

Expertise

zu Naturwissenschaft und Technik

in der Allgemeinbildung

im Kanton Zürich

Eingereicht am 8. Juli 2009 durch das
Zürcher Hochschulinstitut für Schulpädagogik und Fachdidaktik (ZHSF)

Vertreten durch
Prof. Dr. Elsbeth Stern, Vorsitzende der Institutsleitung des ZHSF

Forschung

ZHSF
Beckenhofstrasse 35
CH-8006 Zürich

T +41 43 305 66 15
F +41 43 305 66 56

www.zhsf-edu.ch

INHALTLICHE VERANTWORTUNG

Bereich obligatorische Schulzeit:

Prof. Dr. Susanne Metzger (Pädagogische Hochschule Zürich)

Bereich Gymnasium:

Prof. Dr. Elsbeth Stern (ETH Zürich), Dr. Albert Zeyer (Universität Zürich)

MITGEARBEITET HABEN

Lic. Phil. Peter Greutmann, ETH Zürich

Dr. Freia Odermatt, Universität Zürich (IGB)

Lic. Phil. Patricia Schär, Pädagogische Hochschule Zürich

PD Dr. Ralph Schumacher, ETH Zürich

Dr. Eva L. Wyss, ZHSF

Die Expertise wurde erstellt auf der Basis des Vertrages vom 5. 6. 2008 zwischen der Bildungsdirektion Zürich (vertreten durch Hans-Martin Binder und Joseph Hildbrand) und dem Zürcher Hochschulinstitut für Schulpädagogik und Fachdidaktik (vertreten durch die damalige Institutsleitung Prof. Dr. Regula Kyburz-Graber, Prof. Dr. Peter Sieber, Prof. Dr. Elsbeth Stern). Die drei Trägerhochschulen des ZHSF sind vertreten durch Prof. Dr. Judith Hollenweger (Pädagogische Hochschule Zürich), Prof. Dr. Regula Kyburz-Graber (Universität Zürich) und Prof. Dr. Elsbeth Stern (ETH Zürich).

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	3
1 Wie kann Lernen im NaTech-Bereich gelingen? Ausgewählte wissenschaftliche Ergebnisse	5
1.1 Was soll im NaTech-Unterricht gelernt werden?	6
1.1.1 Lernen als Konzeptwechsel.....	6
1.1.2 Der Aufbau von anschlussfähigem Wissen im Spiralcurriculum	7
1.1.3 Die Welt erklären: Wie sollen naturwissenschaftliche Konzepte verankert werden?	7
1.2 Welche Voraussetzungen der Lernenden begünstigen gute Leistungen in den NaTech-Fächern	8
1.2.1 Interesse, akademisches Selbstkonzept und Motivation	9
1.2.2 Kognitive Voraussetzungen	10
1.2.3 Geschlecht	11
1.3 Was müssen NaTech-Lehrpersonen können?	13
1.3.1 Lehrerexpertise aus wissenschaftlicher Sicht.....	14
1.3.2 Den Inhalt durch die pädagogische Brille sehen.....	15
1.3.3 Formative Leistungsbeurteilung als Kernkompetenz der Lehrperson	15
1.3.4 Weiterbildung als Teil der Schulkultur	16
1.4 Wie kann im NaTech-Unterricht gelernt werden?	17
1.4.1 Potenziale und Grenzen des Experiments und des forschenden Lernens im NaTech-Unterricht	17
1.4.2 Kognitive aktivierende Lernformen im NaTech-Unterricht	21
1.4.3 Gesundheit und Umwelt.....	25
1.4.4 Die Vermittlung technischer Inhalte im naturwissenschaftlichen Unterricht	28
2 Rahmenbedingungen des NaTech-Unterrichtes im quantitativen und qualitativen Vergleich	36
2.1 Vom Kindergarten bis zur Sekundarstufe I.....	36
2.1.1 Lehrpläne: Umfang, Inhalte und Themen der naturwissenschaftlichen Fächer.....	36
2.1.2 NaTech-Lehrmittel.....	40
2.1.3 Meinungen von Expertinnen und Experten zum NaTech-Unterricht	43
2.1.4 Interdisziplinäre Zusammenarbeit und Vernetzung	43
2.1.5 Ausbildung der NaTech-Lehrpersonen	44
2.1.6 Weiterbildung der NaTech-Lehrpersonen.....	46
2.1.7 Zur Beziehung der Geographie zu den Naturwissenschaften	48
2.2 Sekundarstufe II.....	51
2.2.1 Quantitative Aspekte.....	52
2.2.2 Qualitative Aspekte.....	55
3 Bestandesaufnahme an allgemeinbildenden Schulen im Kanton Zürich	61
3.1 Vom Kindergarten bis zur Sekundarstufe I.....	61
3.1.1 Methode.....	61
3.1.2 Ergebnisse	63
3.1.3 Diskussion der Ergebnisse	76
3.2 Gymnasium.....	79
3.2.1 Geographie, Biologie: Lehrpersonenperspektive.....	80
3.2.2 Physik, Chemie: Lehrpersonenperspektive.....	84

