

Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung an der Schwelle zu einem neuen Jahrhundert

Diese Erklärung wurde von folgenden Verbänden verabschiedet:

- Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (MNU)
 - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Fakultätentag (MNFT)
 - Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ)
 - Deutsche Mathematiker-Vereinigung (DMV)
 - Verband Deutscher Biologen (VDBiol)
 - Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)
 - Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG)
 - Arbeitsgemeinschaft Fachdidaktik der Naturwissenschaften und der Mathematik (AFNM)
 - Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (GDM)
 - Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP)
-

Zusammenfassung

Die 3. Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie (TIMSS) brachte es an den Tag: Die Leistungen deutscher Schüler in Mathematik und in den Naturwissenschaften sind schlechter, als die Öffentlichkeit es erwartet, und sie reichen offensichtlich nicht aus, um unsere Jugend in die Lage zu versetzen, die Herausforderungen der Zukunft zu bewältigen. Die Ursachen liegen zum einen im Unterricht selbst, zum anderen in einem Mangel an Akzeptanz, Wertschätzung und Sichtbarkeit von Mathematik und Naturwissenschaften sowie von Bildung überhaupt innerhalb und außerhalb der Schule.

Die mathematische und naturwissenschaftliche Bildung ist ein essentieller Bestandteil der Allgemeinbildung; sie dient der Persönlichkeitsentwicklung durch Vermittlung von Methodenkompetenz, Sachwissen und Haltungen und sie ermöglicht ein grundlegendes fachliches Verständnis für Fragen der Technik und bietet somit die Basis für eine verantwortungsvolle Teilnahme an der gesellschaftlichen Diskussion um Möglichkeiten und Grenzen der technischen Entwicklung. Jedes der Fächer Mathematik, Physik, Chemie und Biologie liefert dazu einen spezifischen Beitrag an disziplinärem Fachwissen. Nur auf der verlässlichen Basis von Fachunterricht trägt fachübergreifendes Lernen dazu bei, Problemstellungen aus Natur und Technik in ihrer Komplexität und Verflechtung begreifbar zu machen. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht kann seinen Bildungsaufgaben nur dann gerecht werden, wenn folgende Rahmenbedingungen erfüllt sind:

- Beibehaltung der drei naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik;
- etwa ein Drittel der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit für Mathematik und Naturwissenschaften;
- durchgängig erteilter, früh einsetzender Unterricht in den Naturwissenschaften;
- Belegung von mindestens zwei der Fächer Biologie, Chemie und Physik in der gymnasialen Oberstufe;
- Sicherstellung der experimentellen Ausstattung und der für den Unterricht notwendigen Sachmittel in der Größenordnung von mindestens 5 % der Personalkosten (etwa 5 DM je Unterrichtsstunde);

- Beibehaltung der ersten Phase der Lehrerausbildung an einer wissenschaftlichen Hochschule, um die Sachkompetenz und die fachwissenschaftliche, fachdidaktische und erziehungswissenschaftliche Qualifikation zu gewährleisten;
- verstärkte Berücksichtigung fachübergreifender Lehrinhalte während der Lehrerausbildung;
- verbindliche Regelung zur Teilnahme der Lehrerinnen und Lehrer an regelmäßigen Fortbildungsveranstaltungen.

Die unterzeichnenden Fachverbände sehen den nachhaltigen Erfolg des Unterrichts in Mathematik und in den naturwissenschaftlichen Fächern nur dann gewährleistet, wenn sowohl Qualität als auch Quantität des Unterrichts den Grundpositionen entsprechen, die in der beiliegenden Stellungnahme dargestellt sind. Dazu gehört auch und besonders die Förderung der fachdidaktischen Forschung sowie eine ergebnisoffene, wissenschaftlich begleitete empirische Erprobung neuer Unterrichtsansätze.

Die im Frühjahr 1997 veröffentlichten Ergebnisse der 3. Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie (TIMSS) zeigen, daß es um die mathematische und naturwissenschaftliche Schulbildung in Deutschland im internationalen Vergleich nicht gut bestellt ist. Um eine Neubesinnung in die Wege zu leiten, legen die unterzeichnenden wissenschaftlichen Gesellschaften und Verbände folgende Grundpositionen dar.

