lehrkraft in Sachsen kann sich auf einen Physiklehrplan berufen, in dem die wichtigsten Ziele des Physikunterrichts, einige didaktische-methodische Hinweise sowie ein sehr detaillierter Stoffplan aufgelistet sind. Rein quantitativ bilden die Stoffpläne für jedes Teilgebiet der Physik den weitaus größten Teil des sächsischen Curriculums. Eine Lehrkraft weiß genau, was zu unterrichten ist. Gerade Anfängerinnen und Anfänger sowie Kolleginnen und Kollegen, die wenig Physik unterrichten, schätzen derartige detaillierte Lehrpläne. Sie wissen, woran sie sind; der Lehrplan gibt Inhalte und Gliederung ge-

nau vor. Hingegen lassen sich im Curriculum nur wenige Hinweise zum Warum, d.h. zu den Zielen, und zum Wie, d.h. der methodisch-didaktischen Gestaltung des Unterrichts, finden.

Eine Lehrperson im Kanton Bern findet einen gänzlich anderen Lehrplan vor: Es gibt kein Fach Physik, sondern einen Unterrichtsbereich 'Natur-Mensch-Mitwelt' (NMM). Zuerst werden sehr ausführlich die Bildungsziele vorgestellt und - ebenso detailliert - viele didaktische Hinweise gegeben. Hingegen ist der eigentliche Stoffplan äußerst beschränkt: Für die Elektrizitätslehre, die in ein größeres Themenfeld 'Energie und Materie' eingebettet ist, werden nur wenige verbindliche Begriffe notiert: u.a. Strom, Spannung, elektrische Leistung. (Allerdings findet eine erste Auseinandersetzung mit elektrischen Phänomenen, u.a. elektrische Ladung, Blitz, Stromkreis, bereits im 5./6. Schuljahr statt.)

Eine Lehrperson ist im ersten Moment vielleicht verunsichert, denn es bleibt ihr überlassen, evtl. zusammen mit den Schülerinnen und Schülern, inhaltliche Akzente zu setzen. Auch wird ihr beim Studium des Lehrplans bewusst, welch breites Spektrum von Zielen im NMM-Unterricht zu verfolgen sind und wie viele methodische Möglichkeiten offen stehen. Sie muss sich hier intensiv mit ihrer Rolle als Lehrperson auseinandersetzen, insbesondere auch mit den Zielen, Methoden und Inhalten von NMM.

Freistaat Sachsen (1992) Lehrplan Physik 7. Schuljahr Realschule	Kanton Bern (1995) Lehrplan Natur-Mensch-Mitwelt 7.-9. Schuljahr Real- und Sekundarschule
<p>Bildungsziele des Physikunterrichts: Im Physikunterricht werden Erscheinungen, Vorgänge und Zusammenhänge untersucht, die die Schüler aus Natur, Technik und Alltag kennen bzw. die in diesen Bereichen von Bedeutung sind. Es wird angestrebt, diese unter angemessener Verwendung der in der Physik üblichen Begriffe zu beschreiben und in Form von Gesetzen zu formulieren. Einige der erkannten Gesetze werden exemplarisch mit mathematischen Hilfsmitteln dargestellt. [...] Die Kenntnisse erstrecken sich über die Stoffgebiete Mechanik, Thermodynamik, Elektrizitätslehre, Optik und Kernphysik.</p>	<p>Richtziele Natur-Mensch-Mitwelt: Im Fach Natur-Mensch-Mitwelt (NMM) werden Richtziele zu den Bereichen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, Erkenntnisse und Kenntnisse sowie Haltungen formuliert. Die drei Bereiche lassen sich nur bedingt unterscheiden und durchdringen sich gegenseitig. <i>Fähigkeiten und Fertigkeiten:</i> Natur und Kultur mit ihren Besonderheiten und Schönheiten wahrnehmen. Empfindsamkeit und Staunen in der Begegnung mit der Mitwelt entwickeln. [...] <i>Erkenntnisse und Kenntnisse:</i> Ein Grundwissen in den Bereichen Natur, Kultur und Gesellschaft aufbauen. Über Vorstellungen, Begriffe und Strukturen verfügen und Einblicke in Zusammenhänge gewinnen. [...] <i>Haltungen:</i> Fragen zur eigenen Lebensgestaltung stellen, Sinn erfahren, Zuversicht schöpfen und Zukunftsperspektiven aufbauen. [...]</p>
<p>Didaktisch-methodische Hinweise: Ausgangspunkt der Untersuchungen im Physikunterricht in der Mittelschule sind in der Regel die Beobachtungen und Erfahrungen, die die Schüler in der Natur und beim Umgang mit technischen Geräten und Spielzeugen gewonnen haben sowie ihre bereits erworbenen Kenntnisse. [...] In der ersten Phase sollten phänomenologische Betrachtungen dominieren. Auf der Suche nach den grundlegenden physikalischen Zusammenhängen werden ausgewählte Begriffe eingeführt, [...] erst dann werden quantitative Aussagen formuliert.</p>	<p>Didaktische Hinweise NMM: <i>Mitwirken, mitplanen, mitentscheiden:</i> Schülerinnen und Schüler werden in die Unterrichtsplanung und -gestaltung einbezogen, sie bringen ihre Anliegen ein, planen Tätigkeiten zunehmend selbstständig und übernehmen immer mehr Verantwortung für ihr Lernen. [...] Das Planen und Realisieren von persönlichen Projekten ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern, eigenen Interessen nachzugehen. [Es folgen ebenso detailliert beschrieben didaktische Hinweise zu folgenden Bereichen:]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Soziales Lernen, • Wahrnehmen – erleben - erfahren, • Fähigkeiten und Fertigkeiten, • Erkenntnisse, • Elemente und Merkmale – Zusammenhänge, • Umsetzen, • Erfahrungen mit Lernwegen.
<p>Inhalte (eine Seite): Die Schüler erhalten, aufbauend auf ihren Kenntnissen im Werkunterricht, einen ersten Einblick in den Gegenstandsbereich der Elektrizitätslehre. Sie können Strom- und Spannungsmesser schalten, lernen einfache Gesetze des Stromkreises kennen und nutzen das Modell der Elektronenleitung zur Deutung der Stromstärkeverhältnisse. [...] [Es folgt ein Stoffkatalog mit folgenden Bereichen, die dann im Einzelnen detailliert beschrieben sind:] Wirkungen des elektrischen Stroms, Gefahren im Umgang mit elektrischem Strom, Ladungstrennung, Modell der Elektronenleitung, Unverzweigter und verzweigter Stromkreis, Stromstärke, Spannung, Ohmsches Gesetz, Elektrische Leistung</p>	<p>Inhalte (zwei Zeilen!): Zu Erscheinungen der Elektrizität Versuche und Messungen durchführen [...] Gefahren im Umgang mit der Elektrizität kennen [...] Inhalte dazu: Strom, Spannung, elektrische Leistung, <i>Elektromotor, Generator, Transformator</i>, Gefahren: Starkstrom.</p>

Abb. 1: Auszüge aus dem sächsischen bzw. Berner Lehrplan für das 7. Schuljahr der Real- bzw. Sekundarschule²: es handelt sich jeweils um die ersten Sätze der einzelnen Abschnitte (Erziehungsdirektion der Kantons Bern 1995, Sachsen 1992).

Der beiden Lehrpläne sind hier im exemplarischen Sinn aufgeführt. Sie stehen stellvertretend für die Mehrzahl der Curricula der deutschen Bundesländer bzw. der Schweizer Kantone: Während in Deutschland (mit wenigen Ausnahmen wie z.B. Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen) spezifische Fachlehrpläne für Physik, Biologie, Chemie bestehen, kennen fast alle Schweizer Kantone auf der Sekundarstufe I ein Integrationsfach, das 'Mensch-Natur-Mitwelt' (NMM, Kanton Bern), 'Mensch und Umwelt' (Kantone Zürich, St. Gallen) oder ähnlich heißt. Zwei Länder, zwei offizielle staatliche Lehrpläne, zwei Mal Physikunterricht für 13-Jährige, zwei Mal der gleiche deutschsprachige Kulturkreis - aber zwei völlig verschiedene Unterrichtskonzepte.

Beispiele aus der Schweiz werden dazu dienen, um in den folgenden Kapiteln die theoretischen Ausführungen zum Fächer übergreifenden Unterricht zu veranschaulichen. In den einzelnen Kapiteln setze ich mich mit folgenden Fragen auseinander:

2. Kap.: Warum sollte FÜU den Fachunterricht komplementär ergänzen?
3. Kap.: Welche Kategorien von Fächer übergreifendem Unterricht sind zu unterscheiden?
4. Kap.: Wie sehen exemplarische Beispiele Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts im 5.-9. Schuljahr aus?
5. Kap.: Wie wird Fächer übergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht in der gymnasialen Oberstufe umgesetzt?
6. Kap.: Welche Wirkungen zeigt Fächer übergreifender Unterricht?
7. Kap.: Was ist in Forschung und Entwicklung sowie in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen in der Zukunft zu leisten?

2. Begründungen für Fächer übergreifenden Unterricht

In der Literatur lassen sich vielfältige Begründungen für Fächer übergreifenden (naturwissenschaftlichen) Unterricht finden (Aikenhead 1994, 1995; BBT 2001; Duncker & Popp 1998; Golecki 1999; Häußler et al. 1998; Huber 1994, 1998, 2001; Klinger 1998; Kremer & Stäudel 1993, 1997; Lauterbach 1992; Maingain et al. 2002; Moegling 1998; Reinhold, 1997; Reinhold & Bündler 2001; Schecker & Winter 2000; Stäudel 1999). Ich greife die verschiedenen Argumente auf, ergänze, ordne und fasse sie in acht Punkten zusammen.

2.1. Konstruktivistische Lerntheorien

In der Lern- und Lehrforschung wurden in den vergangenen zwei Jahrzehnten verschiedene Ansätze unter dem Sammelbegriff Konstruktivismus entwickelt (siehe u.a. Duit 1995; Gardner 1994; Gergen, 1995; Gerstenmaier & Mandl 1995; Gil-Pérez, 1996; Glasersfeld 1995; Shotton 1995; Weinert 1994).

Beim so genannten moderaten Konstruktivismus wird von folgenden Grundannahmen ausgegangen (Zitat aus Labudde 2000a, S. 18):

- Lernende konstruieren ihr Wissen, d.h. Lernen ist ein aktiver Prozess: Anknüpfend an das eigene Vorwissen interpretiert das Individuum neue wahrnehmungsbedingte Erfahrungen und generiert neues Wissen.
- Für diese Generierung neuen Wissens sind nicht nur Vorwissen und Vorerfahrungen von Bedeutung, sondern gleichermaßen auch die individuellen Interessen, Überzeugungen und Gefühle sowie die Identifikation mit den Lerninhalten. All diese für jeden Lernprozess bedeutsamen Ausgangspunkte werden häufig - vor allem in der Naturwissenschaftsdidaktik - unter dem Begriff Vorverständnis zusammengefasst.
- Lernen kann damit nur in einem für das Individuum relevanten Kontext stattfinden. Das heisst, die Unterrichtsinhalte müssen - wo immer möglich - lebens- und berufsnahe sein, eher komplex und unstrukturiert als vereinfachend reduktionistisch und strukturiert.
- Kooperation und Kollaboration spielen für Lernprozesse eine zentrale Rolle: Im gegenseitigen Austausch von Fragen und Hypothesen, in der gemeinsamen Diskussion von Interpretationen und Lösungen gewinnt neues Wissen an Struktur. Dieses soziale Aushandeln von Bedeutungen findet in vielfältigen kooperativen Prozessen zwischen Lehrenden und Lernenden sowie zwischen Lernenden und Lernenden statt.
- Das Generieren neuen Wissens schließt die Reflexion und Kontrolle von Lernprozess und Lernerfolg ein: Der Entwicklung und dem Einsatz metakognitiver Fertigkeiten kommt eine besondere Bedeutung zu.

Ein konstruktivistisch orientierter Unterricht, in dem insbesondere die drei konstruktivistischen Grundprinzipien (siehe Textbox) 'Lernen als aktiver Prozess', 'Integrieren des Vorverständnisses' sowie der 'Kontextbezug' berücksichtigt werden, führt konsequenterweise zu Fächer übergreifendem Unterricht. Denn wenn Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit erhalten, an ihr Vorverständnis anzuknüpfen und neues Wissen aktiv in einem für sie relevanten Kontext aufzubauen, werden sie nicht in Denkschablonen oder Fachschubladen neues Wissen konstruieren. Ihr Denken und Handeln sind noch - durchaus im positiven Sinn - undiszipliniert. Ein Unterricht, der an konstruktivistischen Prinzipien orientiert ist und damit 'ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken' (Wagenschein 1970) zum Ziel hat, wird daher über weite Strecken Fach überschreitend, Fächer verknüpfend oder Themen zentriert sein (für die Begriffsdefinitionen vgl. Kap. 3).

Huber (2001, S. 308) weist darauf hin, dass die Fachstrukturen nicht den Lernstrukturen entsprechen, die Logik der Systematiken nicht der Logik der Aneignungsprozesse. Unter der Kapitelüberschrift 'Den Fragen der Kinder folgen' analysiert er die reformpädagogische Forderung nach 'Gesamtunterricht' und damit nach Fächer übergreifendem Unterricht. Huber geht allerdings nicht auf die zahlreichen Parallelen zwischen reformpädagogischen

Forderungen und konstruktivistischen Ansätzen ein (zu diesen Parallelen vgl. Labudde 2000b).

2.2. Wissenschaftspropädeutik

Fächer übergreifender Unterricht kann vor allem in der Sekundarstufe II einen Beitrag dazu leisten, wissenschaftspropädeutische Kompetenzen zu fördern, d.h. Denk- und Arbeitsweisen, Chancen und Grenzen eines Fachs zu erhellen. Es geht hier um naturwissenschaftliche Grundbegriffe und Grundmethoden in fachlicher Konkretisierung wie auch in überfachlichem relativierendem Vergleich, gleichzeitig um Metareflexion in philosophischem, historischem sowie sozialem bzw. politischem Bezugsrahmen (Huber 1998, S. 22; Schecker & Winter 1997). Was ist mit wissenschaftspropädeutischen Kompetenzen gemeint? Als Beispiele seien einige der internationalen Vergleichsstudie PISA, Program for International Student Assessment, genannt (siehe Textbox und Baumert et al., 2001).