3.2.3	Alle Fächer: Perspektive der Schülerinnen und Schüler.....	87
4	Empfehlungen zur Verbesserung der schulischen Allgemeinbildung im NaTech-Bereich im Kanton Zürich.....	92
4.1	Empfehlungen für die obligatorische Schulzeit mit Schwerpunkt auf Primarschule und Sekundarschule 1	92
4.1.1	Empfehlung 1: Anreize zur Weiterbildung von Lehrpersonen.....	93
4.1.2	Empfehlung 2: Entwicklung von geeigneten Unterrichtsmaterialien	94
4.1.3	Empfehlung 3: Beteiligung an neuen Lehrmitteln zum Lehrplan 21.....	95
4.1.4	Empfehlung 4: Themen-Empfehlungen für Lehrpersonen	96
4.1.5	Empfehlung 5: Erhöhung des NaTech-Anteils in der Ausbildung	96
4.1.6	Empfehlung 6: Fachbachelor als möglicher Zugang zum Sek I-Master.....	97
4.2	Empfehlungen zur Schnittstellenproblematik in den Schuljahren 7 und 8: Angleichung von Untergymnasium und der Sekundarstufe I	98
4.2.1	Empfehlung 7: Entwicklung und Einsatz von fächerübergreifenden Unterrichtseinheiten	98
4.2.2	Empfehlung 8: Im Untergymnasium fächerübergreifenden Unterricht anbieten, der sich am Lehrplan 21 orientiert	99
4.2.3	Empfehlung 9: Naturwissenschaftlicher Schwerpunkt im Untergymnasium	100
4.3	Empfehlungen zum NaTech-Unterricht in der Sekundarstufe II (Gymnasium).....	101
4.3.1	Empfehlung 10: <i>Science for all</i> im Unterricht und ergänzende ausserschulische Angebote für besonders Interessierte	102
4.3.2	Empfehlung 11: Weiterbildungsmassnahmen für Lehrpersonen in Chemie und Physik im Umgang mit Lernschwierigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler.....	103
4.3.3	Empfehlung 12: Entwicklung eines Massnahmenkatalogs zum Umgang mit dem Mangel an qualifizierten Lehrpersonen in Chemie und Physik	104
4.3.4	Empfehlung 13: Entwicklung eines Massnahmenkataloges zur Steigerung der Attraktivität des Studiengangs „Lehrdiplom für Maturitätsschulen“.....	105
4.4	Empfehlungen für themenbezogene Schwerpunkte im NaTech-Unterricht	107
4.4.1	Empfehlung 14: Lehrpersonen dabei unterstützen, ausgewählte Themenbereiche auf <i>Inquiry-based Science Education</i> (IBSE) umzustellen.....	107
4.4.2	Empfehlung 15: Re-Orientierung der Inhalte und Methoden im naturwissenschaftlichen Unterricht.....	109
4.4.3	Empfehlung 16: Entwicklung von Unterrichtsmaterial, welches Lehrpersonen bei der Behandlung von Themen zur Technik unterstützt	110
5	Literaturverzeichnis	113
5.1	Literatur.....	113
5.2	Onlinequellen.....	119
	<i>Anhang</i>	<i>120</i>
1	Interviewpartnerinnen und -partner	120
1.1	Obligatorische Schulzeit	120
1.2	Gymnasium.....	120
1.3	Schülerinnen und Schülern	121
2	Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Expertentagung vom 27. Februar 2009 (ETH Zürich), in alphabetischer Reihenfolge	121