1 Bedeutung der mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung

1.1 Beitrag zur Weiterentwicklung unserer Gesellschaft

Um für uns und unsere Kinder die drängenden Probleme der Zukunft (z.B. Ernährung und Gesundheit, Bevölkerungsentwicklung und ihre Folgen, Energieversorgung, Gestaltung der Lebensbedingungen der Menschen in der Natur) zu lösen, benötigen wir auf allen Gebieten in unserer Gesellschaft mehr statt weniger Wissenschaft. Im mathematischen und naturwissenschaftlichen Bereich müssen Grundkenntnisse verfügbar sein, die es jedem ermöglichen, bei Bedarf weiteres Fachwissen zu erwerben und mit ihm umzugehen. Eng verknüpft mit einer soliden mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung sind Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz technischer Entwicklungen: Erst auf der Basis eines grundlegenden fachlichen Verständnisses kann die Diskussion um Möglichkeiten und Grenzen technischen Fortschritts verfolgt und verantwortungsvoll mitgestaltet werden. Mangelnde Bildung in diesem Bereich korrespondiert häufig mit irrationalen Ängsten und pauschaler Ablehnung von Technik. Deshalb trägt der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht ganz wesentlich zur Weiterentwicklung und Intensivierung demokratischer Meinungsbildungsprozesse der Bürgerinnen und Bürger bei. Mathematik und Naturwissenschaften sind seit ihrer Entstehung international ausgerichtet. Dies ergibt sich zwangsläufig auch daraus, daß Gegenstand und Methode der Forschung weltweit übereinstimmen. Die ernsthafte Beschäftigung mit Mathematik und Naturwissenschaften dient damit zugleich der Entwicklung der internationalen Zusammenarbeit und Verständigung.

1.2 Beitrag für Beruf und Studium

Alle Bürgerinnen und Bürger müssen einen Einblick in die Ziele, Methoden und Ergebnisse wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung einschließlich ihrer Grenzen erhalten. Der Stellenwert von Mathematik und Naturwissenschaften als Kulturgut und die Bedeutung der zwar spezifischen, aber vielfältig nutzbaren Methoden dieser wissenschaftlichen Disziplinen für andere Wissensbereiche müssen erkennbar werden. Nicht zuletzt erfordert der kritische Umgang mit modernen Unterhaltungs-, Kommunikations- und Arbeitsmedien ein Mindestmaß an naturwissenschaftlichem und technischem Verständnis. Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung in der Schule muß deshalb zwei

Zielrichtungen im Auge behalten: In erster Linie muß sie sich an den Bedürfnissen derjenigen jungen Menschen orientieren, die sich für einen Beruf oder ein Studium außerhalb des mathematischen und naturwissenschaftlichen Gebietes entscheiden, andererseits muß sie auch eine sichere Basis für alle diejenigen bereitstellen, die nach der Schule ein mathematisches, naturwissenschaftliches oder technisches Studium oder Berufsfeld wählen. Beide Ziele können nur erreicht werden, wenn während der gesamten Schulzeit ein guter, international anerkannter Standard in Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern erreicht und gehalten wird.

1.3 Beitrag zur Allgemeinbildung

Die Entwicklung unserer europäischen Kultur, unserer Lebensweise und Lebensqualität, aber auch unser Wohlstand beruhen zu wesentlichen Teilen auf Erkenntnissen in der Mathematik und den Naturwissenschaften als Grundlage von Technik, Medizin und Landwirtschaft. Diese Entwicklung von Mathematik und Naturwissenschaften hat auch viele Bereiche der Geistes-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften geprägt. Damit ist die mathematische und naturwissenschaftliche Bildung ein historisch tief verwurzelter, essentieller Bestandteil der Allgemeinbildung. Sie dient der Persönlichkeitsentwicklung der Schülerinnen und Schüler, indem sie Haltungen, Methodenkompetenz und Sachwissen in ein individuelles und gesellschaftliches Verantwortungsgefüge stellt. Die naturwissenschaftlichen Fächer regen in der Schule zur aktiven Beschäftigung mit der geistigen und materiellen Umgebung an und führen zusammen mit der Mathematik zu ihrer gedanklichen Durchdringung und Strukturierung. Mit seinem Blick auf die Vernetzung naturwissenschaftlicher, technischer, ökologischer, ökonomischer und demografischer Zusammenhänge leistet der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung eines grundlegenden Verständnisses aktueller und langfristiger Probleme. Die Mathematik und die Naturwissenschaften schaffen damit auch Grundlagen für eine rationale Diskussion von Werte-Entscheidungen.

Insgesamt leistet der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht unverzichtbare Beiträge zu folgenden untereinander vernetzten Kompetenzen, die zusammen eine Zielvorstellung von Bildung umschreiben, die für alle Schülerinnen und Schüler anzustreben ist, individuell sicherlich aber nur in differenzierter Ausprägung erreicht werden kann:

- Sachkompetenz: z.B. Grundbestand an Sachwissen zur Lösung konkreter individueller und gesellschaftlicher Probleme, Bereitschaft zur Sachlichkeit;
- Lernkompetenz: z.B. Bereitschaft und Fähigkeit zum Lernen an Problemen und Konflikten, Wißbegierde;
- Denkkompetenz: z.B. Abstraktionsfähigkeit, Beherrschung von Symbolsprachen und Formeln, Sicherheit im Umgang mit Gedankenmodellen, Fähigkeit zum logischen Schließen, Einsicht in die Notwendigkeit gegensätzlicher Denkweisen wie linear/vernetzt, kreative Phantasie;
- Wissenschaftstheoretische Kompetenz: z.B. Einblick in die Wissenschaftssystematik, Abgrenzung zu Parawissenschaften, Pseudowissenschaften und Ideologien, Bereitschaft und Fähigkeit zum Umgang mit Wissenschaft, Technik, Kunst, Philosophie und Religion; Kompetenz in Strukturwissenschaften;
- Sprachkompetenz: z.B. Sicherheit im muttersprachlichen und fachsprachlichen Ausdruck, Fremdsprachen (allen voran Englisch), Formalsprachen, Freude an Kommunikation;
- Gesundheitskompetenz: z.B. positives Gesundheitskonzept, Gesundheit als Prozeß, Freude an Gesunderhaltung;
- Umweltkompetenz: z.B. Wahrnehmung und Bewertung von Zuständen und Veränderungen in der Umwelt, umweltgerechtes Verhalten in allen Lebensbereichen;
- Sozialkompetenz: z.B. Fähigkeit zum Arbeiten in einer Gemeinschaft, Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit;

- Ethische Kompetenz: z.B. Normenkenntnis, Fähigkeit zur Normenreflexion, Entscheidungsfähigkeit, Verantwortungsbereitschaft;
- Instrumentelle Kompetenz: z.B. Beherrschung von Experimentier-, Auswerte- und Computertechniken, Fähigkeit zur grafischen Gestaltung.

2 Der spezielle Beitrag der einzelnen Fächer zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung

2.1 Mathematikunterricht

Mathematische Bildung muß integraler Bestandteil der schulischen Ausbildung sein, wobei sowohl die Vermittlung hinreichender Kenntnisse mathematischer Methoden wie auch die Darstellung des spezifischen Beitrags der Mathematik zum Weltverständnis erforderlich sind. Mathematik in der Schule kann sich an drei Aspekten orientieren:

- an Mathematik als einer nützlichen und brauchbaren Wissenschaft:
- Mathematik ist traditionell die Sprache von Naturwissenschaft und Technik, inzwischen ist sie aber auch in viele andere Disziplinen (Psychologie, Wirtschaftswissenschaften, Medizin usw.) eingedrungen. Die Verfügbarkeit von Computern hat die Anwendungsmöglichkeiten der Mathematik und ihrer Methoden in unserer Zeit enorm erweitert. In einer hochtechnologisierten Welt ist die Mathematik selbst eine zukunftssträchtige Schlüsseltechnologie. Als Grundlage für Technologie sind die Basisqualifikationen der Mathematik frühzeitig zu erwerben.
- an Mathematik als einer formalen Strukturwissenschaft: Mathematik bearbeitet neben Problemstellungen, die sich aus dem Fach selbst ergeben, auch Fragen aus Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft, indem Modelle aufgestellt und entsprechende Strukturen definiert, weiterentwickelt und dargestellt werden. Dies geschieht durch die Suche nach optimalen Begriffsbildungen, durch Überprüfen der gewählten Strukturen und Modelle, durch Kalkülisierung und nicht zuletzt durch eine adäquate sprachliche Formulierung der gefundenen Einsichten. Begleitet wird dies durch ständige Kontrollen und durch logisches Ableiten. Diese Beweisführung, die die Mathematik charakterisiert, ist wesentlicher Bestandteil, jedoch nicht Motiv mathematischen Handelns.
- an Mathematik als einer historisch gewachsenen und kulturell eingebetteten und auf Kreativität beruhenden Wissenschaft:
- Mathematische Begriffe und Methoden entwickelten sich historisch an Fragestellungen und Problemen, die auch an gesellschaftliche und praktische Bedingungen gebunden sind. Mathematik ist also kein abgeschlossener Wissenskanon. Sie ist lebendiges und phantasievolles Handeln, das auf menschlicher Kreativität beruht. Dieses greift zurück auf den Wunsch nach ästhetischer Darstellung, auf das freie Spiel, aber auch auf den Willen zu Diskurs und Begründung.

Im Unterricht müssen diese Aspekte ausgewogen zur Geltung kommen, auch wenn alters- und schulformgemäß Schwerpunkte gesetzt werden müssen. Dies kann an den wesentlichen Inhalten des mathematischen Grundwissens erfolgen, indem die Freiheit des mathematischen Denkens, die Begeisterung für überraschende Schlußfolgerungen und Problemlösungen, die Suche nach geeigneten Modellen und Begriffen sowie das Ringen um die passende Formulierung erlebbar gemacht werden. Dies setzt aber eine entsprechende, fachdidaktisch und unterrichtsmethodisch zu reflektierende Unterrichtskultur voraus. Denn ein aspektreiches Bild von Mathematik kann nur in einem durch den Lehrer sorgfältig und bewußt gestalteten schulischen Umfeld entstehen. Inhaltlich gehören zum mathematischen Grundwissen solide Kenntnisse in Arithmetik, Algebra, Geometrie und Stochastik; in der Oberstufe kommt die Infinitesimalrechnung hinzu. Das Arbeiten an diesen Stoffen soll exemplarisch mathematische

Methoden sowie mathematisches Formulieren und Beweisen einüben. Dazu gehören heute der selbstverständliche Einsatz von elektronischen Hilfsmitteln wie größeren Rechnern oder Taschencomputern. Damit erhalten auch die Probleme des Rechnens und der Numerik einen vollständig neuen Stellenwert in der Schulmathematik. Insbesondere hat der Begriff des Experiments in der Mathematik durch den Computer erheblich an Bedeutung gewonnen.