Program for International Student Assessment Competencies: scientific processes:

1. the recognition of scientific questions
2. the identification of evidence
3. the drawing of conclusions
4. the communication of these conclusions
5. the demonstration of understanding of scientific concepts

Bei den Bildungszielen werden im Bereich *scientific processes* Kompetenzen unterschieden und in Tests überprüft, die sich zum Teil eher durch eine Kombination von Fächer übergreifendem Unterricht (FüU) und Fachunterricht als mit ausschließlichem Fachunterricht erreichen lassen. Hierzu zählen das Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragen, die Aufarbeitung und Kommunikation wissenschaftlicher Resultate sowie das Verstehen naturwissenschaftlicher Begriffe. Reiner Fachunterricht leistet selbstverständlich ganz wesentliche Beiträge zum Erreichen dieser bei PISA aufgeführten Bildungsziele. Aber erst in der Kombination mit den verschiedenen Kategorien Fächer übergreifenden Unterrichts und damit in der komplementären Ergänzung von Fach- und FüU können einzelne wissenschaftspropädeutische Bildungsziele in dem Ausmaß erreicht werden, wie sie für Abitur und Hochschulreife wünschenswert wären. Im FüU sollen „die Wissenschaft im Prozess und als soziale Praxis sowie die Differenz der Wissenschaften untereinander und zum Alltagswissen erfahrbar werden“ (Huber 2001). Jugendliche sollen zentrale Merkmale von Wissenschaft, in unserem Falle insbesondere von Physik und Naturwissenschaften, erleben und reflektieren, u.a. Hypothesenbildung, Experiment, Abstraktion, Quantifizierung, Kommunikation und Disput.

2.3. Schlüsselprobleme der Menschheit

Viele Probleme der Menschheit, z.B. Treibhauseffekt, Energieknappheit, Luft- und Wasserverschmutzung, Gentechnik, die Friedensfrage oder der Wandel der Geschlechterrollen lassen sich von Wissenschaft bzw. Politik nur inter- bzw. transdisziplinär lösen (zu den Begriffen siehe Kap. 3). Klafki prägte Ende der 80er-Jahre den Begriff ‚Schlüsselprobleme der Menschheit‘ und forderte eine Ergänzung des Fachunterrichts durch FüU (Klafki 1996; Münzinger & Klafki 1995). Seine Konzepte lösten eine breite Diskussion aus, die bei Huber (2001, S. 316) übersichtlich zusammengefasst ist.

Was bei Klafki, seinen Kritikerinnen und Kritikern sowie Huber noch teilweise fehlt, ist der wissenschaftstheoretische und didaktische Transfer vom interdisziplinären Wissenschaftsbetrieb zum Fächer übergreifenden Unterricht. Denn was beim Lösen von Schlüsselproblemen der Menschheit für Wissenschaft und Politik gelten mag, kann nicht eins zu eins auf den Fächer übergreifenden Schulunterricht übertragen werden. Fourez und sein Team entwickelten für diese Übertragung auf den Schulunterricht einen überzeugenden theoretischen Ansatz sowie zugehörige Unterrichtsbeispiele und Methoden (Maingain et al. 2002). Genau so wenig wie Fourez dabei auf Klafki Bezug nimmt, sind die wegweisenden Arbeiten von Fourez zum FüU im deutschen Sprachraum kaum rezipiert: Fourez lebt und arbeitet in der französischsprachigen *communauté scientifique*, Klafki in der deutschsprachigen wissenschaftlichen Gemeinschaft.

Fourez charakterisiert die Interdisziplinarität der Wissenschaft wie folgt (Maingain, Dufour & Fourez 2002, S. 63): „Nous parlons d’interdisciplinarité au sens strict lorsqu’on fait appel à plusieurs disciplines en vue d’élaborer une représentation ou modélisation d’un concept, d’un événement, d’une situation, d’une problématique, afin de se doter d’un outil d’analyse, de communication et/ou d’action.“ (Wir sprechen von Interdisziplinarität im strengen Sinn, wenn man sich im Hinblick auf die Ausarbeitung einer Repräsentation bzw. eines Modells von einem Begriff, einem Ereignis, einer Situation oder einem Problem auf mehrere Disziplinen beruft, um sich ein Analyse-, Kommunikations- bzw. Aktionsinstrument zu beschaffen.)

Fourez stellt die interdisziplinäre Repräsentation bzw. das interdisziplinäre Modell eines Ereignisses oder Problems in das Zentrum seines theoretischen Ansatzes. Übertragen auf Klafkis Schlüsselprobleme könnte Fourez Kernaussage lauten: Um ein Schlüsselproblem der Menschheit in einem Modell zu beschreiben und dann zu lösen, bedarf es der Kooperation mehrerer Disziplinen.

Übertrage ich dies jetzt auf den Fächer übergreifenden Schulunterricht, lässt sich als Bildungsziel formulieren: Jugendliche entwickeln die Bereitschaft, ein (Schlüssel-) Problem in einem Modell zu beschreiben und dann zu lösen, indem sie ihr Wissen

aus mehreren Fächern bzw. mehrere Gesichtspunkte vernetzen. Diese Bereitschaft kann durch FÜU – im Sinne von Klafki als komplementäre Ergänzung zum Fachunterricht – vermutlich besser erzielt werden als durch einen ausschließlich an der Fachsystematik orientierten (Physik-) Unterricht.

2.4. Schule als Erfahrungsraum: Lernen in Projekten

In vielfältigen bildungs- und schultheoretischen Konzepten wird Schule als Erfahrungsraum konzipiert. Dewey (1993) prägte hier die Kernidee der ‚reflektierten Erfahrung‘ in der Arbeit an (Alltags-) Problemen. Durch diese Arbeit und ihrer Reflexion würden die Lernenden neue Kenntnisse und Erkenntnisse aufbauen, Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie ihre individuellen Haltungen weiter entwickeln. Der Stoff dürfe nicht als fertig, die Systematik nicht als gegeben angeboten werden, sondern es müsse zwischen der ‚logischen‘ Ordnung des Fachs und dem ‚psychologischen‘ Ablauf des Lernprozesses unterschieden werden (Dewey 1935, S. 147).

Für den Physikunterricht entwickelte Wagenschein, (1970, 1991) mit dem exemplarischen Prinzip und genetischen Lernen vergleichbare Ansätze, ohne sie allerdings wie Dewey mit einer Bildungstheorie zu untermauern. Hingegen lassen seine wie auch Deweys Konzepte gerade für den Physik- und Naturwissenschaftsunterricht interessante Parallelen zum Konstruktivismus erkennen (vgl. Labudde 2000b, S. 54)

Wenn Schule als Erfahrungsraum verstanden wird bzw. exemplarisch gearbeitet werden soll, schlagen fast *unisono* sämtliche Fachleute der Fachdidaktiken und Erziehungswissenschaft die Projektmethode als die geeignete didaktisch-methodische Umsetzung vor. Die Projektmethode, wie sie von Frey (1993) begrifflich und in ihren einzelnen Schritten klar charakterisiert worden ist, lässt sich gleichermaßen im Fach- wie im Fächer übergreifenden Unterricht einsetzen. Projektunterricht wird in vielen Fällen - aber nicht notwendigerweise - Fächer übergreifend sein. FÜU darf allerdings nicht auf die Projektmethode reduziert werden (siehe Kap. 3).

2.5. Überfachliche Kompetenzen

In den 90er-Jahren tauchte in der bildungspolitischen Diskussion der Begriff der Schlüsselqualifikationen auf und damit verbunden die Forderung nach mehr Fächer übergreifendem Unterricht bzw. – so vor allem in der Berufsbildung - nach Curricula, die sich an Lernfeldern orientieren. Der zunächst noch diffuse Begriff der Schlüsselqualifikationen wurde inzwischen differenziert (vgl. Huber 2001, S. 320) und in Teilen durch den Begriff der überfachlichen Kompetenzen ersetzt.

Eine fundierte Theorie und Operationalisierung dieser Kompetenzen wurde in jüngster Zeit von

Grob & Maag Merki (2001) entwickelt. Dabei unterscheiden sie 34 überfachliche Kompetenzen bzw. Kategorien, für die sie je ein Indikatorensystem entwickelt und empirisch überprüft haben. Zu den Kompetenzen gehören u.a. Selbstakzeptanz, Selbstreflexion, relative Autonomie, respektvoller Umgang mit der Vergangenheit, Kreativität, Balancefähigkeit, Ambiguitätstoleranz, Copingstrategien, Verantwortung Mitmensch, Umweltkompetenz, Kooperations- und Kritikfähigkeit. An dieser Stelle kann nicht auf die Frage eingegangen werden, inwieweit derartige Kompetenzen zuerst an konkreten, spezifischen Inhalten und Aufgaben erworben werden müssen, um dann allenfalls auf neue Inhalte und Probleme transferiert werden zu können. Vergleiche hierzu Weinert & Schrader (1997).

Lassen sich die hier erwähnten überfachlichen Kompetenzen nur im FÜU erwerben? Zweifellos nicht, denn grundsätzlich lassen sich viele von ihnen gleichermaßen im Fachunterricht wie auch im FÜU erwerben, z.B. Kooperationsfähigkeit, Kreativität, Selbstreflexion, Kritikfähigkeit oder relative Autonomie. D.h. ein Physikunterricht, der konstruktivistisch orientiert ist (vgl. 2.1.) oder der das Lernen in Fachprojekten vorsieht (vgl. 2.4.), kann ebenso gut diese überfachlichen Kompetenzen fördern wie ein FÜU. Die Frage ist nur, wie häufig ein derartiger Physikunterricht in der Schulrealität auch tatsächlich praktiziert wird und ob es nicht einfacher wäre, neue Fächer übergreifende Gefäße zu schaffen, in denen dann entsprechend unterrichtet würde.

Es bleiben einige überfachliche Kompetenzen, für deren Erwerb der FÜU wahrscheinlich die besseren Voraussetzungen mit sich bringt als der Fachunterricht. Hierzu zählen z.B. Umweltkompetenz, Ambiguitätstoleranz oder differenziertes Denken.

2.6. Informationsbeschaffung im ICT-Zeitalter

Mit der raschen Ausbreitung der neuen *Information and Communication Technologies (ICT)* in den letzten Jahren steht die Schule vor der Herausforderung, diese in den Unterricht zu integrieren und Kinder und Jugendliche auf einen sinnvollen, kreativen und effizienten Umgang mit den ICT vorzubereiten. Die erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Diskussion über entsprechende Bildungsziele und Unterrichtsmethoden ist im Gange. Vieles bleibt noch ungelöst und umstritten. Zu den wenigen Zielen, die unbestritten sind, gehört die Fähigkeit, sich Informationen beschaffen zu können. Das Internet bietet für die Informationsbeschaffung neue, bisher ungeahnte Möglichkeiten und eröffnet einen anderen Typ von Lernweg: Dieser ist weniger linear, wie z.B. das Lesen eines Buches, sondern viel mehr nichtlinear. Fächer übergreifender Unterricht soll einen Beitrag leisten, Schülerinnen und Schüler auf diese nichtlineare, vernetzte Informationsaufnahme und -verarbeitung vorzubereiten.

2.7. Gender gerechter Unterricht

Spezifisch auf den Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen und hier insbesondere auf den Fach überschreitenden Physikunterricht gemünzt, ist das folgende Argument: Fächer übergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht ist ein Gender gerechter Unterricht, der sowohl Schüler wie auch Schülerinnen anspricht, fördert und fordert.

Die Unbeliebtheit des Physikunterrichts bei jungen Frauen, deren im Vergleich zu jungen Männern tiefere Selbsteinschätzung sowie ihre schlechteren Leistungen in Physik sind als Probleme bekannt und empirisch detailliert untersucht: Es gelingt uns Physiklehrkräften nur ungenügend, den Unterricht Gender gerecht zu gestalten. Für eine Übersicht siehe z.B. Hoffmann et al. (1997); Labudde (1999); Parker et al. (1996); Weinburgh (1995).

Zu den in Modellversuchen und Interventionsstudien empirisch untersuchten Verbesserungsmaßnahmen gehören mehrere, die sich eher in einem Fächer verknüpfenden oder Themen zentrierten naturwissenschaftlichen Unterricht bzw. in einem Fach überschreitenden Physikunterricht realisieren lassen als im normalen Physikunterricht. Zu den Maßnahmen zählen der Kontextbezug, die Integration des Vorverständnisses sowie der Einsatz kooperationsorientierter Unterrichtsformen wie der Projektmethode (Bünder & Wimber 1997; Herzog et al. 1999; Hoffmann 2002; Kremer & Stäudel 1993; Labudde et al. 2000).

2.8. Druck infolge der TIMSS- und PISA-Resultate

In den letzten fünf Jahren tauchte in Deutschland ein weiteres Argument für Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht auf: Das unerwartet schlechte Abschneiden der deutschen Jugendlichen in den internationalen Vergleichsuntersuchungen TIMSS (Third International Mathematics and Science Study) und PISA (Program for International Student Assessment) erhöhten massiv den Druck auf den Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht. Bemängelt werden u.a. in Deutschland die ungenügenden Leistungen beim Anwenden und Übertragen mathematisch-naturwissenschaftlicher Kenntnisse auf neue Situationen, die Dominanz des systematischen Wissensaufbaus zulasten situierten Lernens, das nur geringe kumulative Lernen, die Monokultur des fragend-entwickelnden Unterrichts gekoppelt mit den von der Fachsystematik her bestimmten Demonstrationsexperimenten. In der Folge werden Unterrichtsziele, -inhalte und -methoden offen diskutiert und z.T. hinterfragt.