Vorwort

Die Bildungsdirektion des Kantons Zürich beauftragte im April 2008 das ZHSF (Zürcher Hochschulinstitut für Schulpädagogik und Fachdidaktik) mit der Erstellung einer Expertise. Darin sollten wichtige Aspekte des Unterrichts im naturwissenschaftlichen und technischen Bereich im Kanton Zürich vor dem Hintergrund der fachdidaktischen und lernpsychologischen Forschung beleuchtet und Handlungsempfehlungen erarbeitet werden.

Unter dem Dach des im November 2005 gegründeten ZHSF arbeiten die für die Aus- und Weiterbildung verantwortlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH), der Pädagogischen Hochschule (PHZH) und der Universität Zürich (UZH) in Forschung und Lehre zusammen. Der Beschluss der damaligen Institutsleitung des ZHSF (Prof. Regula Kyburz-Graber (UZH), Prof. Peter Sieber (PHZH) und Prof. Elsbeth Stern (ETH)), sich um die Erstellung der Expertise zu bewerben, wurde von den übrigen Mitgliedern des ZHSF mitgetragen und unterstützt. Die damaligen Mitglieder der Institutsleitung (bestehend aus den Hochschulrektorinnen und -rektoren von ETH, PHZH und UZH, Frau Prof. Heidi Wunderli-Allenspach, Herrn Prof. Walter Bircher und Herrn Prof. Hans Weder) brachten dies durch einen *Letter of Intent* zum Ausdruck. Auch die Mitglieder der Institutskonferenz, dem „Parlament“ des ZHSF, unterstützten die Arbeit. Hier sei vor allem Judith Hollenweger auch in ihrer Funktion als Leiterin des Departements für Forschung und Entwicklung an der PHZH genannt. Die Geschäftsführerin des ZHSF, Dr. Eva Lia Wyss, übernahm die Koordination des Gesamtprojektes inklusive der Textredaktion.

Die Expertise hat gemäss Auftrag eine Bestandesaufnahme der Ist-Situation zu liefern, umfassend die Stärken und Schwächen in den Bildungsstufen Kindergarten/Grundstufe, Primarstufe sowie den Sekundarstufen I und II (insbesondere Gymnasium). Dabei sollten auch die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen an PHZH, der UZH und der ETH Berücksichtigung finden.

Die Herausforderung bestand insbesondere darin, wissenschaftliche Erkenntnisse zum Lernen in den Naturwissenschaften und der Technik auf die Besonderheiten des schweizerischen Bildungssystems im Vergleich zu anderen Regionen sowie der Situation im Kanton Zürich abzustimmen. Hier spiegelt sich die Aufgabenteilung der drei Trägerhochschulen des ZHSF in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen wider.

Die PHZH als verantwortliche Institution für die Ausbildung von Lehrpersonen von Kindergarten, Primarschule und der Sekundarstufe I führte die umfangreichsten Recherchen durch. Susanne Metzger und Patricia Schär haben neben den Experteninterviews auch eine quantitative Studie zur Aus- und Weiterbildungssituation durchgeführt. Es wurde vor allem der Frage nach den fachlichen Voraussetzungen der Lehrpersonen für das Unterrichten von Themen zur Physik und Chemie nachgegangen.

Bei der Bestandesaufnahme zur Sekundarstufe II ergab sich eine natürliche Arbeitsteilung zwischen UZH und ETH. Beide Universitäten bilden Studierende für das gymnasiale Lehramt aus und arbeiten eng in der Fachdidaktik zusammen. Dabei ist die ETH überwiegend für Chemie und Physik zuständig ist, während die UZH den grösseren Ausbildungsanteil in Geographie und Biologie übernimmt.