2.2 Biologieunterricht

Biologieunterricht fördert das Kennenlernen ausgewählter Tier- und Pflanzenarten und die Einsicht in die Einbindung des Menschen in die Natur. Er motiviert Freude am Umgang mit Lebewesen und die Bereitschaft zum schonenden Umgang mit der Natur. Er legt die methodischen Grundlagen zum Beobachten und Vergleichen, zur Hypothesenbildung und zum Experimentieren sowie zur Modellbildung in der Biologie. Inhaltlich gewinnt in der Mittelstufe das Erfassen allgemeinbiologischer Zusammenhänge auf verschiedenen Ebenen an Gewicht: auf den Ebenen der Organismen, der Zellen und Biomoleküle, sowie auf den Ebenen der Populationen, der Lebensgemeinschaften und der Biosphäre. Damit wird die notwendige Fähigkeit zum abstrakten, systemischen und vernetzten Denken gefördert. Gleichzeitig stellt der Biologieunterricht inhaltliche Bezüge bei der Bewältigung von fachübergreifenden Aufgaben wie Umwelterziehung, Gesundheitserziehung, Familien- und Sexualerziehung her. In höheren Klassenstufen wird durch die intensive Beschäftigung mit den Grundlagen und neueren Entwicklungen der Genetik und Entwicklungsbiologie, der Stoffwechselfysiologie und Ökologie sowie der Verhaltensbiologie und Evolutionsbiologie eine theoretische Vertiefung auf der Grundlage fachspezifischer Denk- und Arbeitsweisen angestrebt. Die Behandlung der zunehmenden Anwendungsmöglichkeiten der Gentechnik und allgemein der Biotechnologie erfordern solides Wissen aus verschiedenen Fächern und ethische Reflexion. Dabei geht es darum, das Spannungsfeld zwischen den neuen Erkenntnissen der Biowissenschaften, den Anwendungsmöglichkeiten in Medizin, Landwirtschaft, Ernährung, Wirtschaft und Technik sowie den ethisch-moralischen Grundsätzen menschlichen Handelns aufzuzeigen.

2.3 Chemieunterricht

Chemieunterricht verfolgt das integrative Zusammenwirken von drei Arbeitsfeldern:

- das Beobachten und experimentelle Untersuchen von Stoffen und Stoffumwandlungen,
- das Erklären chemischer Phänomene mit Modellen und Theorien,
- das Arbeiten am Verständnis der Wechselwirkung von Mensch, Chemie und Umwelt.

Stoffe und deren Umwandlungen in der unbelebten und belebten Natur werden dabei als Phänomene im Erfahrungsbereich der Lernenden beobachtet und experimentell erschlossen. Im Anfangsunterricht werden Phänomene und Beobachtungen zunächst im Kontinuumsbereich, dann im weiteren Verlauf des Unterrichts durch Hypothesen und Modelle auf der Diskontinuumsebene gedeutet und durch naturwissenschaftliche Gesetze und Theorien erklärt. Die Vielfalt der stofflichen Beobachtungen wird systematisiert und fachlich-terminologisch beschrieben.

Die Lernenden erweitern ihre Kenntnisse über Stoff- und Energieströme sowie Kreisläufe und Gleichgewichte in Natur, Alltag und Technik und vertiefen so ihr Wissen über die wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen chemischen Erkenntnissen, deren technischer Anwendung und möglichen Folgen. Sie erkennen, daß die Menschen durch Anwendung der Wissenschaft Chemie und über die chemische Industrie ihre Lebensqualität wesentlich mitbestimmen. Sie erwerben die Fähigkeit, chemische Zusammenhänge sowie Absichten und Folgen menschlichen Handelns besser zu verstehen und kritisch zu werten sowie Schlußfolgerungen für verantwortungsbewußtes Handeln herzuleiten. Durch eigenes

Experimentieren werden die Lernenden zugleich selbst zu sicherheitsgerechtem und verantwortungsbewußtem Umgang mit Stoffen angeleitet.