So stellt zwar die Expertenkommission des BLK-Gutachtens zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ das Prinzip der Fachlichkeit schulischen Lernens nicht grundsätzlich in Frage. Sie schlägt aber verschiedenste Maßnah-

men vor, die den Weg für einen FÜU öffnen, und sieht gar ein spezifisches Modul ‚Fächergrenzen erfahrbar machen: Fach übergreifendes und Fächer verbindendes Arbeiten‘ vor.

3. Kategorien Fächer übergreifenden Unterrichts

Fächer übergreifend, interdisziplinär, Fächer verbindend, multidisziplinär etc.: Die Begriffsvielfalt ist facettenreich und vielfältig – vor allem aber verwirrend. Im vorliegenden Artikel reserviere ich die Begriffe Interdisziplinarität, Transdisziplinarität und Multidisziplinarität für die Wissensproduktion der ‚Scientific Community‘, dies in Anlehnung an Defila & Di Giulio (1998) und Kötter & Balsiger (1999). Hingegen verwende ich im Zusammenhang mit Unterricht ausschließlich den Ausdruck *Fächer übergreifend*, und zwar als Oberbegriff³.

Zur Klärung und Abgrenzung der Unterbegriffe müssen im Unterricht zwei Ebenen unterschieden werden, für die Fächer übergreifende Konzepte bestehen (vgl. Heitzmann 1999): Fächer übergreifender Unterricht einerseits auf der Ebene der Fachdisziplinen und andererseits auf der Ebene der Stundentafel. Auf beiden Ebenen lassen sich verschiedene Varianten von FÜU unterscheiden (Abb. 2). Die folgende Klassifizierung stützt sich auf theoretische Ansätze, wie sie für den naturwissenschafts-didaktischen Bereich von Häußler et al. (1998) sowie Kremer & Stäudel (1997) entwickelt wurden. Sie alle wiederum berufen sich primär auf Huber (1994, 1998).

Zur weiteren Erklärung der einzelnen Begriffe:

- Der Begriff ‚Fach überschreitend‘ betont das Einzelfach als Ausgangsbasis für Fächer übergreifendes Arbeiten, deshalb hier auch die Verwendung des Singulars ‚Fach‘. Fachgrenzen werden überschritten. FÜU kann also auch in Physik stattfinden. Unter dem Begriff Kontextorientierung wird dieser Ansatz in verschiedenen neueren Unterrichtskonzepten umgesetzt (Muckenfuß 1995, Parchmann et al. 2001).
- ‚Fächer verknüpfend‘, woanders auch als ‚Fächer verbindend‘ bezeichnet (siehe Abb. 3), verwendet den Plural und indiziert damit die aktive Partizipation von zwei oder mehr Fächern. ‚Verknüpfend‘ gibt bildhaft wieder, dass die Fachinhalte an einer oder mehreren Stellen verknüpft bzw. verknüpft sind.
- ‚Themen zentriert‘ betont die Arbeit an einem Thema. Ich gehe dabei davon aus, dass beim Themen zentrierten Arbeiten fast immer Bezüge zu mehreren Fächern auftauchen. Der Begriff ‚Fächer koordinierend‘ statt ‚Themen zentriert‘ (vgl. die Autoren in Abb. 3) scheint mir verwirrend, da rein sprachlich eine Verwechslungsfahr mit ‚Fächer verknüpfend‘ besteht.

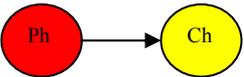
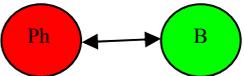
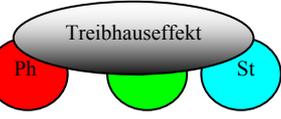
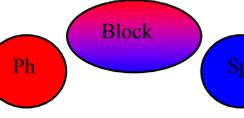
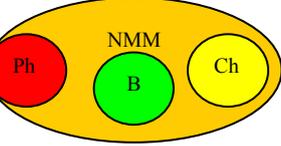
Ebene der Fachdisziplinen	<i>Fach überschreitend</i>		In ein Einzelfach, z.B. in den Physikunterricht, werden Erkenntnisse aus einem andern Fach, z.B. aus dem Chemie- oder Sportunterricht, eingebracht.
	<i>Fächer verknüpfend</i>		Basiskonzepte oder Methoden, die mehreren Fächern eigen sind, werden wechselseitig und systematisch miteinander verknüpft, z.B. enge curriculare Absprachen zwischen Physik- und Biologielehrkraft bei den Themen Hydrostatik/-dynamik bzw. Herz-Kreislaufsystem.
	<i>Themen zentriert</i>		Ein übergeordnetes Thema, u.U. ein Schlüsselproblem der Menschheit, wird aus der Perspektive unterschiedlicher Einzelfächer bearbeitet, z.B. die Auseinandersetzung mit dem Treibhauseffekt (Physik, Biologie, Staatskunde) oder die Erarbeitung eines Energiekonzepts für das Schulhaus.
Ebene der Stundentafel	<i>Fächer ergänzend</i>		Fächer übergreifende Themen werden in einem eigenen Zeitgefaß - zusätzlich zu den naturwissenschaftlichen Einzelfächern und diese komplementär ergänzend - unterrichtet: z.B. das Thema Sport und Physik während einer Blockwoche.
	<i>Integriert</i>		Es werden Fächer übergreifende Inhalte erarbeitet - mit gleichzeitiger integrierter Entwicklung fachspezifischer Begriffe. Im Gegensatz zum Fächer ergänzenden Unterricht gibt es außerhalb des integrierten Unterrichts keinen disziplinären Unterricht. Der integrierte Unterricht enthält sowohl Fächer übergreifende wie auch Fach spezifische Phasen.

Abb. 2: Formen des Fächer übergreifenden Unterrichts, kategorisiert nach zwei Ebenen [siehe Heitzmann (1999), Häußler et al. (1998) und Kremer & Stäudel (1997)]

- ‚Fächer ergänzend‘ suggeriert, dass die traditionellen Fächer, wie Physik, Biologie oder Chemie, weiter in der Stundentafel bestehen, dass es aber ergänzende Angebote gibt, z.B. während Blockwochen oder in speziellen Gefäßen wie IDU (interdisziplinärer Unterricht, vgl. Kap. 5).
- ‚Integriert‘ ist selbstredend. Dabei darf nicht vergessen werden, dass in einem derartigen Integrationsfach bzw. Fachbereich phasenweise Fachunterricht integriert sein kann (Vgl. z.B. das NMM-Konzept in Kap. 4). Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht bedeutet also keinesfalls die Abkehr von jeglichem Fachunterricht und vom konsequenten Aufbau fachwissenschaftlicher Begriffe und Methoden.

In Abb. 3 gebe ich eine Übersicht über die in der Literatur verwendeten Begriffe zum Fächer übergreifenden Unterricht. Dabei beschränke ich mich auf die Ebene der Fachdisziplinen sowie auf Literatur aus Deutschland (in den ersten sechs Spalten), Fourez (wie er die Begriffe definiert, werden sie analog auch im Englischen sowie in weiteren europäischen Sprachen verwendet), den schweizerischen Lehrplan für Berufsmaturitätsschulen (in diesem Curriculum wird der FÜU außerordentlich betont) und zum Vergleich Kötter & Balsiger, die die Begriffe für den Wissenschaftsbetrieb definieren. Aus Platzgründen kann ich hier nicht ausführlich auf die einzelnen Systematisierungen eingehen. Nur Folgendes sei festgehalten:

- In allen deutschen Publikationen wird ‚Fächer übergreifend‘ als Oberbegriff verwendet.
- Für die erste Kategorie von FÜU benutzen fast alle Autoren das Wort ‚Fach‘ im Singular, mit Ausnahme von Moegling. Letzterer sowie Reinhold & Bündler führen mit den Zusätzen ‚integrierend‘ bzw. ‚übergreifend‘ zu einer weiteren Verwirrung.
- Während die meisten Personen zwischen den zwei Kategorien ‚Fächer verknüpfend‘ und ‚Fächer koordinierend‘ differenzieren, verzichten Moegling und Golecki auf diese Unterscheidung und vermischen damit zwei grundsätzlich verschiedene Typen von FÜU.
- Reinhold & Bündler versäumen es zwischen den zwei Ebenen Fachdisziplinen und Stundentafel zu unterscheiden und führen mit ihrer Verwendung des Begriffs ‚integriert‘ zu einer unnötigen Konfusion.
- Im Französischen wie auch im Englischen wird der Begriff ‚interdisciplinaire‘ bzw. ‚interdisciplinary‘ leider häufig sowohl als Ober- wie auch Unterbegriff benutzt.
- ‚Transdisciplinaire‘ wird in Schulunterricht und Wissenschaft auf den ersten Blick unterschiedlich verwendet, was zu erheblichen Verwirrungen führen kann. Auf den zweiten Blick zeigen sich allerdings Gemeinsamkeiten: Für den Schulunterricht im französischen Sprachraum bedeutet ‚transdisciplinaire‘ das Überschreiten der Grenzen eines Fachs, für den Wis-

senschaftsbetrieb, zumindest im deutschen Sprachraum, das Überschreiten der Wissen-

schaftsgrenzen durch den Einbezug der Politik.

	Vorliegender Artikel	Häußler et al. 1998 Kremer et al. 1997	Huber 1994, 1998	Reinhold & Bündler 2001	Moegling 1998	Golecki 1999	Fourez 2002	Lehrplan Berufsmatur BBT 2001	Kötter & Balsiger 1999
Oberbegriff	Fächer übergreifend	Fächer übergreifend	Fächer übergreifend	Fächer übergreifend	Fächer übergreifend	Fächer übergreifend	interdisziplinäre au sens large		supradisziplinär
Unterbegriffe Ebene Fachdisziplinen	Fach überschreitend	Fach überschreitend	Fach überschreitend	Fach übergreifend	Fächer integrierend	Fach übergreifend	transdisziplinäre	intradisziplinär	
	Fächer verknüpfend	Fächer verknüpfend	Fächer verbindend	Fächer verbindend	Fächer koordinierend	Fächer verbindend	multidisziplinäre	multi- oder pluridisziplinär	multidisziplinär
	Themen zentriert	Fächer koordinierend	Fächer koordinierend	integriert			interdisziplinäre au sens strict	interdisziplinär	interdisziplinär transdisziplinär

Abb. 3: Übersicht über verschiedene Systematisierungen zum Fächer übergreifenden Unterricht (Ebene Fachdisziplinen) sowie zur interdisziplinären Wissenschaft (Kötter & Balsiger 1999).

4. Fächer übergreifender Unterricht in der 5.-9. Klasse Schweizer Schulen: das Beispiel NMM

Bereits im einleitenden Kapitel ‚Zwei Lehrpläne – zwei Welten‘ wurden anhand des Berner Lehrplans wesentliche Merkmale des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts Sekundarstufe I in exemplarischer Weise dargestellt. In der 5. und 6. Klasse sehen die Lehrpläne aller Kantone ein Integrationsfach Naturkunde, Natur-Mensch-Mitwelt bzw. Mensch und Umwelt o.ä. vor. Die Bezeichnungen variieren von Kanton zu Kanton. Auch in der 7.-9. Klasse ist es die große Mehrheit der Jugendlichen, circa 80 bis 90%, die einen derart integrierten Unterricht erfahren. Die Ausnahme von 10 bis 20% betrifft diejenigen Kantone, die bereits ab der 7. oder 9. Klasse das Gymnasium führen und dort dann mehrheitlich die Einzelfächer Physik, Biologie und Chemie in der Stundentafel aufführen. (Zu den Schweizer Schulsystemen vgl. die Anmerkung 2 am Artikelende.)

Damit präsentiert sich die Situation in der Schweiz völlig anders als in Deutschland⁴: In den meisten deutschen Bundesländern werden im 5.-9. Schuljahr die naturwissenschaftlichen Fächer Physik, Biologie und Chemie je einzeln unterrichtet. Ausnahmen betreffen in einzelnen alten Bundesländern die Lehrpläne für Gesamtschulen, so z.B. in Nordrhein-Westfalen, oder Modellversuche wie z.B. PING, Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung (Lauterbach 1992; Bündler & Wimber 1997; Klinger 1998), oder in jüngster Zeit einzelne Schulprojekte im Rahmen des Moduls ‚Fächergrenzen erfahrbar machen: Fach übergreifendes und Fächer verbindendes Arbeiten‘ des BLK-Modellversuchs (Bund-Länder-Kommission 1997; www.ipn.uni-kiel.de). Generell lässt sich sagen, dass der integrierte Naturwissenschaftsunterricht, ja sogar generell der Fächer übergreifende naturwissenschaftliche

Unterricht in Deutschland ein Mauerblümchendasein fristet, dies trotz des Engagements des Bundesarbeitskreises Fächer übergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht (Opitz & Stäudel 1997). Eine gute Übersicht und die geschichtliche Entwicklung des Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts in Deutschland finden sich bei Kremer & Stäudel (1997).

4.1 Charakteristika des Lehrplans NMM

Das Fach ‚Natur-Mensch-Mitwelt‘, das im Kanton Bern unter dem Kürzel NMM (Erziehungsdirektion des Kantons Bern 1995) jedem Kind und jeder Lehrperson völlig geläufig und selbstverständlich ist, figuriert seit 1995 im Lehrplan des Kantons Bern. Von 1983 bis 1995 wurde bereits das Fach Naturkunde unterrichtet, vor 1983 die Einzelfächer Biologie, Chemie und Physik. NMM wird in diesem Artikel stellvertretend für die meist sehr ähnlichen Integrationsfächer in anderen Schweizer Kantonen beschrieben. Grundsätzlich weist NMM viele Parallelen zu PING und ähnlichen Modellversuchen auf, greift allerdings in manchen Bereichen noch weiter. Folgende Charakteristika sind festzuhalten:

Integrierter Unterricht: NMM besteht aus fünf Teilgebieten, die von 1983 bis 1995 noch als Einzelfächer aufgeführt wurden: Naturkunde, Geografie, Religion / Lebenskunde, Geschichte und Hauswirtschaft. NMM geht bezüglich Integration also wesentlich weiter als PING. Auf der Ebene der Stundentafel (Abb. 2) muss man von integriertem Unterricht sprechen. Auf der Ebene der Fachdisziplinen kann es sich dabei je nach Unterrichtsphase sowohl um Fach überschreitenden, Fächer verknüpfenden, Themen zentrierten als auch um reinen Fachunterricht handeln.

