

Hansjoachim Lechner

Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern – Bedingungen und Möglichkeiten

*Naturwissenschaftliche Bildung in unserer Gegenwart fordert, sich ein Grundwissen über Naturwissenschaften erarbeitet zu haben, das sowohl motiviert als auch befähigt, es zu erweitern, um es bei naturwissenschaftlichen bedeutenden Entscheidungen aller Art in verantwortlichem Handeln wirksam werden zu lassen.*¹

Dies berücksichtigt, dass die Meinung von Experten nur von denjenigen in Erwägung gezogen werden, die aufgrund ihrer naturwissenschaftlichen Kenntnisse imstande sind, sich damit auseinander zu setzen.

Die in der allgemein bildenden Schule in Deutschland erreichte naturwissenschaftliche Bildung ist bezogen auf die Mehrzahl der Schülerinnen und Schüler nicht ausreichend, wie die Ergebnisse u.a. der TIMS-Studie und der PISA-Studie gezeigt haben. Im Zusammenhang mit der Auswertung der Erkenntnisse aus der TIMS-Studie werden die Ziele der naturwissenschaftlichen Fächer wie folgt beschrieben:

Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern in der allgemein bildenden Schule muss ausgerichtet sein auf die Grunddimension naturwissenschaftlicher Bildung und nicht vordergründig auf die Vermittlung spezieller Inhalte als Grundlage für die Ausbildung in Berufen mit naturwissenschaftlichen Aspekten.

Doch dies ist differenziert zu betrachten. In der Sekundarstufe I gilt diese Aussage uneingeschränkt, in der Sekundarstufe 2 geht es für die Teilnehmer der naturwissenschaftlichen Grundkurse um die weitere Ausprägung der Grunddimension während es in den Leistungskursen zusätzlich um die Ausprägung spezifischer Denk- und Arbeitsweisen und Inhalte der einzelnen Wissenschaften mit dem Ziel der Vorbereitung auf ein Studium der Naturwis-

1 In Anlehnung an: J. Willer, 1990.

senschaften oder ein Studienfach mit naturwissenschaftlichen Anteil oder Aspekten geht.

Die *Grunddimension* von naturwissenschaftlicher Grundbildung sind (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2001, 21):

- Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Konzepte und Prinzipien,
- Kenntnis der Interdependenz von Naturwissenschaften und Technik,
- Verständnis der Grundzüge naturwissenschaftlichen Denkens,
- epistemologische Vorstellungen von der konstruktiven Natur der Naturwissenschaften sowie Kenntnis ihrer Stärken und Grenzen,
- Anwendung von naturwissenschaftlichem Wissen auf Sachverhalte des persönlichen und sozialen Lebens und die Entwicklung persönlichen und gesellschaftlichen Verantwortungsbewusstseins,
- Vertrautheit mit der natürlichen Welt und Kenntnis ihrer Verschiedenheit und Einheit.

Da die am Ende der Schullaufbahn erworbenen naturwissenschaftlichen Kompetenzen eine wichtige Komponente moderner, zukunftsfähiger Allgemeinbildung ist, die gleichzeitig regulative Bedeutung für die Berufswahl und den Übergang in die berufliche Erstausbildung hat, wirken die Defizite bei der Aneignung der naturwissenschaftlichen Grundbildung gesamtgesellschaftlich.

Die Probleme in den naturwissenschaftliche Fächer sind in der allgemein bildenden Schule gekennzeichnet durch (ebd., 86):

- große Leistungsheterogenität,
- große Diskrepanz zwischen der angezielten Kompetenz und dem erreichten Fähigkeitsniveau,
- mangelnde Kumulation des Wissens.

Und besonders zutreffend für Physik und Chemie:

- geringes Interesse der Schülerinnen und Schüler,
- Mädchen trauen sich zu wenig zu.

Die erfassten Defizite in der naturwissenschaftlichen Bildung sind Ergebnis der gegenwärtig in den naturwissenschaftliche Fächer in der allgemein bildenden Schule ablaufenden Lernprozesse.

Was sind Gründe für diese Defizite?

- Gegenwärtig wie in der Vergangenheit werden und wurden die Lehrpläne und Rahmenprogramme von administrativer Stelle als entscheidende Ursachen für die nicht ausreichende naturwissenschaftliche Bildung der Schülerinnen und Schüler angesehen. Sie wurden häufig oder weniger häufig ersetzt, ausgewechselt, ohne durchgreifende Erfolge.

- Weniger im Blickpunkt waren die Lehrerbildung und die Lehrerfortbildung ebenso wie die methodisch-didaktische Gestaltung des Unterrichts.