In der gymnasialen Oberstufe, die auch der allgemeinen Studienvorbereitung dient, werden komplexere Themen und längere Problemketten bearbeitet und dabei die stofflichen Rahmenbedingungen des Einzelnen wie unserer gesamten Gesellschaft in lokalen und globalen Dimensionen thematisiert. So wird deutlich, daß bei der Umsetzung chemischer Kenntnisse in technische Prozesse und industrielle Zusammenhänge Entscheidungen nicht nur von chemischen und technischen, sondern auch von ökonomischen, ökologischen und sozialen Erkenntnissen und ihrer Bewertung abhängen und folglich in einer komplexen Situation getroffen werden müssen. Ein so verstandenes komplexes und vernetztes Lernen bedarf der besonderen Berücksichtigung von Schülervorstellungen und der intensiven Kommunikation zum Austausch dieser Vorstellungen und Wertungen. Er dient damit der Entwicklung grundlegender Kompetenzen.

2.4 Physikunterricht

Die charakteristische Methode der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung in der Physik war und ist beispielgebend für Forschungsmethodiken in anderen Bereichen der Naturwissenschaften, der Geisteswissenschaften bis hin zu den Sozialwissenschaften. Diesen fachmethodischen Weg von der Beobachtung über die Modellbildung bis hin zur mathematischen Fassung der Naturgesetze und deren Überprüfung sollen die Schüler im Unterricht nachvollziehen können. Der Weg von den Anfängen der Naturwissenschaften bis zu unserem modernen physikalischen Weltbild war eine große kulturelle Leistung der Menschheit. Auf diesem Weg hat sich in der Physik zwangsläufig ein eindeutiges Begriffssystem mit physikalischen Größen und international festgelegten Einheiten herausgebildet.

Unter Beachtung der fachmethodischen Erkenntnisgewinnung werden im einführenden Physikunterricht grundlegende Erkenntnisse aus den mechanischen, optischen, elektrischen und thermischen Phänomenbereichen vermittelt. Wichtige Aspekte dieses einführenden Unterrichts sind:

- Aus den Beobachtungen unserer natürlichen und technischen Umwelt soll ein geordnetes Grundlagenwissen entwickelt werden.
- Die Schüler sollen lernen, aus ihren Beobachtungen Hypothesen zu bilden und diese zu überprüfen; d. h. sie sollen lernen, Experimente zu planen, durchzuführen und auszuwerten.
- Die Schüler müssen langsam von der Umgangssprache zu einem sinnvollen Gebrauch der Fachsprache hingeführt werden; umgekehrt sollen sie auch Gesetze, die in der Sprache der Mathematik abstrakt gefaßt sind, physikalisch anschaulich interpretieren können.
- Exemplarisch müssen Modelle zur Erklärung physikalischer Phänomene entwickelt sowie die Gültigkeitsgrenzen der Modelle aufgezeigt werden.

Der einführende Physikunterricht soll einen allgemeinen naturwissenschaftlichen Bildungsprozeß darstellen. Dies setzt einen kontinuierlichen, frühzeitig beginnenden Physikunterricht voraus.

In einem weiterführenden Physikunterricht sollten die Schüler auch in die grundlegenden Vorstellungen der modernen Physik eingeführt werden. Die Quantentheorie und die Relativitätstheorie, zusammen mit der Kosmologie, gehören unabweisbar zu einem modernen naturwissenschaftlichen Weltbild. Unsere heutige Zivilisation, die weitgehend von der Technik geprägt und von ihr abhängig ist, war erst durch die technologische Umsetzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse möglich. Bezüge zu technischen Anwendungen aufzuzeigen, gehört somit ebenfalls zu einem verantwortungsvollen Physikunterricht. Darüber

hinaus sollten aber auch exemplarisch wichtige technologische Probleme der Gegenwart und der Zukunft und mögliche Lösungen angesprochen werden. Zu diesem Bereich gehören beispielsweise Probleme der Energieversorgung, der Verkehrs- und Kommunikationstechnik und Computeranwendungen.

Viele Themen der Physik bieten sich an, in fachübergreifenden Fragestellungen aufgegriffen zu werden, z.B. physikalische Gesetze der Akustik in der Musik, optische und elektrische Gesetze in der Biologie, Gesetze der Atomphysik in der Chemie oder erkenntnistheoretische Fragestellungen in der Religion oder Philosophie. Wie im folgenden Absatz dargelegt, wird dabei hohe Sachkompetenz in den einzelnen naturwissenschaftlichen Fächern vorausgesetzt.

2.5 Fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht

Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht wird in Unterrichtsfächern erteilt, die sich an die wissenschaftlichen Disziplinen Mathematik, Biologie, Chemie, Physik anlehnen und deshalb auch deren fachspezifische Methoden vermitteln. Das disziplinäre Fachwissen ist die verlässliche Basis, auf der aufbauend fachübergreifendes Lernen dazu beiträgt, Problemstellungen aus Natur und Technik in ihrer Komplexität und Verflechtung begreifbar zu machen. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht wird damit seiner Bildungsaufgabe gerecht, fachspezifisches Wissen mit Perspektiven anderer Disziplinen zu verknüpfen. So wird auch eine allgemeine Umwelt- und Gesundheitskompetenz ermöglicht. Das ist nicht nur auf den mathematischen und naturwissenschaftlichen Bereich zu beschränken, sondern sollte letzten Endes so mit weiteren Disziplinen verbunden werden, daß das gesamte Lebensumfeld der Lernenden mit einbezogen wird. Die exemplarische Betonung geschichtlicher Aspekte der Naturwissenschaften und der Technik macht zudem deutlich, wie die Naturwissenschaften Weltbild und Lebensbedingungen im Laufe der Entwicklung unserer Zivilisation geprägt haben und weiterhin prägen.