Ein Lehrplan für 1.-9. Klasse: Der Lehrplan bezieht sich auf das 1. bis 9. Schuljahr, die obligatorische Schulzeit soll damit eine Einheit bilden. In der Sekundarstufe I gilt er für die zwei im Kanton Bern existierenden Schultypen, d.h. für die Real- und Sekundarschule (in Deutschland entsprechend Haupt- und Mittelschule, vgl. Anmerkung 2).

Stundendotation: Die Stundendotation pro Woche liegt bei 6 Stunden in der 1./2. Klasse, 7 in der 3.-6. Klasse, 9 in der 7./8. Klasse und 8 in der 9. Klasse.

Einführende Kapitel: Im NMM-Lehrplan finden sich einleitend ausführliche Kapitel zu: Bedeutung und Ausrichtung (Bezugspunkte des Fachs, Themenfelder, Freiräume), Richtziele (Fähigkeiten und Fertigkeiten, Erkenntnisse und Kenntnisse, Haltungen), didaktische Hinweise (u.a. Mitwirken und Mitplanen, Soziales Lernen, Wahrnehmen - Erleben - Erfahren, Umsetzen, Erfahrungen mit Lernwegen), Verbindungen mit anderen Fächern (Deutsch, Fremdsprachen, Mathematik, Gestalten, Musik, Sport) sowie zur Beurteilung.

Themenfelder, Fähigkeiten / Fertigkeiten: Für die vier Stufen 1./2., 3./4., 5./6. und 7.-9. Klassen folgen dann jeweils Grobziele und Inhalte. Dabei werden Themenfelder mit Fähigkeiten und Fertigkeiten eng

verknüpft. Viele Themenfelder, Fähigkeiten und Fertigkeiten ziehen sich von der 1. bis 9. Klasse wie ein roter Faden durch den Lehrplan, dahinter steht wie bei PING die Idee des kumulativen Lernens durch Leitkonzepte. Die bei den Fähigkeiten und Fertigkeiten formulierten Grobziele sind verbindlich, ebenso die Erarbeitung aller Themenfelder. In den Themenfeldern wird dann zwischen verbindlichen und empfohlenen Inhalten unterschieden. Innerhalb des so vorgegebenen Rahmens lässt der Lehrplan den Lehrkräften bewusst sehr viele Freiheiten.

Grobziele und Inhalte 7.-9. Schuljahr: Abb. 4 zeigt in einer Übersicht die Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie die Themenfelder für das 7.-9. Schuljahr (Erziehungsdirektion des Kantons Bern 1995, Kap. NMM, S. 38/39): In der linken Spalte werden die Fähigkeiten und Fertigkeiten aufgelistet, rechts davon die Themenfelder. Die Felder im Außenkreis beziehen sich auf spezifische Fachbereiche (im linken oberen Teil Geschichte, Religion / Lebenskunde, unten Geografie; im rechten Teil Hauswirtschaft und Naturkunde). Die in der Mitte platzierten Felder enthalten „übergreifende Themenfelder, die verwandte Anliegen und Inhalte mehrerer Teilgebiete zusammenfassen“ (dito, S. 1).

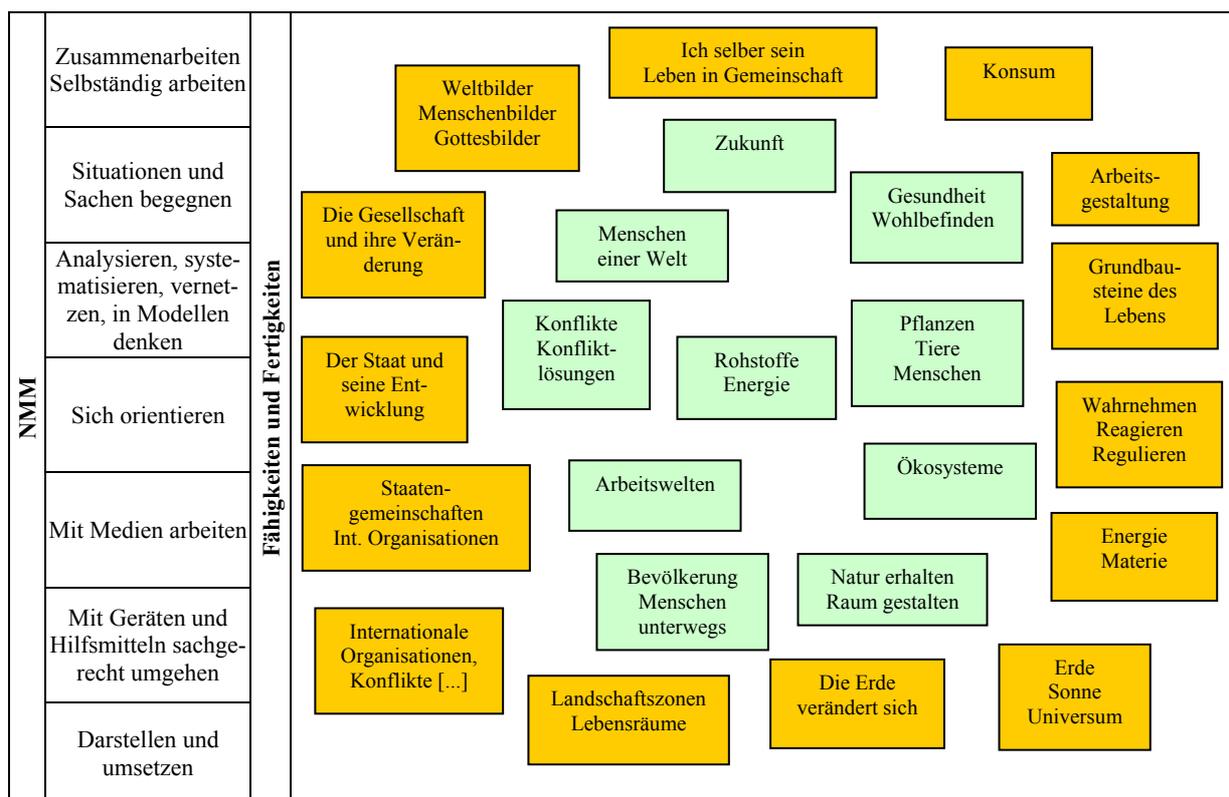


Abb. 4: Ausschnitte aus den Grobzielen und Inhalten für den Unterricht in ‚Natur-Mensch-Mitwelt‘ (NMM) im 7.-9. Schuljahr des Kantons Bern (Erziehungsdirektion des Kantons Bern 1995), S. 38/39

Themenfelder mit Physik: Im 7.-9. Schuljahr gehören zu den Themenfeldern, die im engeren Sinn einen Bezug zur Physik aufweisen (Abb. 4): Erde - Sonne - Universum, Energie - Materie, Wahrnehmen - Reagieren - Regulieren, Grundsteine des Lebens, Rohstoffe - Energie, Ökosysteme. Ausführliche Stoffpläne, wie sie noch bis vor 20 Jahren in der Schweiz üblich waren, fehlen. Man beschränkt sich meist auf sehr wenige Grundbegriffe, z.B. in der Mechanik auf die acht (!) Begriffe Weg, Zeit, Kraft, Arbeit, Leistung, Goldene Regel der Mechanik, Energieerhaltung, Dichte (Abb. 5).

Weiterbildung: Bei seiner Einführung im Jahr 1995 wurde der Lehrplan in unzähligen Weiterbildungskursen den Lehrerinnen und Lehrern vorgestellt und mit ihnen diskutiert. Die ganztägigen Einführungsveranstaltungen für jeweils 15 bis 25 Personen waren obligatorisch, weiterführende Vertiefungskurse freiwillig.

Lehrkräfte: Es ist den Schulen frei gestellt, ob NMM von einer Lehrperson (so oft umgesetzt in der Primarstufe) oder von mehreren Lehrkräften im Team (so fast immer umgesetzt in der Sekundarstufe I) unterrichtet wird.

Begleitmaterialien: Mehrere Autorenteam entwickelten seit 1995 vielfältige Begleitmaterialien für Lehrkräfte: Planungshilfe Sekundarstufe I, Hinweise zu den Themenfeldern 5./6. bzw. 7.-9. Schuljahr, die Förderung von Fähigkeiten und Fertigkeiten im Themen bezogenen Unterricht, außerschulische Lernorte, Beurteilung, Lernwelten NMM. Alle Materialien wie auch der Lehrplan selbst sind abrufbar unter www.schulwarte.ch/nmm bzw. gedruckt zu beziehen beim Berner Lehrmittel- und Medienverlag: www.blmv.ch

Kein Lehrbuch: Typisch für den Schweizer Naturkunde- bzw. NMM-Unterricht ist, dass kein Lehrbuch für die Schülerinnen und Schüler herausgegeben wurde. Lehrkräfte und Lernende sollen ihre NMM-Hefte selbst gestalten und eigene Schwerpunkte setzen, ohne durch eine Vorlage in zu fixe Bahnen gelenkt zu werden. Den Lehrpersonen und auch den Kindern und Jugendlichen kommt damit viel Verantwortung zu.

Autorenteam: Der Lehrplan wurde von einem Autorenteam verfasst, das sich aus Lehrkräften und einigen Fachdidaktikdozierenden zusammensetzte. In der 36-köpfigen Begleitgruppe waren die gleichen Personenkreise vertreten. Autorenteam und Begleitgruppe umfassten je 50% Frauen und Männer.

4.2. Beispiel 1: Fach- und Fach überschreitender Unterricht im Themenfeld Energie und Materie

Das Themenfeld ‚Energie und Materie‘ sei als ein typisches Feld vorgestellt, das klar einem Bereich, der Naturkunde, und dort u.a. der Physik zugeordnet ist. In Abb. 5 sind diejenigen Auszüge aus dem Lehrplan wiedergegeben, die eine Verbindung zur Physik aufweisen. In der linken Spalte finden sich

wie im Original die Grobziele, in der rechten die Inhalte. Kursive Schrift signalisiert Begriffe, die nicht zum verbindlichen Kernstoff gehören. Mit einem Pfeil (→) wird auf die Verbindung zu anderen Themenfeldern verwiesen.

Energie – Materie (Naturkunde)	
Grundgrößen der Mechanik erarbeiten, Begriffe der Umgangssprache von naturwissenschaftlichen Begriffen unterscheiden	Alltagssituationen zu Weg, Zeit, Kraft, Arbeit Leistung <i>Masse und Gewichtskraft</i>
Feststellen, wie Gravitation Bau und Verhalten der Lebewesen beeinflusst	Gravitation, Skelette verschiedener Wirbeltiere, <i>Geotropismus</i> → Erde-Sonne-Universum
Einfache mechanische Maschinen im Hinblick auf Grundeigenschaften der Energie untersuchen	Goldene Regel der Mechanik, Energieerhaltung <i>Hebel, Rollen</i>
Grundbegriffe zum Aufbau der Materie richtig anwenden	Atom, Molekül, Element, Verbindung, <i>Gemisch</i>
Zu Erscheinungen der Elektrizität Versuche und Messungen durchführen. Radioaktivität als Naturphänomen kennen lernen	Strom, Spannung, elektrische Leistung, <i>Elektromotor, Generator, Transformator, natürliche Radioaktivität</i>
Gefahren im Umgang mit Elektrizität und chemischen Stoffen kennen und sich umweltgerecht verhalten	Starkstrom, Giftige und ätzende Substanzen, <i>Entsorgung</i>
Über Möglichkeiten und Grenzen des naturwissenschaftlichen Weltbildes nachdenken	<i>Grenzen von Modellen</i> → Weltbilder-Menschenbilder-Gottesbilder
Sich mit Leben und Werk von Frauen und Männern befassen, die Naturphänomene entdeckt und erforscht haben	<i>Michael Faraday entdeckt die Induktion, Marie Curie erforscht die Radioaktivität, aktuelle Beispiele</i>

Abb. 5: Bezüge zur Physik im Themenfeld ‚Energie – Materie‘ (Erziehungsdirektion des Kantons Bern 1995, Auszüge von S. 57/58)

Das obige Beispiel und der Auszug aus dem Lehrplan zeigen, dass Physik auch innerhalb des Integrationsfachs NMM verlangt und unterrichtet wird. Die inhaltlichen Vorgaben sind allerdings im Vergleich zu deutschen Lehrplänen äußerst knapp. Dies hängt einerseits damit zusammen, dass weitere physikalische Begriffe und Methoden in Fächer übergreifenden Themenfeldern erarbeitet werden. Andererseits liegt es an der Stundendotation, die in der Schweiz für den naturwissenschaftlichen Bereich in der SI international gesehen extrem niedrig liegt.

4.3. Beispiel 2: Themen zentrierter Unterricht im Themenfeld Rohstoffe und Energie

Das Themenfeld ‚Rohstoffe und Energie‘ ist ein typisches übergreifendes Themenfeld (Abb. 4). Im Lehrplan, der für dieses Themenfeld analog aufgebaut ist wie für dasjenige in Abb. 5, heißt es bei den Fähigkeiten und Fertigkeiten unter anderem:

- Den Rohstoff- und Energieverbrauch für verschiedene Tätigkeiten und Produkte vergleichen.

- Ideen für einen haushälterischen Umgang mit Energie und Rohstoffen entwickeln und in einzelnen Bereichen umsetzen.
- Den Weg eines Rohstoffs und eines Energieträgers von der Förderung bis zur Entsorgung verfolgen; dabei elementare Verflechtungen in Wirtschaft und Politik kennen lernen.