Das professionelle Handeln der Lehrkräfte entscheidet ganz wesentlich über die Qualität der Ausbildung der jungen Generation. Diese Erkenntnis wird in allen Diskussionen von allen Seiten bekräftigt. Doch umfassende Veränderungen in der Lehrerbildung und der Lehrerfortbildung scheiterten immer wieder. Ein konsequentes Ausrichten an der Komplexität professioneller Lehrtätigkeit unter Beachtung der Altersbesonderheiten der Schülerinnen und Schüler kam bisher nicht zustande.

Befähigung der Lehrenden

So ist zwar die Ausbildung in Deutschland auf Universitätsniveau angehoben worden, aber dies hat dazu geführt, dass für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Disziplinen die Spezifität des Lehrberufs in der Ausbildung gegenüber der Ausbildung in den Naturwissenschaften für Forschung und Industrie kaum Berücksichtigung findet. „Der naturwissenschaftliche Lehrer muss zuerst ein exzellenter Fachmann sein“, so die Feststellung der meisten Hochschullehrer an den zuständigen Fakultäten. Daraus wird fälschlicher Weise abgeleitet, dass ein umfangreiches Fachstudium – gleich nach Inhalt und Organisation mit dem der „NUR-Fachwissenschaftler“ – eine notwendige Grundlage für den naturwissenschaftlichen Lehrer ist. Dabei wird negiert, dass der Lehramtsanwärter für zwei Fächer eine eingeschränkte Studienzeit im Vergleich zum Dipl.-Naturwissenschaftler hat, da er in der Regel zwei Fachdisziplinen sowie die pädagogisch, psychologisch und fachdidaktischen Studien in der gleichen Zeit wie der „NUR-Naturwissenschaftler“ absolvieren muss.

Dies hat auf die Ausbildung katastrophale Auswirkungen, da die Lehramtsanwärter im Wesentlichen nur das Grundstudium in der jeweiligen Wissenschaft absolvieren können (aus Zeitgründen), welches in der Regel sehr stark rezeptiv aufgebaut ist. Kreativität in der Beschäftigung mit den Inhalten der zu studierenden Wissenschaften, die in entsprechenden Studienabschnitten in den Naturwissenschaften dem Grundstudium folgen, lernen sie kaum oder gar nicht kennen. Somit erhalten sie in sehr eingeschränktes Bild von der dem Unterrichtsfach zugrunde liegenden Wissenschaft.

Den eigenen Unterricht als Schüler und die Referendarzeit haben die meisten Lehrenden als Widerspiegelung des gegenwärtigen naturwissenschaftlichen Unterrichts erfahren, für den in Auswertung von TIMSS konsta-

tiert wird, dass – im erfassten Physikunterricht – in ihm eher rezeptive Formen überwiegen.

So ist es kaum verwunderlich, dass Ansätze eines *selbstständigen Lernens* der Schülerinnen und Schüler *vom Lehrer unterschätzt* und damit auch *nicht organisiert* werden.

Bedingungen für die Aneignung naturwissenschaftlicher Bildung

Die geringe Stundenzahl für das einzelne naturwissenschaftliche Fach pro Woche ist kontraproduktiv zur Aneignung einer naturwissenschaftlichen Bildung, wie sie durch die Grunddimension der naturwissenschaftlichen Bildung beschrieben ist. Sie beträgt in Biologie, Chemie und Physik in der Regel zwei Stunden a 45 Minuten in der Sekundarstufe 1 und dies nicht in allen Schuljahren. Zwischen diesen Beschäftigungen in dem jeweiligen naturwissenschaftlichen Fach unterliegen die Schülerinnen und Schüler vielfältigen, nicht naturwissenschaftlich geprägten Einflüssen durch den Unterricht in anderen Fächern und durch außerschulische Betätigung. So ist eine erfolgreiche Aneignung der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und der weiteren Inhalte stark behindert. Die Inhalte im Arbeitsgedächtnis werden gelöscht, bevor durch weiteres Arbeiten die Inhalte in die Strukturen des Langzeitgedächtnisses eingegliedert werden. Die rein zeitliche Beschäftigung der Lernenden ermöglicht nicht, sich die notwendigen Denk- und Arbeitsweisen anzueignen und das Wissen im Langzeitgedächtnis mit den vorhandenen Strukturen zu vernetzen., da die Abstände zwischen den Beschäftigungen mit den Inhalten zeitlich zu lang sind und die Flut anderer Einflüsse und Eindrücke in diesen Zwischenräumen zu groß ist, um produktiv an Erarbeitetes anzuknüpfen. Ein Bemühen des Lehrenden um erfolgreiches selbstständiges Lernen kann für die Mehrzahl der Schülerinnen und Schüler nicht wirksam werden.