Es ist in der Sekundarstufe unverzichtbar, auch die weitergehenden Formen fachübergreifenden Arbeitens exemplarisch in sinnvollem Zusammenhang mit grundlegendem Fachunterricht zu realisieren. Anzustreben ist, in kleineren oder größeren Zeitabständen fächerverbindend zu arbeiten, wodurch die charakteristischen Denkstrukturen und Arbeitsweisen der jeweiligen Fächer besonders deutlich werden.

Fachübergreifender Unterricht fordert von den Lehrkräften neben erhöhtem Planungs- und Koordinationsaufwand Sicherheit in den von ihnen unterrichteten Fächern und Überblick in den Nachbarfächern sowie die Beherrschung eines breiten Repertoires fachdidaktischer und unterrichtsmethodischer Vorgehensweisen. Deshalb können die Ziele des fachübergreifenden Unterrichts weder durch den Einsatz fachfremder Lehrkräfte noch durch Zusammenlegung der drei naturwissenschaftlichen Fächer zu dem Konstrukt "Naturwissenschaft" erreicht werden.

3 Entwicklung einer nachhaltigen Unterrichtskultur

Lernen und Lehren in Mathematik und in den naturwissenschaftlichen Fächern kann nur dann nachhaltig erfolgreich werden, wenn es auf den Grundsätzen der Selbsttätigkeit und des aktiven Aneignens sowie auf einer dies fördernden Unterrichtsgestaltung aufbaut. Lernen und Verstehen spielen sich dabei in einem komplexen Feld ab, das mathematische, biologische, chemische oder physikalische Gegenstände ebenso umfaßt wie reale Kontexte, individuelle kognitive Strategien und darauf bezogene Grundvorstellungen. Daneben gehören zur Unterrichtsgestaltung:

- selbständige und aktive Beschäftigung mit den Unterrichtsgegenständen,
- inhaltliches Argumentieren und Problemlösen,
- systematisches Wiederaufgreifen und Vernetzen von Inhalten.

Das im letzten Punkt genannte Vernetzen enthält dabei sowohl das Herstellen innerfachlicher Beziehungen wie auch die Anbindung mathematischer bzw. naturwissenschaftlicher Themen an Alltags- und Umwelterfahrungen; dieses fachübergreifende Lernen hat auf allen Schulstufen seinen sinnvollen Platz.

Die Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts erfordert somit weitere begrifflich-theoretische fachdidaktische Forschung wie auch eine offene, kritische und wissenschaftlich begleitete empirische Erprobung neuer Unterrichtsansätze.

4 Rahmenbedingungen für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht in der Schule

Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht kann seinen vielfältigen Bildungsaufgaben nur gerecht werden, wenn folgende Rahmenbedingungen erfüllt sind:

- Mathematik und Naturwissenschaften benötigen als wesentlicher Bestandteil zeitgemäßer Bildung zusammen etwa ein Drittel der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit.
- Während etwa in Fremdsprachen der erhöhte Stundenbedarf des Anfangsunterrichts allmählich zurückgeführt werden kann, ist für Mathematik wegen der Kohärenz der Sachgebiete und des steigenden Abstraktionsniveaus auch in höheren Klassenstufen ein Umfang von durchgehend vier Wochenstunden notwendig.
- In den drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik muß der Unterricht möglichst früh einsetzen und dann ohne Unterbrechung mit mindestens jeweils zwei Wochenstunden bis zum Ende der Schulzeit bzw. bis zum Einsetzen des Kurssystems der gymnasialen Oberstufe fortgeführt werden.
- Auch in der gymnasialen Oberstufe kann die notwendige Breite der naturwissenschaftlichen Bildung nur durch die Belegung von mindestens zwei der drei Fächer Biologie, Chemie und Physik sichergestellt werden. Zusätzlich ist es unbedingt erforderlich, fachübergreifendes Arbeiten auch im Kurssystem der Oberstufe zu stärken.

Im naturwissenschaftlichen Unterricht müssen die organisatorischen Bedingungen für eine methodisch und sicherheitstechnisch verantwortbare Durchführung von Schülerexperimenten geschaffen bzw. in Hinblick auf die heute üblichen großen Klassenfrequenzen neu bedacht werden.