Für die Unterrichtsvorbereitung finden Lehrerinnen und Lehrer ausführliche Angaben in der ‚NMM-Umsetzungshilfe 7.-9. Schuljahr‘ (Erziehungsdirektion des Kantons Bern 1996). Auf sechs Seiten werden in vier Kapiteln ‚Gedanken und Zugänge zum Themenfeld‘, ‚Fähigkeiten und Fertigkeiten‘, ‚Fundgrube‘ und ‚Besonderes‘ zusammengefasst.

Bei den Zugängen heißt es unter anderem: „Ausgehend von Rohstoffen und Energie in der eigenen Umgebung und von eigenen Handlungsweisen verschiedene Produkte und Fragen ansprechen [...]:

- Wie groß ist mein täglicher Wasserverbrauch?
- Welche Geräte ‚fressen‘ dauernd Energie? Könnte man sie ausschalten und entbehren? [...]
- Mehrweg-Glas, Mehrweg-Pet, Alu-Büchsen, Einweg-Flaschen: Was ist am besten?
- Wie verändert sich der Heizölverbrauch bei 18⁰, 20⁰, 22⁰C Raumtemperatur? [...]

Bei den Zugängen finden Lehrkräfte im Weiteren ein Mind-Map, das in vier Hauptästen Anregungen

gibt für „originale Begegnungen, Arbeitsformen, Ausgangs- und Schlusspunkte sowie Entdecken-Handeln-Mitplanen“ (Abb. 6).

Im Kapitel Fähigkeiten und Fertigkeiten (dito, S. 84-85) geht es um: zusammenarbeiten, selbstständig arbeiten, analysieren, systematisieren, vernetzen, in Modellen denken, mit Medien arbeiten.

Eine Fülle von Tipps und Hinweisen finden Lehrkräfte im Kapitel ‚Fundgrube‘: Bücher, Filme, Videos, CDs, Adressen, ausserschulische Lernorte sowie die Standorte und Schlagwörter der entsprechenden Medien in der Berner Schulwarte, dem kantonalen Medienzentrum für Schulen.

Unter ‚Besonderes‘ schließlich werden Verbindungen zu anderen NMM-Themenfeldern sowie zum technischen und textilen Gestalten aufgelistet.

Die stichwortartige Beschreibung dieses typischen übergreifenden Themenfeldes mag gezeigt haben, wie Vernetzungen zwischen verschiedensten Fächern hergestellt und gleichzeitig auch Lehrkräfte ermuntert werden, das Vorwissen und den Alltag der Lernenden einzubeziehen, Voraussetzungen zu selbstständigem, handelndem und kooperativem Lernen zu schaffen sowie vor allem auch selbst, d.h. als Lehrerinnen und Lehrer, eigene Wege zu beschreiten.

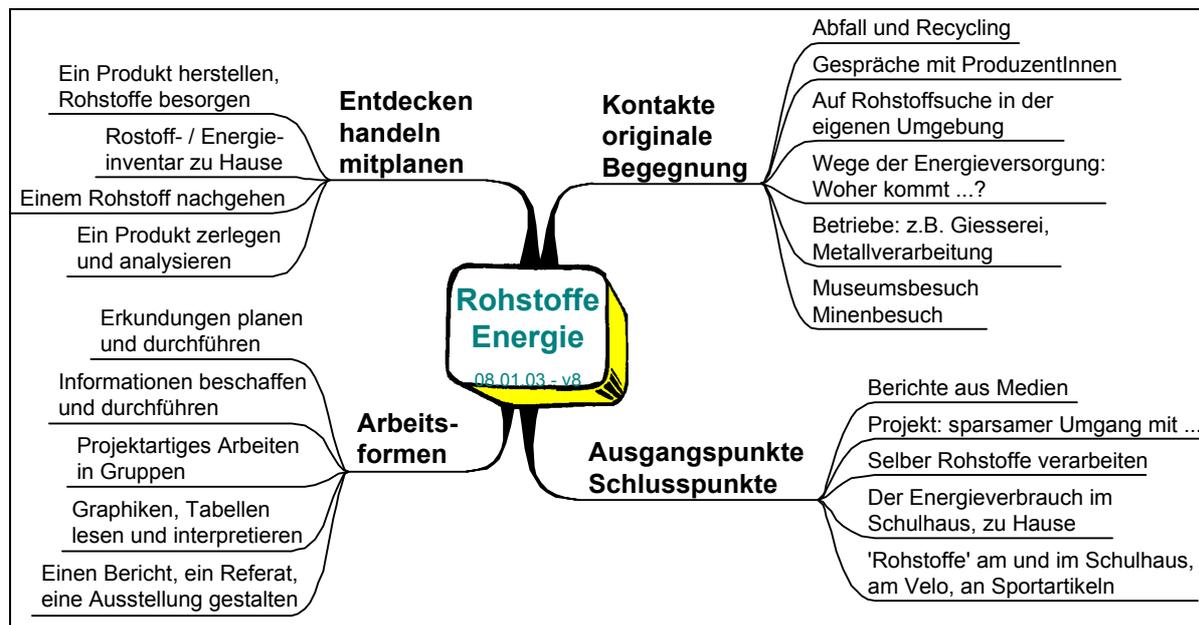


Abb. 6: Gedanken und Zugänge zum Themenfeld ‚Rohstoffe und Energie‘ (nach der NMM-Umsetzungshilfe 7.-9. Schuljahr, Erziehungsdirektion des Kantons Bern 1996, S. 84)

4.4. Erfahrungen mit dem NMM Lehrplan

Auch wenn eine größere systematische Evaluation des Lehrplans 1995 bisher nicht erfolgte, kristallisieren sich in Umfragen bei Lehrpersonen sowie bei Expertinnen und Experten der Schulaufsicht, Aus- und Weiterbildung folgende Meinungen heraus:

Befürworten des NMM-Konzepts: Eine Mehrheit steht klar hinter dem Integrationsfach NMM. Eine Minderheit möchte das Fach wieder in verschiedene Fächer teilen, u.a. in ein Fach Naturkunde. Eine weitergehende Aufteilung in Physik, Biologie, Chemie wird hingegen nur selten gefordert.

Erfolgreiches Umsetzen zentraler Anliegen von NMM: Viele wichtige Anliegen des Lehrplans wer-

den von den meisten Lehrkräften umgesetzt (umgesetztes Curriculum) oder es wird zumindest versucht sie umzusetzen (praktiziertes Curriculum). Dazu gehören: Einbeziehen des Schülervorwissens und der Lebenswelt, Vernetzen von Stoffinhalten, exemplarisches Vorgehen, selbstständiges Arbeiten der Schülerinnen und Schüler (z.B. Schülerexperimente, Lernzirkel oder Projekte), Zusammenarbeit der Lernenden, Teamarbeit im Kollegium. Es sei daher die Hypothese gewagt, dass sich die Lern-Lehr-Kultur im Schweizer naturwissenschaftlichen Unterricht der SI deutlich von derjenigen in Deutschland unterscheidet. In einer Zwei-Länder-Studie, ‚Lern-Lehr-Kultur im Physikunterricht: eine Videostudie‘, gehen wir derzeit dieser Frage nach. Es handelt sich um ein vom Schweizer Nationalfonds finanziertes Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit dem Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel (Labudde 2002).

Unterrichtsmaterialien: Bei Einführung des Lehrplans 1995 vermissten die Lehrkräfte noch geeignete Unterrichtsmaterialien. Dieses Problem hat sich inzwischen deutlich entschärft. Dazu beigetragen haben die in der Zwischenzeit erschienen Umsetzungshilfen (vgl. Kap. 4.1.-4.3.), die im Vergleich zu Deutschland äußerst umfangreichen und großzügigen Weiterbildungsangebote sowie der Materialienaustausch und die Zusammenarbeit innerhalb eines Kollegiums. Letztere werden u.a. im Rahmen von SCHILF-Veranstaltungen (Schulhaus interne Lehrerfortbildung) an vielen Schulen gepflegt und vom Staat ideell und finanziell unterstützt. (Sparmaßnahmen des Kantons könnten hier in Zukunft allerdings zu substantiellen Abstrichen führen.)

Probleme mit dem Kernstoff: Eine Schwäche besteht darin, dass der Kernstoff in den einzelnen Klassenstufen zu wenig umfangreich, verbindlich oder klar dargestellt ist. Dies führt bei Schulwechseln und beim Übergang zu weiterführenden Schulen z.T. zu erheblichen Problemen.

Steckenpferde der Lehrkräfte: Die Freiheiten des Lehrplans bringen es mit sich, dass einzelne Naturwissenschaftslehrkräfte im Unterricht zu sehr ihren eigenen Hobbys frönen, z.B. Astronomie oder Botanik, und dafür die von ihnen weniger geliebten Bereiche, z.B. Physik, links liegen lassen. Mit einer präziseren Festlegung des Kernstoffs und mit so genannten verbindlichen Treffpunkten, die in jedem Fall bis zum Ende eines Schuljahrs zu erreichen sind, sollen diese Probleme in Zukunft verkleinert werden.

Aus- und Weiterbildung der Lehrpersonen: Allfällige Probleme in der Umsetzung von NMM ergeben sich hauptsächlich wegen der Ausbildungssituation der Lehrkräfte: Viele, vor allem ältere Kolleginnen und Kollegen, sind nur für einzelne Teilbereiche von NMM ausgebildet, sie fühlen sich auf das Integrationsfach NMM schlecht vorbereitet. In den vergangenen Jahren wurden daher an einigen Orten in der Schweiz neue Ausbildungs- und Weiterbildungs-

konzepte gerade im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktiken diskutiert und weiterentwickelt. Die Einführung von Bereichsdidaktiken oder das Teamteaching von Fachdidaktikdozierenden legen hiervon Zeugnis ab (siehe z.B. Heitzmann 1999). Es handelt sich um erste wichtige Schritte auf einem noch langen Weg.

5. Fächer übergreifender Unterricht in der 10.-12. Klasse von Schweizer Gymnasien

1995 wurden in der Schweiz ein neues Maturitätsanerkennungsreglement (MAR) und ein neuer Rahmenlehrplan (RLP) verabschiedet (MAR 1995; Erziehungsdirektorenkonferenz 1994). Die Kantone und Gymnasien haben bis 2005 Zeit diese umzusetzen, so dass sich derzeit die meisten Schulen in einer Übergangsphase befinden. Eine Besonderheit der Schweiz liegt in der großen Freiheit bezüglich der Umsetzung der nationalen Vorgaben. So können die gymnasialen Lehrpläne und Stundentafeln je nach Kanton, ja sogar je nach Gymnasium erhebliche Unterschiede aufweisen. Aus der Perspektive physikdidaktischer und erziehungswissenschaftlicher Forschung ist die Schweiz ein riesiges und höchst interessantes Experimentierfeld und ‚Labor‘.

Dies gilt insbesondere auch für den Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. MAR und RLP halten im Gymnasium zwar grundsätzlich am traditionellen Fächerkanon fest, sie öffnen aber nachdrücklich Wege für FÜU: Fachunterricht und FÜU bzw. Systematik und Kasuistik sollen sich komplementär ergänzen. Fünf Wege zum FÜU sind zu nennen:

1. *Grundlagenfach Naturwissenschaften:* Jugendliche müssen sieben Grundlagenfächer belegen, darunter ‚Naturwissenschaften‘ (siehe Kap. 5.1.).
2. *Schwerpunktfach ‚Physik und Anwendungen der Mathematik‘:* Ein Schwerpunktfach ist zu wählen. Zur Auswahl stehen mehr als 10 Fächer, u.a. ‚Physik und Anwendungen der Mathematik‘ sowie ‚Biologie und Chemie‘. Diese Schwerpunktfächer sind auf dem Papier Fächer übergreifend konzipiert. Die Umsetzung ist allerdings von Schule zu Schule sehr unterschiedlich: von einem richtigen Integrationsfach bis hin zu zwei völlig getrennten Einzelfächern ist alles zu finden.
3. *Ergänzungsfach:* Weiterhin müssen die Jugendlichen ein Ergänzungsfach belegen. Die Schulen haben hier die Möglichkeit Fächer übergreifende Ergänzungsfächer anzubieten (vgl. Kap. 5.2.).
4. *Fächer ergänzende Angebote:* Viele Gymnasien bieten Fächer ergänzende Veranstaltungen an, so mehrere Blockwochen pro Jahr oder ein Gefäß wie ‚Interdisziplinärer Unterricht‘ (Kap. 5.3.).
5. *Maturaarbeit:* Alle Maturandinnen und Maturanden müssen eine Maturaarbeit verfassen, d.h. eine Art Diplomarbeit. Je nach Gymnasium und dessen Reglement zur Maturaarbeit können sie

dabei ein reines Fach- oder auch ein Fächer übergreifendes Thema bearbeiten.

Es hängt von den einzelnen Gymnasien ab, wie weit diese fünf Wege beschritten werden. Die folgenden drei Beispiele sind interessante Produkte intensiver Schul- und Unterrichtsentwicklung. Sie stehen stellvertretend für verschiedenste Entwicklungsprozesse an vielen anderen Schweizer Gymnasien.

5.1. Grundlagenfach Naturwissenschaften

Das Grundlagenfach ‚Naturwissenschaften‘ umfasst die Fächer Physik, Biologie und Chemie. In den Halbjahreszeugnissen und im Abitur ist es nur mit einer Note vertreten, die für den Notenschnitt zählt. In vielen Kantonen und Schulen ist es üblich auch die drei Teilnoten im Zeugnis anzugeben, die dann allerdings nicht für den Notenschnitt des Gesamtzeugnisses zählen.