Der Ausweg besteht bei Beibehaltung des Stundenkontingents der einzelnen Fächer im zeitlich geblockten Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer, d.h. der Unterricht erfolgt zeitlich nacheinander aber in den jeweiligen Lernperioden mit der Gesamtzahl der naturwissenschaftlichen Fächer. In Baden-Württemberg werden im Rahmen der Bildungsplanreform 2004 affinen Fächern, z.B. den naturwissenschaftlichen Fächern, ein Stundenpool zu Verfügung gestellt, der von den Schulen entsprechend den örtlichen Bedingungen eigenständig genutzt werden soll. Ein solches Vorgehen der durchgängigen Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Inhalten aber mit nur jeweils einen Lerngegenstand verbessert nicht nur die Bedingungen für ein erfolgreiches Lernen der Schülerinnen und Schüler sondern ermöglicht auch dem

Lehrenden durch die Konzentration auf insgesamt weniger Schülerinnen und Schüler individuelle Stärken und Schwächen der Lernenden besser zu erfassen und sie produktiv zu nutzen (Lechner, H. 1993a, 229).

Gesellschaftliches Umfeld

Physik und auch Chemie sind als Unterrichtsfach wenig beliebt bei den Schülerinnen und Schülern. So ist es für weniger als 40 Prozent der deutschen Schülerinnen und Schüler *wichtig*, dass *die Freundin/der Freund gut in Naturwissenschaften* ist, in Singapur, Japan und England sind es über 80 Prozent. In Deutschland wird diese Meinung auch in der Gesellschaft vertreten. Eine ähnliche Situation wie in Deutschland ist in Österreich und in der Schweiz zu beobachten. Für die Fächer Mathematik, Sprachen und Sport sind die Unterschiede zwischen den Ländern wesentlich geringer und liegen überall über 70 Prozent (Beaton et al. 1996, 104). „Ohne langfristige Veränderung in der gesellschaftlichen Wahrnehmung von Naturwissenschaften und Technik werden manche fachunterrichtlich fixierte Verbesserungsansätze ins Lee-re laufen“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2001, 96).

Naturwissenschaftliche Bildung

Bildung durch die Naturwissenschaften darf nicht allein auf die Vermittlung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zielen, sondern zugleich auf die Bereitschaft, solche Erkenntnisse verantwortungsbewusst einzusetzen (Willer 1990, 291).

Daraus lassen sich folgende *Handlungsfelder* ableiten (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2001, 91):

- Betonung des verstehenden Lernens, d.h. begriffliche Durchdringung naturwissenschaftlicher Sachverhalte, und des Problemlösens,
- Veränderung der Aufgabekultur,
- Vernetzung der Unterrichtsinhalte, sowohl *horizontal* durch fächerverbindende Arbeiten als auch *vertikal* über die Abfolge der Themen,
- Interesse wecken und Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit stärken,
- Unterrichtsabläufe variantenreicher gestalten.

Das Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern muss dadurch gekennzeichnet sein, dass der Lernende sich aktiv mit den Erscheinungen und Situationen der Natur und der Technik auseinandersetzt. Das Beobachten und das Experimentieren sind wesentliche Tätigkeiten, die die Grundlage für Erklärungen und Voraussagen bilden. Genutzt werden naturwissenschaftliche

Begriffsbildungen, erkannte Gesetze und Theorien und der Umgang mit Modellen. Damit werden die Naturwissenschaften nicht nur als Leistungen des Entdeckens sondern auch als Konstruktionsleistung wahrgenommen.

Erklärungen und Voraussagen durch die Schülerinnen und Schüler sind Indikatoren für die vom Lernenden konstruierten Begriffs-Strukturen und Theorien.

In der Praxis ist zu konstatieren, dass *Alltagsvorstellungen* zu naturwissenschaftlichen Sachverhalten sehr resistiv sind, die durch den gegenwärtigen Unterricht wenig erschüttert werden. Ein Grund ist darin zu suchen, dass die Kinder schon sehr früh anfangen, sich mit Erscheinungen der Natur und der Technik zu beschäftigen, sie aber in diesem Prozess sehr häufig allein gelassen werden. Der Sachunterricht in der Grundschule schafft zu wenig entsprechende Lernsituationen, der Einsatz des Fachunterrichts erfolgt in den meisten Bundesländern in einer Zeit, in dem das Interesse an naturwissenschaftlichen und technischen Fragestellungen schon wieder nachlässt und die Schülerinnen und Schüler sich eigene „Theorien“ sprich Alltagsvorstellungen gemacht haben und diese zur Lösung anstehender Aufgaben auch erfolgreich einsetzen können.