Nach den Befunden von TIMSS gehören die deutschen Lehrer im internationalen Vergleich zu den ältesten. Die Kultusverwaltungen müssen unbedingt dafür Sorge tragen, daß eine angemessene Altersstruktur der Fachlehrer wieder hergestellt wird. Daher ist heute die verstärkte Neu-Einstellung junger Kolleginnen und Kollegen unbedingt notwendig. Nur so kann dem kommenden "Schülerberg" und dem absehbaren Fachlehrer-Mangel Rechnung getragen und das unverbrauchte Engagement sowie das Innovationspotential der jungen Kolleginnen und Kollegen für die Schule nutzbar gemacht werden.

Die Schulen müssen mit sicherheitsgerechten Fachräumen sowie ausreichend mit Geräten für Demonstrations- wie für Schülerexperimente ausgestattet werden. Neben der Erstausrüstung muß auch die laufende Ergänzung finanziert werden, die durch Innovationen, aber auch durch Verschleiß und Verbrauch notwendig wird. Es muß sichergestellt sein, daß die notwendigen Sachmittel zweckgebunden zur Verfügung stehen. Eine Unterrichtsstunde, die an Personalkosten größenordnungsmäßig mit etwa 100 DM zu Buche schlägt, darf in ihrem Erfolg nicht daran scheitern, daß einige wenige Mark an Sachmitteln fehlen. Für den laufenden Bedarf des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts sind Sachmittel in der Größenordnung von 5 % der Personalkosten notwendig.

Daneben müssen Investitionen für die Nutzung von Multimedia und modernen Kommunikationsmitteln bereitgestellt werden.

5 Lehrerausbildung und Lehrerfortbildung

Die zweiphasige Lehrerausbildung hat sich im Prinzip bewährt. Allerdings muß unbedingt eine engere Verzahnung der beiden Phasen erreicht werden. Die Ausbildung soll auch weiterhin gleichgewichtig in zwei Fächern erfolgen. Dabei soll wegen der Notwendigkeit fachübergreifenden Arbeitens der Kombination zweier Naturwissenschaften oder einer Naturwissenschaft mit Mathematik unbedingt der Vorrang gegeben werden.

Die **erste Phase** der Lehrerausbildung muß für alle Lehrämter an einer wissenschaftlichen Hochschule stattfinden, damit die künftigen Lehrerinnen und Lehrer die für ihre spätere Tätigkeit notwendige wissenschaftliche Qualifikation erhalten. Zu dieser wissenschaftlichen Qualifikation gehören die fachwissenschaftliche, die fachdidaktische und die erziehungswissenschaftliche Komponente.

Im fachwissenschaftlichen Teil muß sowohl bei einer schulstufenbezogenen als auch bei einer schulformbezogenen Ausbildung zumindest während des Grundstudiums (bis zum Vorexamen) ein gemeinsamer Kernbestand an Vorlesungen, Übungen, Praktika und Seminaren zwischen dem Studiengang für das Lehramt für die Sekundarstufe II bzw. dem Studiengang für das Lehramt an Gymnasien einerseits und dem Diplomstudiengang andererseits vorhanden sein. Durch eine solche gemeinsame fachwissenschaftliche Grundausbildung wird zumindest für die ersten Semester ein Wechsel ohne wesentlichen Zeitverlust zwischen den Lehramts- und Diplomstudiengängen ermöglicht. Auch ein Wechsel zwischen den Lehramtsstudiengängen für die Sekundarstufe I und die Sekundarstufe II bzw. für die Realschule und das Gymnasium sollte möglich bleiben. Im zweiten Teil des Fachstudiums wird dann sicher eine berufsbezogenere Akzentuierung notwendig sein. Als gemeinsame Forderung für die beiden Teile des Studiums ist insbesondere auch für den Lehramtsstudiengang zu fordern, daß für die Studierenden jeweils relativ abgeschlossene Lehrangebote deutlich werden.

Die bisherige Erfahrung zeigt, daß für die Ausbildung der Hauptschullehrer - unabhängig von Anspruch und Wissenschaftlichkeit der Ausbildung - eigenständige Konzeptionen notwendig sind, bei denen erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Aspekte gegenüber der Fachwissenschaft eine größere Rolle spielen.

Die fachdidaktische Ausbildung soll den künftigen Lehrer in die Lage versetzen, Bedeutung und Ziele des Unterrichtsfaches zu reflektieren und zu legitimieren, wissenschaftliche Erkenntnisse über fachbezogene Lernprozesse zu gewinnen, an der Auswahl und der didaktischen Rekonstruktion von Fachinhalten verantwortlich teilzuhaben und adäquate methodische Wege zu finden, zu begründen und selbst zu gestalten. Dieser Anspruch kann nur durch eine wissenschaftliche Vertretung der Fachdidaktik an den Hochschulen in Forschung und Lehre sichergestellt und erhalten werden; daher ist die Einrichtung bzw. der Erhalt solcher Professuren unabdingbar. Zugleich ist eine effektive Kooperation mit den Studienseminaren und Schulen durch zeitlich begrenzte Abordnungen oder Lehraufträge sicherzustellen. Sowohl in der fachwissenschaftlichen wie in der fachdidaktischen Ausbildung müssen in Zukunft von Seiten der Hochschulen verstärkt fachübergreifende Lehrinhalte berücksichtigt und angeboten werden, damit die Lehrer das vernetzende Denken selbst erlernen, das sie später an die Schüler vermitteln sollen.