Wie wird dieses Grundlagenfach im Schulalltag umgesetzt? Die einen Gymnasien führen nach wie vor die drei Einzelfächer und lassen keinerlei Ansätze für Fächer übergreifendes Arbeiten erkennen; einzig am Semesterende wird für das Zeugnis der Notenschnitt der drei Fächer Physik, Biologie und Chemie berechnet. Andere Gymnasien haben zwar auch die drei Einzelfächer in der Stundentafel, legen aber mehr oder weniger Wert auf Fächer verknüpfenden und Themen zentrierten Unterricht. Schließlich führen einige wenige Gymnasien das Grundlagenfach Naturwissenschaften als wirkliches Integrationsfach, z.B. das Wirtschaftsgymnasium Bern-Kirchenfeld (www.gymkirchenfeld.ch): Hier wird im letzten Schuljahr vor der Matur, d.h. im 12. Schuljahr, integriert unterrichtet, während in den Jahren zuvor die drei Einzelfächer getrennt erteilt werden. Zu den Merkmalen dieses Integrationsfaches:

- Drei Lehrkräfte aus Biologie, Chemie und Physik arbeiten während des 12. Schuljahrs als Team zusammen, wobei während den Unterrichtsstunden nur eine Lehrperson mit der Klasse arbeitet.
- Der Unterricht findet in einem Drei-Stunden-Block in Halbklassen statt. Der Block von 3x45 Minuten erlaubt ein breites Spektrum von Unterrichtsmethoden und eine intensive Auseinandersetzung mit einem Thema während längerer Zeit, der Halbklassenunterricht ermöglicht individuelle Beratung und Begleitung.
- Während ungefähr 50% der Unterrichtszeit arbeiten die Jugendlichen an Schülerexperimenten oder kleineren Projekten. Die Lehrpersonen übernehmen damit eine stärkere Rolle als Mentorinnen als es sonst im Naturwissenschaftsunterricht der Fall ist.
- Der Unterricht ist teils Fächer verknüpfend, teils Themen zentriert. Folgende Themen werden u.a. bearbeitet: Farben, Energie, Haut und Sonne, Diffusion und Osmose, Methoden der Naturwissenschaften.

Da der Unterricht in dieser Form erst seit zwei Jahren durchgeführt wird, fehlt bisher eine Evaluation.

5.2. Ergänzungsfach

Neben üblichen Ergänzungsfächern wie Philosophie, Wirtschaft/Recht, Sport, Musik bzw. Physik, Biologie und Chemie, die je als zusätzliches Ergänzungsfach zum normalen Grundlagenfach Naturwissenschaften (Kap. 5.1.) gewählt werden können, stehen an einigen Schulen auch Fächer übergreifende Angebote zur Auswahl. So bietet das Gymnasium Muristalden in Bern (www.muristalden.ch) seit zwei Jahren folgende sechs Ergänzungsfächer an, aus denen die Jugendlichen je eines wählen müssen:

1. Physik mit technischem Gestalten,
2. Biologie mit Sport,
3. Geografie mit Wirtschaft und Recht,
4. Geschichte mit Wirtschaft und Recht,
5. Religion mit Musik,
6. Pädagogik mit Psychologie.

Für das Fach ‚Physik mit technischem Gestalten‘ gilt folgender Rahmen:

- Zwei Lehrkräfte, eine aus der Physik, die andere aus dem technischen Gestalten, unterrichten im Team, wobei auch hier jeweils nur eine Person in der Unterrichtsstunde anwesend ist. Die Physiklehrkraft ist für 2/3 der Gesamtzeit angestellt, die Kollegin für 1/3, daher auch der Name ‚Physik mit technischem Gestalten‘.
- Bei den Zielsetzungen lassen sich neben traditionellen Zielen, wie „sich bewusst werden, dass Mathematik ein ideales Hilfsmittel ist zur quantitativen Beschreibung von Naturgesetzen“, auch ungewohnte Ziele finden, z.B. „Bewusstmachen, wie die Kunst in ihrem gestalterischen Ausdruck auf der Anwendung physikalischer Gesetze beruht, jedoch eine Realität auszudrücken vermag, die sich der physikalischen Beschreibung der Natur entzieht.“
- Das Curriculum enthält u.a. folgende Themenbereiche: Optische Instrumente, Grundlagen der Himmelsbeobachtung, Zeit und Raum, Wandel des Weltbildes von der Antike bis zur Neuzeit, das Weltbild der Renaissance und der Einfluss der Wissenschaft (Galilei, Kepler, Newton) auf die bildende Kunst.
- Das Fach wird in der 11. und 12. Klasse erteilt. Die Jugendlichen wählen das Ergänzungsfach für den gesamten Zeitraum. Ein Wechsel des Fachs ist während der zwei Jahre nicht möglich. Es ist pro Woche mit 3 Stunden à 45' in der 11. Klasse sowie mit 5 Stunden in der 12. Klasse dotiert. Dabei wird normalerweise in Blöcken von zwei oder drei Stunden gelehrt und gelernt.
- Während circa 1/3 der Zeit arbeiten die Jugendlichen an von ihnen selbst gewählten Themen. Dies kann eine theoretische Vertiefung sein oder der Bau eines Gerätes, z.B. Sonnenuhr, Sternkarte, Kamera.

5.3. Fächer ergänzende Angebote

Es steht den Gymnasien frei, Fächer ergänzende Angebote zu machen. Die Realisierung hängt sowohl von den Finanzen wie auch vom Engagement des Kollegiums und der Schulleitung ab.

Am Gymnasium Linde in Biel (www.linde-biel.ch) wird in der Stundentafel des 11. und 12. Schuljahrs je zweistündig ‚Interdisziplinärer Unterricht (IDU)‘ aufgeführt:

- Es handelt sich um ein Fächer ergänzendes Angebot, in welchem Themen zentriert gearbeitet wird. Alle Schülerinnen und Schüler müssen diesen Unterricht besuchen.
- In den Leitideen heißt es u.a.: „Der IDU stellt mehrperspektivische Betrachtungsweisen ins Zentrum, erschließt unterschiedliche Zugänge zu einem Thema und legt verschiedene Gesichtspunkte offen. [...] Der IDU orientiert sich an der Lebenswelt und den Anliegen der Jugendlichen. Gleichzeitig sollen bewusst Zugänge zu anderen, fremden und quer liegenden Betrachtungen ermöglicht werden. Der IDU erfordert und fördert die Zusammenarbeit der Lehrenden und Lernenden, sowie die Bereitschaft zum Grenzgänger / zur Grenzgängerin zu werden.“
- Die Jugendlichen können semesterweise je ein Thema auswählen, z.B. ‚Fortschritt und Zukunft‘ (mit einem starken Bezug zu den Naturwissenschaften), ‚Menschen in ihrem Lebensraum‘ oder ‚Identität und soziale Beziehungen‘.
- Jedes Angebot wird von je zwei Lehrkräften betreut. Sie unterrichten alle Stunden im Team.

6. Evaluation Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts

Im In- und Ausland wurde in unzähligen kleineren und größeren Projekten ein breites Spektrum von Ideen, Materialien und Unterrichtseinheiten zum Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt und publiziert.

Hingegen wurde der FÜU nur selten wissenschaftlich evaluiert. Zu nennen sind in Deutschland die Evaluation des Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts an Gesamtschulen bzw. an Schulen der SI sowie die wissenschaftliche Begleitung von Schul- und Modellversuchen wie PING oder BINGO (Berufsorientierung und Schlüsselprobleme im fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe). Aus dem angelsächsischen Raum sind verschiedenste Evaluationen bekannt, so zum STS- bzw. STES-Konzept (Science-Technology-Environment-Society) oder zum situierten Lernen in Science. In der Schweiz gibt es mit Ausnahme des Projekts von Kyburz-Graber et al. (2000), ‚Fächer übergreifender Unterricht und Erziehung zur Nachhaltigkeit‘ zwar keine größeren wissenschaftlichen Evaluationen von FÜU, hingegen oftmals Schul interne Analysen und Berichte zum FÜU.

Auch wenn die erwähnten Evaluationen in Bezug auf Forschungsziele und -methoden, Schultypen und -stufen sowie Stichproben sehr heterogen sind, kristallisieren sich bei den Resultaten einige gemeinsame Tendenzen heraus.

6.1. Evaluation von FÜU: Fokus Lernende

Interesse an Naturwissenschaften: Das Interesse der Jugendlichen an Naturwissenschaften, insbesondere auch an Physik, ist im FÜU meist höher als im gefächerten Unterricht. So wird bei BINGO, PING und STS mehrheitlich eine deutliche Zunahme des Interesses festgestellt (Aikenhead 1995; Bündler & Wimber 1997; Hansen & Klinger 1998; Klinger 1998; Schecker & Winter 2000; Vanderbilt 1993). Einzig Gerdes (2001) stellt im hessischen integrativen Naturwissenschaftsunterricht diesbezüglich keinen Unterschied zwischen FÜU und Fachunterricht fest.

Selbstständigkeit und Methodenrepertoire: Fächer übergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht führt bei Schülerinnen und Schülern zu einer größeren Selbstständigkeit und zu einem umfassenderen Repertoire an naturwissenschaftlichen Methoden. Die Jugendlichen fallen durch ihre besondere Denk- und Lernfähigkeit beim Lösen komplexer Probleme und Experimentieraufgaben auf (Bieber 1999; Hansen & Klinger 1998; Ramseier 1998).

Selbstkonzept der Mädchen: Der integrierte Unterricht verstärkt das Selbstkonzept der Mädchen signifikant, so dass die diesbezügliche in vielen anderen Studien erhobene Divergenz zwischen Mädchen und Jungen weitgehend aufgehoben wird (Gerdes 2001; Kremer & Stäudel 1993).

Leistungen in Naturwissenschaften: Was naturwissenschaftliche Kenntnisse angeht, kommen die verschiedenen Studien zu unterschiedlichen Resultaten, u.a. auch in den diversen Evaluationen von PING. Dies mag mit den je nach Lehrplan sehr unterschiedlichen Zielen zusammenhängen wie auch mit den verschiedenen Tests, die jeweils eingesetzt wurden: Nach welchen Kriterien soll wie und was geprüft werden? Nimmt man die internationalen Resultate von TIMSS, so können die Leistungsunterschiede zwischen den verschiedenen Ländern jedenfalls nicht damit erklärt werden, ob die Naturwissenschaften in einem Land gefächert oder integriert unterrichtet werden. Ramseier (1998) hält bei den Schweizer TIMSS-Resultaten für die Sekundarstufe I fest, dass der naturkundliche Unterricht (vgl. Kap. 4) mit seinem Schwerpunkt auf dem Verstehen von Zusammenhängen und der Beziehung zwischen Individuum und Natur gut auf TIMSS-Aufgaben mit höheren kognitiven Anforderungen, z.B. beim Interpretieren von Daten, vorbereitet. Ebenfalls können die Schweizer 13-Jährigen komplexe Problemstellungen und Experimentieraufgaben überdurchschnittlich gut lösen. Hingegen ist in der Fachterminologie gegenüber vielen anderen Ländern ein

Rückstand festzustellen. Ähnlich äußern sich mit Jürgensen & Schieber (2001) zwei Praktiker, die den geringen fachlichen Tiefgang und die bei den Jugendlichen entstehende „feuilletonistische, episodenhafte Sicht der Fächer“ beklagen.

Wahrnehmung der Lehrpersonen: Die Schülerinnen und Schüler nehmen die Lehrkräfte im Lernbereich Naturwissenschaften anders wahr als im Einzelfachunterricht. Sie schreiben den erstgenannten Lehrpersonen eine größere methodische und pädagogisch-soziale Kompetenz zu, hingegen den Zweitgenannten eine größere fachliche Kompetenz (Gerdes 2001).

6.2. Evaluation von FÜU: Fokus Lehrkräfte

Auf der Ebene von Lehrkräften und Schulen lassen sich bei der Implementation und der Umsetzung von Fächer übergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht folgende Tendenzen erkennen:

Voraussetzungen für Einstellungsveränderungen: Physik-, Biologie- und Chemielehrkräfte verändern ihre Einstellung zum und ihren Umgang mit FÜU sowie ihre didaktisch-methodischen Konzepte vor allem dann, wenn sie aktiv bei der Entwicklung des Curriculums und der Unterrichtsmaterialien mitwirken können (Ben-Cahim & Zoller 1991; Ramsey 1993; Reinhold 1997; Schecker & Winter 2000; Tal et al. 2001; Yager & Tamir 1993; Yager 1994). Das heißt auch, dass die Unterrichtsmaterialien kein fertiges Curriculum darstellen dürfen, sondern den Lehrpersonen genügend Freiräume geben müssen. Die Lehrkräfte lassen sich eher durch neue Inhalte ansprechen und abholen als durch neue unterrichts- oder erkenntnismethodische Ideen. Die Problemorientierung an der eigenen Situation und der Bezug auf die eigenen Erfahrungen beeinflussen das Interesse und die Motivation positiv.

Teamarbeit der Lehrpersonen: Für eine erfolgreiche Implementation spielt die Teamarbeit der Lehrerinnen und Lehrer bei der Vor- und Nachbereitung von FÜU eine entscheidende Rolle. Dazu bedarf es fester Strukturen und Organisationsformen, in denen die kooperative, konstruktive und reflexive Bearbeitung von Unterricht institutionalisiert wird (Kyburz-Graber et al. 2000; Reinhold 1997; Schecker & Winter 2000; Tal et al. 2001).

Veränderte Unterrichtsmethoden: Lehrpersonen schätzen die bei einem integrierten Unterricht größere Stundenzahl, die sie pro Woche in einer Klasse unterrichten. Das ermöglicht ihnen, ein breiteres Spektrum von Unterrichtsmethoden und Sozialformen einzusetzen, insbesondere mehr projektartiges Arbeiten sowie Partner- und Gruppenarbeit. Es kommt zu vermehrter Kooperation zwischen Lehrenden und Lernenden (Bünder & Wimber 1997; Döriges 1999; Reinhold 1997).

Veränderte Lehrerrolle: Lehrerinnen und Lehrer verändern im Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht ihre Rolle weg von der Wis-

sensvermittlung hin zur Beratung (Reinhold 1997; Schecker & Winter 2000).