Für die Bestandesaufnahme im Kanton Zürich haben sich zahlreiche Personen aus dem Schulwesen – Schulleiterinnen und Schulleiter, Lehrpersonen und Schülerinnen und Schüler –

zur Verfügung gestellt, um uns Rede und Antwort zu stehen. Sie alle werden – deren Einverständnis vorausgesetzt – im Anhang namentlich erwähnt. Auch ihnen möchten wir an dieser Stelle unseren grossen Dank aussprechen.

Der wichtigste Meilenstein unserer Arbeit war eine von Peter Greutmann und Eva Wyss organisierte Expertentagung am 27. Februar 2009, in deren Rahmen die zum damaligen Zeitpunkt erarbeiteten Empfehlungen einer kritischen Prüfung unterzogen wurden und der Grundstein für neue Empfehlungen gelegt wurde. Unser besonderer Dank gebührt auch allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern dieser Tagung. Ihre Namen sind im Anhang dieser Expertise aufgeführt.

Zürich, im Juli 2009

1 Wie kann Lernen im NaTech-Bereich gelingen?

Ausgewählte wissenschaftliche Ergebnisse

Weltweit wird Handlungsbedarf zur Optimierung der naturwissenschaftlichen Bildung an den Schulen gesehen. Die grosse Diskrepanz zwischen der gesellschaftlichen und ökonomischen Bedeutung von Naturwissenschaften und Technik in der modernen Welt und deren Stellenwert in der Schulbildung wird in vielen Ländern beklagt. Auch für die Schweizer Schulen gilt, dass naturwissenschaftlichen und technischen Themen nicht die Aufmerksamkeit geschenkt wird, die ihnen aufgrund ihrer gesellschaftlichen Relevanz eigentlich gebührt.

Eine Folge dieser Situation ist, dass die Hochschulen grosse Mühe haben, talentierte Studierende für die naturwissenschaftlichen und technikorientierten Studienrichtungen zu gewinnen. Die Prosperität des Wirtschaftsstandortes Zürich hängt nicht zuletzt davon ab, dass naturwissenschaftliche Spitzenforschung und technische Innovationskraft erhalten bleiben. Die Grundlagen dafür werden in den Schulen gelegt und deshalb muss eine Veränderung im Unterricht ansetzen.

Die PISA-Studie bescheinigt der Schweiz zwar insgesamt eine zufrieden stellende Bildungsbilanz, aber die durchschnittliche Leistung in den Naturwissenschaften bleibt deutlich hinter der Leistung in Mathematik zurück. Im internationalen Vergleich wird in der Schweiz relativ wenig Zeit auf den naturwissenschaftlichen Unterricht verwendet (PISA 2006).

Neben der immer problematischer werdenden Situation hinsichtlich der Rekrutierung des technischen und naturwissenschaftlichen Nachwuchses geben aber auch Defizite in der naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung zu denken. Umfragen zeigen nicht selten tief greifende Missverständnisse, wenn Menschen mit der Begründung, keine Gene essen zu wollen, auf Biogemüse umstellen oder aber auf die Propaganda der Kreationisten hereinfallen, weil die Evolutionstheorie nicht wirklich verstanden wurde. Mündige Bürger, die direkt oder indirekt über politische Entscheidungen in der Forschungsförderung und Technologieentwicklung abstimmen, müssen über ein wissenschaftliches Grundverständnis verfügen. Gegenwärtig wird dies auf keiner Schulstufe im naturwissenschaftlichen Unterricht geleistet und übereinstimmend werden qualitative und quantitative Veränderungen gefordert.

Unzufriedenheit mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht ist weder eine Zürcher noch eine schweizerische Besonderheit. Seit Langem ist bekannt, dass gerade der Unterricht zu naturwissenschaftlichen und technischen Themen sehr oft sein Ziel nicht erreicht, weil es nicht gelingt, den Schülerinnen und Schülern ein grundlegendes Verständnis der wissenschaftlichen Begriffe in dem jeweiligen Inhaltsgebiet zu vermitteln.