Zum erziehungswissenschaftlichen Teil des Studiums gehören neben den philosophischen und soziologischen, den pädagogischen und allgemein-didaktischen Fragen insbesondere die Vorbereitung und die Mitbetreuung der Schulpraktika. Diese dienen dem Einblick in den Arbeitsbereich eines Lehrers, der Berufsfeldorientierung sowie der Sicherung der Berufsentscheidung. Sie müssen von der Hochschule begleitet und mit der zweiten Phase der Lehrerausbildung abgestimmt sein.

In der **zweiten Phase** der Lehrerausbildung sollen die künftigen Lehrer dazu befähigt werden, den gewählten Beruf eigenständig und verantwortlich ausüben zu können. Dazu gehören die

Entwicklung des Rollenverständnisses als Lehrer und das Kennenlernen der Struktur von Schule. Dies bedarf einer eingehenden Reflexion und Einübung der entscheidenden Tätigkeitsfelder im Lehrerberuf: Unterrichten, Erziehen, Beurteilen, Beraten sowie allgemein die Mitwirkung am Leben einer Schule. Aufgabe der Studienseminare ist dabei sowohl die Vermittlung der notwendigen "handwerklichen" Fertigkeiten als auch die qualifizierte Unterstützung zur Entwicklung selbständigen Handelns in den genannten Tätigkeitsfeldern. Eine ganz wesentliche Rolle spielt dabei die Entfaltung und Stärkung der experimentellen Kompetenz des angehenden Lehrers. Hinzu kommt die Fähigkeit, die immer komplexer und für Laien unverständlicher, gleichwohl aber wichtiger werdenden Erkenntnisse seiner Fächer für den Unterricht aufzuarbeiten und so den Lernenden zugänglich zu machen. In der zweiten Phase der Lehrerbildung sollen auch die Team- und Kooperationsfähigkeit gestärkt werden, um so die Zusammenarbeit im Lehrerkollegium zu stärken und das Aufzeigen und Erarbeiten von wichtigen Querverbindungen zu anderen Fächern im Unterricht anzulegen und weiterzuentwickeln.

In der Lehrerausbildung müssen auch die Grundlagen für die Fähigkeit und Bereitschaft zu ständiger pädagogischer, didaktischer und fachwissenschaftlicher **Fortbildung** angelegt werden. Nur durch regelmäßige Fortbildung ist es möglich, daß der Lehrer kompetenter Gesprächspartner seiner Schüler bleibt. Neben der zu intensivierenden Arbeit der Lehrerfortbildungseinrichtungen in den Ländern müssen auch die Ressourcen der Hochschulen, der Studienseminare und die Fortbildungsangebote freier Träger besser koordiniert und stärker als bisher genutzt werden. Die dort in manchen Bereichen bereits laufenden Einzelveranstaltungen müssen durch Vorlesungsreihen, Workshops, Seminare, Praktika o.ä. für Lehrkräfte ergänzt werden.

Schon die Art des Wissenserwerbs und der Arbeit in der Fortbildung muß eine wegweisende Akzentsetzung auch für bislang ungewohnte Formen der Arbeit im Unterricht aufzeigen (siehe Ziffer 3). Zudem muß die Themenauswahl auch im Hinblick auf das deutlich gestiegene Durchschnittsalter der Lehrerschaft und den damit einhergehenden größeren Abstand zur ersten und zweiten Ausbildungsphase getroffen werden: Dies tangiert gleichermaßen fachliche wie fachdidaktische und auch pädagogische Fragestellungen. Zur Erhaltung und zur Optimierung der Berufsfähigkeit, die das Ziel der Lehrerfortbildung darstellt, muß die Möglichkeit zur regelmäßigen Teilnahme an Fortbildungsveranstaltungen verbessert und die Verpflichtung dazu verbindlicher als bisher geregelt werden.

Bonn, im Mai 1998

Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (MNU)
OStD W. Asselborn

Mathematisch-naturwissenschaftlicher Fakultätentag (MNFT)
Prof. Dr. Dr. G. Berg

Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ)
Prof. Dr. D. Ganten

Deutsche Mathematiker-Vereinigung (DMV)
Prof. Dr. K.-H. Hoffmann

Verband Deutscher Biologen (VDBiol)
Prof. Dr. K. Daumer

Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)
Dr. E. Meyer-Galow

Deutsche Physikalische Gesellschaft(DPG)
Prof. Dr. A. M. Bradshaw

Arbeitsgemeinschaft Fachdidaktik der Naturwissenschaften und der Mathematik (AFNM)
Prof. Dr. H. Schmidt

Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (GDM)
Prof. Dr. W. Blum

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und der Physik (GDChP)
Prof. Dr. L. Schön