FÜU als Schulentwicklungsprojekt: Die Verbindung von Unterrichts- und Schulentwicklung schafft günstige Voraussetzungen für Fächer übergreifendes Arbeiten (Kyburz-Graber et al. 2000; Steiner & Landwehr 1999).

Fehlende Zeit und Unterrichtsmaterialien: Lehrkräfte beklagen im Allgemeinen den Mangel an Zeit und Unterrichtsmaterialien. Zudem fehlen vielfach geeignete Fortbildungsmöglichkeiten (Döriges 1999; Jürgensen & Schieber 2001; Kyburz-Graber et al. 2000).

Problem Fachsozialisation: Eine starke Fachsozialisation der Lehrpersonen kann Fächer übergreifendes Arbeiten erschweren. Die meisten Lehrer und Lehrerinnen fühlen sich fachlich überfordert bzw. verunsichert, wenn sie fachfremd unterrichten und Leistungen beurteilen müssen (Döriges 1999; Jürgensen & Schieber 2001; Kyburz-Graber et al. 2000).

Konstruktivistischer Ansatz in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Fast alle hier präsentierten Ergebnisse finden sich in ähnlicher Form auch in Forschungsergebnissen zur Schul- und Unterrichtsentwicklung wieder und werden damit bestätigt. Es dürfte sich um generalisierbare Aussagen handeln, die nicht nur für die Implementation von Fächer übergreifendem naturwissenschaftlichen Unterricht gelten, sondern für Schul- und Unterrichtsentwicklung generell. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass ein konstruktivistischer Ansatz in der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften bei diesen günstigen Voraussetzungen für nachhaltige Lern- und insbesondere auch für Veränderungsprozesse schafft. Ausführlichere Darstellungen, die z.T. auch detaillierter auf die Aus- und Weiterbildung von Physiklehrkräften eingehen, wurden bereits an anderen Stellen publiziert (Labudde 2000b, S. 400, Labudde 2000c; Labudde 2000a; Labudde 2001).

6.3. Kritik an den Evaluationen

Die Evaluationsergebnisse zeigen für den Fächer übergreifenden Unterricht mehrheitlich ein positives Bild. In mehreren Bereichen ist er dem gefächerten naturwissenschaftlichen Unterricht überlegen (Kap. 6.1). Bei geeigneten Rahmenbedingungen scheinen Biologie-, Chemie- und Physiklehrkräfte bereit und fähig zu sein, einen erfolgreichen FÜU durchzuführen (Kap. 6.2). Die Evaluationen sind allerdings in mindestens zwei Punkten kritisch zu hinterfragen:

1) In vielen Fällen wurden sie durch die Protagonisten selbst, d.h. durch Forschende bzw. Lehrkräfte, durchgeführt. Da es sich bei diesen in der Mehrzahl um Befürworterinnen und Befürworter des FÜU handelt, ist die für eine Evaluation notwendige Unabhängigkeit nicht immer gewährleistet. Ausnahmen sind Döriges (1999); Gerdes (2001); Ramseier (1998).

2) In so gut wie allen Modell- und Schulversuchen zum FÜU wurden vermehrt individualisierende und handlungsorientierte Unterrichtsmethoden eingesetzt. Dies könnte zu einer Konfundierung bei den Resultaten geführt haben: Wurde FÜU mit seinen besondere Inhalten und Lernwegen evaluiert oder aber wurden die für die Lernenden und Lehrenden neuen Unterrichtsmethoden evaluiert? Auch Schecker & Winter (2000) wiesen bereits auf dieses Problem hin.

Während der erste Punkt, die fehlende Unabhängigkeit der meisten Evaluatorinnen und Evaluatoren, eine klare Kritik ist, gilt dies für den zweiten Punkt nur beschränkt. Eine ketzerische Frage: Vielleicht ist Fächer übergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht ein ideales Vehikel, um die Unterrichtsformen, die Lern-Lehr-Kultur und damit auch die Kooperation und das Rollenverständnis der Lehrkräfte im naturwissenschaftlichen Unterricht zu verändern?

7. Nächste Schritte

Insgesamt lohnt es sich FÜU weiterzuverfolgen, denn einerseits sind bei aller Kritik an den Evaluationen die Ergebnisse – auch bei vorsichtiger Interpretation – positiv. Und andererseits legen die zahlreichen in der Schulpraxis umgesetzten Beispiele bereitetes Zeugnis ab von dem Engagement, den Lernprozessen und den Lernresultaten, die FÜU bei Schülerinnen und Schülern sowie bei Lehrerinnen und Lehrern auslösen kann. *At last but not at least* sprechen viele Argumente für FÜU (Kap. 2) - Argumente, denen bisher kaum widersprochen worden ist.

Welche Schritte müssen in den nächsten Jahren gemacht werden, um dem Fächer übergreifenden Unterricht in und mit Physik einen höheren Stellenwert zukommen zu lassen? Folgende Aufgaben sind in Schulpraxis und Forschung anzugehen:

Begriffsklärung: Das Wirrwarr an Begriffen (Abb. 3) ist zu lösen. Es gilt eine Terminologie zu schaffen, mit der das breite Spektrum von Kategorien Fächer übergreifenden Unterrichts erfaßt werden kann (vgl. Kap. 3). Damit sollte auch allen beteiligten Personen bewusst werden, dass nicht nur Projektwochen oder Teamteaching Formen Fächer übergreifenden Unterrichts darstellen, sondern dass es ein weitaus breiteres Spektrum von Umsetzungsmöglichkeiten gibt. Inwieweit hinter den diversen Konzepten von FÜU verschiedene Bildungsvorstellungen bzw. Menschenbilder stehen, ist im Detail zu klären.

Lehrpläne: Naturwissenschaftliche Curricula müssen den Lehrpersonen genügend Freiräume lassen – für Fächer übergreifende Unterrichtseinheiten wie auch für die Weiterentwicklung des Unterrichts generell. Zahlreiche Studien zur Schul- und Unterrichtsentwicklung und zum FÜU (Kap. 6.2) belegen eindrücklich, wie kreativ, innovativ und engagiert Lehrkräfte mit dieser Freiheit umgehen können, um den Fächer übergreifenden Unterricht in und mit Physik von der Basis her weiter zu entwickeln.

Unterrichtseinheiten und -materialien: Trotz vielfältiger Entwicklungsarbeiten besteht nach wie vor ein Manko an publizierten Unterrichtseinheiten und -materialien. Dies mag z.T. damit zusammen hängen, dass zwar viele Beispiele Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts entwickelt und umgesetzt wurden, diese aber nur in wenigen Fällen veröffentlicht worden sind. In der Physikdidaktik bzw. in den Didaktiken der Naturwissenschaften ist dabei die Frage zu klären, nach welchen Kriterien geeignete Gebiete und Themen zu finden und wie diese dann methodisch-didaktisch aufzuarbeiten sind (vgl. auch Reinhold & Bündler 2001; S. 335).

Prüfungskultur im FÜU: Bereits im Physikunterricht wird ein breites Spektrum von Zielen verfolgt, ein noch breiteres im Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Ziele stammen aus den Bereichen der Sach-, Selbst-, Sozial- und Methodenkompetenz. Oder in anderen Worten: Schülerinnen und Schüler sollen im FÜU vielfältige Kenntnisse und Erkenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie Haltungen erwerben. Inwieweit sie diese Ziele tatsächlich erreichen, wird kaum überprüft. Auch wenn sich nicht alles prüfen und schon gar nicht bewerten lässt, müssten doch dringend geeignete Prüfungsformen entwickelt und evaluiert werden, die dem breiten Spektrum von Zielen des FÜU gerecht werden können. An unserer Institution startet ein entsprechendes dreijähriges Projekt mit dem Titel ‚Fächer übergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht am Gymnasium: Die Bedeutung von neuen Beurteilungsformen‘ im Sommer 2003 (Labudde & Heitzmann 2003).

Evaluation des FÜU: Es gibt noch zu wenig wissenschaftliche und unabhängige Evaluation des Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts. FÜU liegt nicht im Mainstream fachdidaktischer Forschung und Entwicklung. Zukünftige Studien zum FÜU müssen versuchen das Problem der Konfundierung FÜU - Unterrichtsmethoden zu lösen.

Qualifikation der Lehrkräfte: Es sind vermehrt Aus- und Weiterbildungsangebote zu schaffen, die die Lehrkräfte in ihrem Engagement für FÜU unterstützen (siehe z.B. Wellensiek & Petermann 2001). Dabei darf es nicht nur, wie oft zu einseitig gefordert, um Inhalte und Unterrichtsmaterialien gehen, sondern gleichermaßen auch um Kooperationsfähigkeit, Rollenverständnis, Vertrauen gegenüber Schülerinnen und Schülern sowie Bilder vom Lernen und Lehren. Für die Aus- und Weiterbildungsangebote sollte ein konstruktivistischer Ansatz selbstverständlich sein. Derzeit führen wir einen derart konzipierten Weiterbildungskurs im Rahmen eines größeren Forschungs- und Entwicklungsprojekts zum FÜU an gewerblich-industriellen Berufsschulen durch (Labudde & Wild 2001).

Skepsis gegenüber dem FÜU: Kritik und Skepsis gegenüber dem FÜU sind ernst zu nehmen. Viele Lehrkräfte, Verbandsfunktionäre sowie Fachdidaktikerinnen und -didaktiker, insbesondere in Deutsch-

land, sind dem Fächer übergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht gegenüber eher skeptisch eingestellt (Asselborn 2001, Jürgensen & Schieber 2001; Lochhaas 1996; Pospiech 1998). Die meist auf ein Fach, d.h. die Physik, beschränkte Fachsozialisation und -kompetenz ist eine wichtige Basis der beruflichen Sicherheit, gleichzeitig aber auch eine große Hürde, subjektiv und objektiv, wenn es um Fächer übergreifendes Arbeiten und Lehren geht.

Entpolitisierung des FÜU: Die Diskussion um FÜU scheint mir, einem außen stehenden Beobachter, in Deutschland zu stark politisch gefärbt: Fächer übergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht nur in Gesamtschulen in Bundesländern, die links-grün registriert werden? In den meisten anderen europäischen Ländern wird mit FÜU politisch entkrampfter umgegangen, sei es in Großbritannien (auch unter der Regierung Thatcher), den Niederlanden, den skandinavischen Staaten oder der Schweiz.

Fächer übergreifender Unterricht in und mit Physik - als komplementäre Ergänzung des Fachunterrichts - sollte ein konstitutives Element in unseren Schulen werden und nicht nur zur Verzierung dienen. Dabei gilt es gefächerten Unterricht und FÜU, Fachlichkeit und Lebenswelt, Lernprozesse und Lernresultate sinnvoll aufeinander abzustimmen.

8. Literatur

- Aikenhead, G. (1994). What is STS Science Teaching? In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS Education: International Perspectives on Reform* (pp. 1-10). Toronto, New York: John Wiley & Sons.
- Aikenhead, G. (1995). *Logical Reasoning in Science and Technology*. Toronto, New York: John Wiley & Sons.
- Asselborn, W. (2001). Physikunterricht und naturwissenschaftliche Bildung: aktuelle Anforderungen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 54(3), I-XVI.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J. & Weiss, M. (2001). *PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich.
- BBT (2001). *Lehrplan für die Berufsmaturitätsschulen*. Bern: Bundesamt für Berufsbildung und Technologie.
- Ben-Cahim, D. & Zoller, U. (1991). The STS Outlook Profiles of Israeli High-School Students and Their Teachers. *International Journal of Science Education*, 13, 447-458.
- Bieber, G. (1999). Untersuchungen zum Übergang von nach PING untersuchten Schülerinnen und Schülern von der 6-jährigen Grundschule in die Sekundarstufe. In R. Brechel (Ed.): *Zur Didaktik der Physik und Chemie* (pp. 138-140). Alsbach: Leuchtturm.
- Bünder, W. & Wimber, F. (1997). *BLK-Modellversuch: Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung (PING)*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Bund-Länder-Kommission (1997). *Gutachten zur Vorbereitung des Programms "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts"*. Bonn: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung.
- Defila, R. & Di Giulio, A. (1998). Interdisziplinarität und Disziplinarität. In J.-H. Olbertz (Ed.), *Zwischen den Fächern - über den Dingen? Universalität versus Spezialisierung akademischer Bildung* (pp. 11-137). Opladen: Leske + Budrich.
- Dewey, J. (1935). Das Kind und der Lehrplan (1902). In J. Dewey & W. H. Kilpatrick (Eds.), *Der Projektplan - Grundlegung und Praxis* (pp. 142-160). Weimar.
- Dewey, J. (1993). *Demokratie und Erziehung (deutsche Übersetzung der 3. Auflage von 1916)*. Weinheim: Beltz.
- Döriges, A. (1999). *Erfahrungen von Lehrerinnen und Lehrern mit dem Lernbereich Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I in Hessen (Staatsexamensarbeit)*. Kassel: Universität Kassel.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 905-923.
- Duncker, L. & Popp, W. (Eds.) (1998). *Fächerübergreifender Unterricht in der Sekundarstufe I und II: Prinzipien, Perspektiven, Beispiele*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Erziehungsdirektion des Kantons Bern (1995). *Lehrplan Volksschule: Primarstufe und Sekundarstufe I*. Bern: Berner Lehrmittel- und Medienverlag BLMV. www.blmv.ch (oder aus dem Netz herunterzuladen unter www.schulwarte.ch/nmm).
- Erziehungsdirektion des Kantons Bern (1996): *Natur-Mensch-Mitwelt: Umsetzungshilfe 7.-9. Schuljahr*. Bern: Berner Lehrmittel- und Medienverlag BLMV. www.blmv.ch (oder aus dem Netz herunterzuladen unter www.schulwarte.ch/nmm).
- Erziehungsdirektorenkonferenz EDK (1994). *Rahmenlehrpläne für die Maturitätsschulen (Dossier 30A)*. Bern: EDK.
- Frey, K. (1993). *Die Projektmethode*. (3. Auflage). Weinheim, Basel: Beltz.
- Gardner, H. (1994). *Der ungeschulte Kopf. Wie Kinder denken*. (2. Auflage). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Gerdes, A. (2001). *Zur Wirksamkeit von integriertem naturwissenschaftlichem Unterricht (Dissertation)*. Kassel: Universität Kassel.
- Gergen, K. J. (1995). Social Construction and the Educational Process. In Steffe, L.P. & Gale, J. (Eds.), *Constructivism in Education* (pp. 17-39). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 867-888.
- Gil-Pérez, D. (1996). New trends in science education. *International Journal of Science Education*, 18(8), 889-901.
- Glaserfeld, von E. (1995). *Radical Constructivism: A Way of Learning and Knowing*. London: Falmer Press.
- Golecki, R. (Ed.). (1999). *Fächerübergreifender Unterricht auf der gymnasialen Oberstufe*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Grob, U. & Maag Merki, K. (2001). *Überfachliche Kompetenzen. Theoretische Grundlegung und empirische Erprobung eines Indikatorensystems*. Bern: Peter Lang.
- Hansen, K.-H. & Klinger, U. (1998). *Interessenentwicklung und Methodenverständnis im Fach Naturwissen-*