Für eine erfolgreiche naturwissenschaftliche Bildung der Mehrzahl der Schülerinnen und Schüler ist neben realistischen curricularen Zielen eine adäquate methodisch-didaktische Gestaltung des Unterrichts entscheidend. Dabei muss der Faktor Schüler mindestens die gleiche Bedeutung haben wie der Faktor Sachstruktur der Wissenschaft. Das gegenwärtig im naturwissenschaftlichen Unterricht vorherrschende illustrativ-erläuternde Vorgehen wird dieser Forderung nicht gerecht. Es wird deshalb für den naturwissenschaftlichen Unterricht ein *die Interessen der Schülerinnen und Schüler berücksichtigende und ihre Aktivität förderndes Vorgehen* (Lechner et al 1992, 287) gefordert, dass den Lernenden als Subjekt im naturwissenschaftlichen Unterricht berücksichtigt. Dieses didaktisch-methodische Vorgehen ist gekennzeichnet durch:

- Selbstständiges Zielformulieren (Zielantizipation),
- Einbringen eigener Ideen,
- Vielfältiges Üben naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen:
 - z.B. Messen naturwissenschaftlicher Größen,
 - Experimentieren mit
 - selbstständigem Planen experimentell prüfbarer Fragen (Varianten),
 - selbstständigem Auswerten,
 - Aufstellen von weiteren Folgerungen,

- Phasen kooperativer und kommunikativer Lernarbeit (verschiedene Formen der Gruppenarbeit, Ergebnisse der Gruppenarbeit vortragen und verteidigen),
- Komplexe Anwendungsstrecken mit Entscheidungsfreiheit für den Lernenden:
 - Kooperatives Erarbeiten von Themen,
 - Präsentation in Form von Vorträgen, Schautafeln usw.,
 - physikalisches Praktikum.

Das bedeutet für den Lehrenden als Organisator des Lernprozesses:

- Gestaltung motivierender Sachverhalte,
- Gestaltung einführender Problemsituationen, mit Bezug zur Interessenssphäre der Lernenden,
- Bewusstmachen der zu bearbeitenden Fragen,
- Verbindung von Neuerarbeitung und Festigung, Gelerntes wird verwendbar/ist nützlich,
- Auslösen anspruchsvoller Lernhandlungen unter Beachtung von Realisierungsgewissheit und Erfolgswahrscheinlichkeit (Problembearbeitungen).

In Langzeituntersuchungen der IFG der naturwissenschaftlichen Didaktiker an der HUB (Lechner et al 1995) konnte nachgewiesen werden, dass eine solche Unterrichtsgestaltung bessere Ergebnisse bezüglich der naturwissenschaftlichen Bildung der Schülerinnen und Schüler ermöglicht. Unterrichtsbegleitende Fortbildungsmaßnahmen halfen den Lehrenden, die neuen Anforderungen zu bewältigen. Sie verstanden sich im Prozess der Untersuchung immer mehr als Organisatoren und Helfer des Lernprozesses der Schülerinnen und Schüler und weniger als Vermittler naturwissenschaftlicher Kenntnisse.

In der TIMS-Studie wurde festgestellt, dass *Kompetenz und Sachinteresse korrelieren* (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2001, 91). Dies ist besonders wichtig unter dem Aspekt des Geschlechtes der Lernenden. Die gesellschaftliche Meinungsbildung spielt dabei eine nicht unbedeutende Rolle. So geben über 50 Prozent der Schülerinnen und Schüler der 9.Klasse an, dass Physik ein Jungenfach sei.

Beobachtungen im Unterricht zeigen, dass der illustrativ-erläuternde Unterricht im Gegensatz zum interessenberücksichtigenden und aktivitätsfördernden die Jungen gegenüber den Mädchen bevorteilt. Durch zeitweise monoedukative Unterrichtsweise im Anfangsunterricht kann das naturwissenschaftliche Selbstkonzept der Mädchen verbessert werden und dieses ist dann bei veränderter Unterrichtsgestaltung auch in koedukativen Lernsituati-

onen weitgehend stabil (Lechner 1993b, 86). Daraus leitet sich die Forderung ab, dass im Anfangsunterricht die unterschiedlichen Voraussetzungen von Mädchen und Jungen bei der Aneignung der naturwissenschaftlichen Bildung (Chemie, Physik) stärker bei der Organisation des Lernprozesses zu beachten sind.