1.1 Was soll im NaTech-Unterricht gelernt werden?

Von Elsbeth Stern

Nicht zuletzt durch die grossen internationalen Vergleichsstudien wie PISA und TIMSS wurden Wissenschaftler, Schulpolitiker und Lehrpersonen gezwungen, sich auf Ziele der schulischen Allgemeinbildung zu einigen und diese als Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu beschreiben. Übergeordnetes Ziel des NaTech-Unterrichtes auf allen Schulstufen und in allen Schulformen ist es, die Schülerinnen und Schüler in die Lage zu versetzen, grundlegende naturwissenschaftliche Konzepte heranzuziehen, wenn es darum geht, die Vorgänge in der belebten und unbelebten Welt zu erklären und Ereignisse vorherzusagen. Dazu gehören die Vertrautheit mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie auch ein Bewusstsein für Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Ob die Ziele des NaTech-Unterrichtes erreicht wurden, zeigt sich in Tests, die nicht einfach Definitionen von Konzepten abfragen, sondern deren Anwendung auf neue Inhalte erfordern.

1.1.1 Lernen als Konzeptwechsel

In der Lehr- und Lernforschung geht man seit einigen Jahrzehnten der Frage nach, warum der Lernerfolg im naturwissenschaftlichen Unterricht häufig nicht den Erwartungen entspricht. In qualitativen und quantitativen empirischen Arbeiten konnte gezeigt werden, dass der Erwerb vieler naturwissenschaftlicher Konzepte die grössten Probleme bereitet. Zwischen dem Wissen der Lernenden und der Lehrenden besteht nicht nur ein quantitativer, sondern vor allem ein qualitativer Unterschied.

Am besten erforscht ist dies in der Physik: Unter Begriffen wie Kraft, Arbeit, Trägheit oder Gewicht – um nur einige Beispiele zu nennen – wird von Physikern etwas ganz anderes verstanden als von Novizen. Dass man Arbeit im physikalischen Sinne verrichtet, wenn man eine Heftklammer vom Boden auf den Tisch legt, aber nicht, wenn man einen schweren Koffer stundenlang in der Hand hält, ist zunächst völlig kontraintuitiv und ein entsprechendes Verständnis kann nicht einfach nur durch Erklärungen von Seiten der Lehrperson aufgebaut werden. Hinzu kommt, dass manche Missverständnisse durch den Schulunterricht noch vertieft werden, zum Beispiel indem Analogien, die von der Lehrperson angeboten werden, missverstanden werden. So kann die Analogie zwischen dem Sonnensystem und dem Atommodell zu dem Missverständnis führen, der Atomkern hätte die Farbe Gelb.

Ganz allgemein lässt sich sagen, dass eine Gefahr von wenig erfolgreichem naturwissenschaftlichen Unterricht darin besteht, dass die Schülerinnen und Schüler zum Beispiel durch das Auswendiglernen von Definitionen oder Formeln Oberflächenwissen erwerben. Dieses ist lediglich auf bekannte Aufgaben anwendbar, versagt aber in neuen Situationen.

Dank der intensiven Forschung zum naturwissenschaftlichen Lernen in den letzten Jahrzehnten konnten Rahmenbedingungen für lernwirksamen Unterricht identifiziert werden. Diese müssen der Tatsache gerecht werden, dass sinnstiftendes Lernen ein konstruktivistischer Prozess ist, bei dem neue Information an bestehendes Wissen angebunden wird. Unangemessen wäre die Vorstellung einer direkten Übertragung der von der Lehrperson dargebotenen Information in die Köpfe der Schüler. Es gibt inzwischen empirische Belege dafür, dass Lehrpersonen, denen der konstruktivistische Charakter des sinnstiftenden Lernens bewusst ist, die besseren Ergebnisse erzielen. Sie wissen, dass ein und dieselbe Information in Abhängigkeit vom Vorwissen der Schüler ganz unterschiedlich aufgenommen wird, und reagieren auf diese

Tatsache mit einer grossen Bandbreite und Variation an didaktischen Interventionen. So kann sich im Idealfall jeder Schüler weiterentwickeln. Nach allem, was wir über erfolgreiches Lernen in den Fächern Physik und Chemie wissen, kann das angestrebte formale Verständnis, das den Kern dieser Disziplinen ausmacht, nur erreicht werden, wenn zuvor ein qualitatives Begriffsverständnis aufgebaut wurde (Duit, 2006; Vosniadou, 2008). Mit diesem zeitintensiven Prozess sollte man bereits früh auf eine dem Alter angemessene Weise beginnen.