- schaften. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Häußler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Heitzmann, A. (1999). Bereichsdidaktik - eine Herausforderung für die neue LehrerInnenausbildung. Überlegungen zur Stellung und den Aufgaben einer Bereichsdidaktik. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 17(2), 195-204.
- Herzog, W., Neuschwander, M., Violi, E., Labudde, P. & Gerber, C. (1999). Mädchen und Jungen im koedukativen Unterricht - Ergebnisse einer Interventionsstudie auf der Sekundarstufe II. *Bildungsforschung und Bildungspraxis*, 21(1), 99-124.
- Hoffmann, L. (2002). Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. *Learning and Instruction* (12), 447-465.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Peters-Haft, S. (1997). *An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Huber, L. (1994). Wissenschaftspropädeutik und Fächerübergreifender Unterricht - Eine unerledigte Hausaufgabe der allgemeinen Didaktik. In M. A. Meyer & W. Plöger (Eds.), *Allgemeine Didaktik, Fachdidaktik und Fachunterricht* (243-253). Weinheim: Beltz.
- Huber, L. (1998). Fächerübergreifender Unterricht - auch auf der Sekundarstufe II? In L. Duncker & W. Popp (Eds.), *Fächerübergreifender Unterricht in der Sekundarstufe II* (18-33). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Huber, L. (2001). Stichwort: Fachliches Lernen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 3, 307-331.
- Jürgensen, F. & Schieber, M. (2001). Zur Diskussion gestellt. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 54(8), 489-496.
- Klafki, W. (1996). Grundzüge eines neuen Allgemeinbildungskonzepts. Im Zentrum: Epochaltypische Schlüsselprobleme. In W. Klafki (Ed.), *Neue Studien in Bildungstheorie und Didaktik* (43-81). Weinheim: Beltz.
- Klinger, U. (1998). *Das Fach Naturwissenschaft in der Orientierungsstufe: Abschlussbericht zum Modellversuch PING in Rheinland-Pfalz*. Mainz: v. Hase & Koehler.
- Kötter, R. & Balsiger, P. W. (1999). Interdisciplinarity and Transdisciplinarity. A constant challenge to the sciences. *Issues in Integrative Studies*, 17, 87-120.
- Kremer, A. & Stäudel, L. (1993). FUN - Fächerübergreifender Unterricht Naturwissenschaft: Mädchenförderung: In Landesinstitut für Schule und Weiterbildung (Ed.), *Mädchen - Naturwissenschaften - Technik - Unterricht* (71-81). Soest: Landesinstitut für Schule und Weiterbildung.
- Kremer, A. & Stäudel, L. (1997). Zum Stand des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Bundesrepublik Deutschland - Eine vorläufige Bilanz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 52-66.
- Kyburz-Graber, R., Högger, D. & Wyrsh, A. (2000). *Sozioökologische Umweltbildung in der Praxis. Hindernisse, Bedingungen, Potentiale*. Zürich: Universität Zürich, Abteilung Höheres Lehramt Mittelschulen.
- Labudde, P. (1999). Mädchen und Jungen auf dem Weg zur Physik - Reflexive Koedukation im Physikunterricht. *Unterricht Physik* 54, 4-10.
- Labudde, P. (2000a). *Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt, 446 Seiten.
- Labudde, P. (2000b). Lehrpersonen auf dem Weg zu einem geschlechtergerechten Physikunterricht. *Bildung und Erziehung*, 53(3), 307-320.
- Labudde, P. (2000c). Didaktische Leitfragen für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 18(1), 74-76.
- Labudde, P. (2001). *Situierendes Lernen in fachdidaktischen Lern-Lehr-Veranstaltungen*. Paper presented at the Deutsche Physikalische Gesellschaft / Physikdidaktik, Bremen.
- Labudde, P. (2002). *Lern-Lehr-Kultur im Physikunterricht: eine Videostudie* (Forschungsgesuch an den Schweizerischen Nationalfonds). Bern: Abteilung für das Höhere Lehramt, Universität Bern.
- Labudde, P., Herzog, W., Neuschwander, M., Violi, E. & Gerber, C. (2000). Girls and physics: teaching and learning strategies tested by classroom interventions in grade 11. *International Journal of Science Education*, 22(2), 143-157.
- Labudde, P. & Wild-Näf, M. (2001). *Fächer übergreifender Unterricht in der gewerblich-industriellen Berufsbildung: eine Herausforderung für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (Forschungsgesuch an die Kommission für Technologie und Innovation KTI). Bern, Zollikofen: Abteilung für das Höhere Lehramt und Schweizerisches Institut für Berufspädagogik.
- Labudde, P. & Heitzmann, A. (2003). *Fächer übergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht am Gymnasium: Die Bedeutung von neuen Beurteilungsformen* (Forschungsgesuch an die Berner Lehrerinnen- und Lehrerbildung). Bern: Abteilung für das Höhere Lehramt.
- Lauterbach, R. (1992). Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung (PING). In P. Häussler (Ed.), *Physikunterricht und Menschenbildung* (Vol. IPN 130, 251-268). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Lochhaas, H. (1996). Möglichkeiten und Grenzen fächerverbindenden Unterrichts. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 48(8), 493-496.
- Maingain, A., Dufour, B. & Fourez, G. (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. Bruxelles: DeBoeck Université.
- MAR (1995). *Verordnung des Bundesrates/Reglement der EDK über die Anerkennung von gymnasialen Maturitätsausweisen*. Bern: Erziehungsdirektorenkonferenz EDK.
- Moegling, K. (1998). *Fächerübergreifender Unterricht - Wege ganzheitlichen Lernens in der Schule*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen, 358 Seiten.
- Münzinger, W. & Klafki, W. (1995). Schlüsselprobleme im Unterricht. *Die Deutsche Schule*, 3. Beiheft.
- Opitz, R. & Stäudel, L. (1997). *Memorandum zum Fächerübergreifenden Naturwissenschaftlichen Unterricht*. Weilburg: Bundesarbeitskreis Fächerübergreifender Naturwissenschaftlicher Unterricht.
- Parchmann, I.; Demuth, R.; Ralle, B.; Paschmann, A.; Huntemann, H. (2001): Chemie im Kontext. Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule* 50/1, 2-7.

- Parker, L. H., Rennie, L. J. & Fraser, B. J. (1996). *Gender, Science and Mathematics - Shortening the Shadow*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic.
- Pospiech, G. (1998). Fächerübergreifender Unterricht in der Diskussion. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 51(4), 230-233.
- Ramseier, E. (1998). Leistungsprofil und Unterricht - Eine Analyse der schweizerischen Leistungen im naturwissenschaftlichen Test von TIMSS. *Bildungsforschung und Bildungspraxis*, 20(1), 8-27.
- Ramsey, J. (1993). A Survey of the Perceived Needs of Houston-Area Middle School Science Teachers Concerning STS Goals, Curricula, Inservice and Related Content. *School Science and Mathematics*, 93, 86-91.
- Reinhold, P. (1997). *Integrierte naturwissenschaftliche Grundbildung: Lehrerfallstudien zur Unterrichtspraxis*. (Vol. IPN 159). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Reinhold, P. & Bündler, W. (2001). Stichwort: Fächerübergreifender Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 333-357.
- Sächsisches Ministerium für Kultus (1992). *Lehrplan Mittelschule Physik Klassen 6-10*. Dresden: Sächsisches Ministerium für Kultus.
- Schecker, H. & Winter, B. (1997). *Berufsorientierung und Schlüsselprobleme im fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht - BINGO*. Bremen: Der Senator für Bildung, Wissenschaft, Kunst und Sport.
- Schecker, H. & Winter, B. (2000). *Berufsorientierung und Schlüsselprobleme im fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe (BINGO): Abschlussbericht zum Modellversuch*. Bremen: Der Senator für Bildung und Wissenschaft.
- Shotter, J. (1995). In Dialogue: Social Constructionism and Radical Constructivism. In Steffe, L.P. & Gale, J. (Eds.), *Constructivism in Education* (41-56). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Stäudel, L. (1999). Die Dinge zusammen bringen: Naturwissenschaften lernen im thematischen Kontext. *Friedrich Jahresheft 1999*, 64-67.
- Steiner, P. & Landwehr, N. (1999). *Projekt Qualitätsentwicklung auf der Sekundarstufe II: Stand der Arbeiten Projektphase 1996-1999*. Aarau: Nordwest-Schweiz Erziehungsdirektorenkonferenz.
- Tal, R. T., Dori, Y. J., Keiny, S. & Zoller, U. (2001). Assessing conceptual change of teachers involved in STES education and curriculum development - the STEMS projekt approach. *International Journal of Science Education*, 23(3), 247-262.
- Vanderbilt, Cognition and Instruction Group (1993). Anchored Instruction and Situated Cognition Revisited. *Educational Technology*, 33(3), 52-72.
- Wagenschein, M. (1970). *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken (Bände I und II)*. Stuttgart: Klett.
- Wagenschein, M. (1991). *Verstehen lehren*. (9. Auflage). Weinheim, Basel: Beltz.
- Weinburgh, M. (1995). Gender Differences in Student Attitudes toward Science: A Meta-Analysis of the Literature from 1970 to 1991. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(4), 387-398.
- Weinert, F. E. (1994). Lernen lernen und das eigene Lernen verstehen. In K. R. Reusser & M. Reusser (Eds.), *Verstehen: psychologischer Prozess und didaktische Aufgabe* (183-205). Bern: Huber.
- Weinert, F. E. & Schrader, F.-W. (1997). Lernen lernen als psychologisches Problem, *Enzyklopädie der Psychologie, Bd. IV: Pädagogische Psychologie* (275-319). Göttingen.
- Wellensiek, A. & Petermann, H.-B. (2001). *Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung*. Weinheim: Beltz.
- Yager, R. E. (1994). Success with STS Approach in Life Science Classroom: Grades 4-12. *American Biology Education*, 56, 268-272.
- Yager, R. E. & Tamir, P. (1993). STS Approach: Reasons, Intentions, Accomplishments, and Outcomes. *Science Education*, 77, 637-658.

¹ Bei diesem Artikel handelt es sich um eine in weiten Teilen überarbeitete und ergänzte Fassung des Vortrags 'Fächer übergreifender Unterricht in und mit Physik: eine zu wenig genutzte Chance?!', gehalten am 18. März 2002 anlässlich der Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Leipzig.

² Was in Deutschland als Real- oder auch Mittelschule bezeichnet wird, heißt in den meisten Schweizer Kantonen *Sekundarschule*. Um keine unnötige Verwirrung zu erzeugen, wird im vorliegenden Artikel bei den verschiedenen Schultypen und -stufen jeweils explizit zwischen den deutschen und schweizerischen Bezeichnungen unterschieden. Grob vereinfacht lauten die Bezeichnungen folgendermaßen: Die deutsche Hauptschule entspricht der *Schweizer Realschule*; die deutsche Real- oder Mittelschule ist vergleichbar mit der *Schweizer Sekundarschule*, das Gymnasium umfasst in Deutschland die Klassenstufen 5-13, in der Schweiz in den meisten Kantonen nur die Klassen 9-12, in einigen 7-12. Fast in allen Kantonen wird die *Matura*, d.h. das Abitur, nach 12 Schuljahren abgelegt. In der Schweiz wird das Gymnasium an vielen Orten auch als *Mittelschule* oder *Kantonsschule* bezeichnet. Mit 26 Kantonen und somit 26 Schulsystemen, die sich z.T. erheblich voneinander unterscheiden, dürfte die Schweiz die weltweit größte Bildungssystem-Dichte aufweisen.

³ Die Unterscheidung der Begriffe je nach Bezugsrahmen – hier Wissenschaftsbetrieb, dort Schulunterricht – lässt sich in dieser Konsequenz nur für den deutschen Sprachraum durchziehen. In den mir bekannten anderen europäischen Sprachen werden die Begriffe inter-, multi- und transdisziplinär sowohl für die Forschung wie für den Schulunterricht verwendet. In diesen Sprachen gibt es – anders als im Deutschen – kaum die Möglichkeit durch die Kombination von zwei Worten einen neuen Ausdruck wie ‚Fächer übergreifend‘ oder ‚Fach überschreitend‘ zu kreieren.

⁴ Naturwissenschaftsdidaktikerinnen und –didaktiker aus der Schweiz, die sich beruflich häufiger in Deutschland aufhalten, nehmen diese Unterschiede mit Staunen zur Kenntnis; das Gleiche gilt umgekehrt für deutsche Kolleginnen und Kollegen bei einem Besuch in der Schweiz: Die einen nehmen im Nachbarland ungläubig den Unterricht in Einzelfächern wahr - vor allem auch die Verbissenheit, mit der für die Beibehaltung der Einzelfächer gekämpft wird. Die anderen wundern sich über ein Integrationsfach wie ‚Natur-Mensch-Mitwelt‘, das in der Schweiz so gar nicht hinterfragt wird.