Insgesamt „gehört naturwissenschaftliches Denken zu den konstitutiven Bestandteilen unserer Kultur. Naturwissenschaftliche Erkenntismethoden und Deutungsmuster ermöglichen eine rationale Weltsicht, die zu den großen Menschheitsleistungen zählt. Ohne diese Denkweisen zumindest probeweise erfahren zu haben, wäre auch eine reflektierte geistes- oder sozialwissenschaftliche Spezialisierung nicht möglich“ (Arbeitsgemeinschaft 1998, These 10). Somit muss „der Unterricht in Biologie, Chemie und Physik es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, die naturwissenschaftliche Perspektive zu einem Teil ihres Selbst- und Weltverständnisses zu entwickeln und in der Gesellschaft als Experten und Laien über naturwissenschaftliche Sachverhalte zu kommunizieren“ (ebd., 4.Fazit).

Warum sind die Forschungen zum Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächer so wenig praxiswirksam?

Bei der experimentellen Forschung zum Lernen des Heranwachsenden kann unterschieden werden in

- Untersuchungen unter Laborbedingungen (wie sie insbesondere in der Psychologie üblich sind) und
- Untersuchungen unter „schulischen“ d.h. realen Bedingungen.

Bei letztgenannten Untersuchungen sind Zustandbeschreibungen (wie in der Soziologie) zwar aufwändig, aber gut ausführbar. Zu nennen sind hier für die Naturwissenschaften z.B. die Untersuchungen zu den Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler.

Wirksamkeitsuntersuchungen durch gezieltes Setzen von Bedingungen, Strukturierung von Inhalten, Ausführen bestimmter Tätigkeiten usw. werden für abgegrenzte Themen meist durch Prae- und Posttest erfasst. Fast immer bleibt die Entwicklung – die Vita – des Untersuchungsgegenstandes – „des Lernenden“ und die eigentlich notwendigen Lernbedingungen (z.B. Wochenstunden, Geschlecht, außerschulische Aktivitäten) unberücksichtigt. Somit sind diese wichtigen Untersuchungen nur bedingt aussagefähig für die Komplexität des Lernens in der Schule. Die oft gehörte Meinung, der Lehrende

muss die Erkenntnisse unter seinen spezifischen Bedingungen umsetzen, ist nur ein Abschieben der Verantwortung auf den Lehrer.

Wenn wir davon ausgehen, dass der Lernende sich sein naturwissenschaftliches Weltbild und das damit zusammenhängende Wissen individuell auf der Basis der von der Schule und darüber hinaus organisierten Lernsituationen aufbaut und strukturiert, so ist es für die Interpretation von Ergebnissen der experimentellen Forschung wichtig, mit welchen Situationen und auf welche Weise die Schülerinnen und Schüler von Beginn an konfrontiert waren. Dazu ist ein Tagebuch zur Beschäftigung des Schülers/der Schülerin über alle Schuljahre notwendig.

Da es wichtig ist, ob gesicherte allgemeingültige und anerkannte Forschungsergebnisse bei der Gestaltung des Unterrichtsprozesses der Untersuchenden auch umgesetzt wurden, ist es notwendig, wenigstens über mehrere Schuljahre hinweg dem Lernenden einen solchen Unterricht zu ermöglichen.

Forschungsschulen können solche Bedingungen gewährleisten. Das Ziel an Forschungsschulen besteht darin, für Detailuntersuchungen Populationen zur Verfügung zu haben, die in ihrer Entwicklung weitgehend beschreibbar sind und auch günstige Lernbedingungen sowohl organisatorischer als auch didaktisch-methodischer Art hatten.

So reagiert z.B. eine Population, die vorwiegend illustrativ-erläuternde Unterrichtsgestaltung erfahren hat, nicht typisch auf spezielle Maßnahmen zum selbstständigen Lernen.

Die gegenwärtige Praxis der geringen Stundenzahl pro Woche lässt nur ganz eingeschränkt Aussagen über die Wirksamkeit neuer didaktisch-methodischer oder auch inhaltlich-strukturierter Veränderungen zu.

Soll Forschung nicht nur zu akademischer Diskussion führen sondern im Sinne von Applikations-Forschung zu Veränderungen bei der naturwissenschaftlichen Bildung der Heranwachsenden führen, so muss das Kompetenzgerangel bezüglich des Aufbaus von Experimentierbedingungen in Form von Forschungsschulen zwischen staatlichen Aufsichtsbehörden für Schule und Forschungseinrichtungen aufhören im Interesse der Zukunft der jungen Generation.