1.1.2 Der Aufbau von anschlussfähigem Wissen im Spiralcurriculum

Suboptimale Lernergebnisse in der Sekundarstufe I und im Gymnasium sind zumindest teilweise damit zu erklären, dass die Schülerinnen und Schüler die eigentlich guten Lerngelegenheiten aufgrund ihres unzureichenden Vorwissens nicht nutzen können. Allerdings ist es mit der einfachen Forderung, bereits in der Primarschule und im Kindergarten Themen zur unbelebten Welt zu behandeln, nicht getan. Eine unspezifische Frühfördereuphorie, wie sie nicht selten durch naive, wissenschaftlich nicht gerechtfertigte Interpretationen aus Befunden der Hirnforschung abgeleitet wird, ist eher kontraproduktiv. Die Befürchtung, dass kritische Phasen der Entwicklung ungenutzt bleiben, ist nicht berechtigt, die Befürchtung, dass Möglichkeiten zum Lernen ungenutzt bleiben, hingegen schon (Stern, 2005).

Aus lernwissenschaftlicher Sicht ist die Forderung nach einem früheren Beginn der naturwissenschaftlichen Bildung allein mit dem langwierigen Aufbau von inhaltspezifischen und inhaltsübergreifenden wissenschaftlichen Konzepten zu rechtfertigen. Wenn bereits im Kindergarten daran gearbeitet wurde, zwischen Beobachtung und Erklärung zu unterscheiden, erleichtert dies den Zugang zur wissenschaftlichen Arbeitsweise. Wenn bereits in der Primarschule erarbeitet wurde, dass ein Gegenstand nicht allein aufgrund seiner Grösse oder seines Gewichtes im Wasser schwimmt oder eben nicht, sondern aufgrund des Zusammenwirkens beider Dimensionen, wurde ein Grundstein für den wissenschaftlichen Begriff der Dichte gelegt (Stern & Möller, 2003).

Ein Curriculum für die ersten Schuljahre muss also sorgfältig geplant sein, und es kann nur seine Wirkung entfalten, wenn das aufgebaute Wissen in den späteren Schulstufen auch wirklich genutzt wird. Deshalb ist es nicht nur wichtig, in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen für die Vor- und Primarschule die Behandlung naturwissenschaftlicher Themen zu fördern, sondern auch die Lehrpersonen in den höheren Schulstufen auf den Umgang mit dem sich verändernden Vorwissen der Schüler vorzubereiten.

Daraus folgt, dass das Verständnis komplexer Zusammenhänge, wie es in den Naturwissenschaften und in der Technik gefordert ist, nicht einfach additiv in Form eines Stufencurriculums gelernt werden kann, sondern dass die Konzepte immer wieder neu aufgegriffen und in neue Kontexte und Themengebiete verankert werden müssen.

1.1.3 Die Welt erklären: Wie sollen naturwissenschaftliche Konzepte verankert werden?

Wie gut ein naturwissenschaftliches Konzept verstanden wurde, zeigt sich in der Anwendung: Können Ereignisse erklärt und vorhergesagt werden? Über lange Jahre hat man im Unterricht wie in der Didaktik diesen Aspekt vernachlässigt.

Eine aus der Sicht der Lernwissenschaften unangemessene, aber bei Lehrpersonen noch immer verbreitete Vorstellung ist, dass leistungsstarke Schülerinnen und Schüler von selbst erkennen, wozu man durch Definitionen und Formeln eingeführte Konzepte braucht (O-Ton eines Physiklehrers: „Wir sind umgeben von schiefen Ebenen, was soll ich da noch erklä-

ren?“). Tatsächlich gilt es in der Lernforschung als gesichert, dass sich Wissenstransfer auch bei hochintelligenten Personen nicht von selbst einstellt (Zusammenfassung: Mähler und Stern, 2006).

Unabhängig davon, wie präzise die Definition der schiefen Ebene im Unterricht auch eingeführt wurde: Dass die Schraube nach diesem Prinzip funktioniert und weshalb sie es tut, wissen seine Schülerinnen und Schüler deshalb noch nicht. Nur in Ausnahmefällen werden sie es erschliessen können. Die Tatsache, dass Menschen ihr Wissen nur selten spontan auf neue Situationen übertragen können, wird in der Lernforschung mit „situierter Kognition“ bezeichnet. Gegensteuern kann man hier nur, wenn im Unterricht vielfältige und abwechslungsreiche Lerngelegenheiten geboten werden. Hilfreich sind im Naturwissenschaftsunterricht insbesondere Aufgaben zu oberflächlich unterschiedlichen, aber nach dem gleichen Prinzip funktionierenden Phänomenen.

Vor diesem Hintergrund ist die Einbettung der wissenschaftlichen Konzepte in angemessene Anwendungskontexte entscheidend. Konzeptuelles Wissen über Dichte und Auftrieb lässt sich – ohne dass man Formeln und Definitionen braucht – schon in der Primarschule anlegen, wenn die Schülerinnen und Schüler mit der Frage konfrontiert werden: „Warum schwimmt ein grosses schweres Schiff aus Metall im Wasser, obwohl ein kleines Stück Metall untergeht?“

Der Anwendungskontext darf nicht – wie das noch zu häufig geschieht – allein unter dem Motivationsgesichtspunkt gesehen werden, sondern er muss so gewählt werden, dass er auf das zu vermittelnde konzeptuelle Wissen zugeschnitten ist. Dies stellt hohe Anforderungen an die Lehrperson, die sie nur mit Unterstützung aus der fachdidaktischen Forschung bewältigen kann. Die Lehrperson muss präzise Ziele hinsichtlich des zu vermittelnden konzeptuellen Wissens haben und die Anwendungsbeispiele so wählen, dass diese auf die Konzepte hinauslaufen. Dass sich hier Themen aus den Gebieten Gesundheit und Umwelt sowie Technik eignen, wird weiter unten noch ausgeführt.

Bei der Wahl der Anwendungsgebiete kann es sinnvoll sein, über die Fächergrenzen hinaus zu gehen, da auf diese Weise die Verankerung bestimmter wissenschaftlicher Prinzipien und Konzepte in der realen Welt besonders deutlich wird. Dies hat positive Effekte auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler und kann die Lernwirksamkeit des Unterrichtes fördern (Labudde, 2008). Umgekehrt kann sich das Denken in Fächern hemmend auf die Anwendung von konzeptuellem Wissen auswirken. Auch vor diesem Hintergrund bietet es sich an, in den unteren und mittleren Schulstufen fächerübergreifenden Unterricht anzubieten. Insbesondere der Erwerb der schwierigen Konzepte aus Chemie und Physik kann so – im Sinne eines Spiralcurriculums – vorbereitet werden. Dies setzt voraus, dass Experten aus der Chemie und der Physik an der Entwicklung von fächerübergreifendem Unterricht auch für die unteren Schulstufen beteiligt sind.

1.2 Welche Voraussetzungen der Lernenden begünstigen gute Leistungen in den NaTech-Fächern

Von Elsbeth Stern

In diesem Abschnitt steht die Frage nach den Ursachen von Leistungsunterschieden im NaTech-Unterricht im Mittelpunkt. Von welchen Merkmalen der Schülerinnen und Schüler hängt es ab, wie effizient im NaTech-Unterricht gelernt wird? Für die Gestaltung schulischer

Lerngelegenheiten ist die Frage nach dem Ausmass und den Ursachen für Unterschiede im Lerngewinn sehr wichtig, da es auch um die Frage geht, ob man mit ein und demselben Unterricht allen Schülerinnen und Schülern gerecht werden kann oder ob man unterschiedliche Lernangebote bereitstellen sollte. Drei Perspektiven werden einbezogen: (1) Interesse, akademisches Selbstkonzept und Motivation; (2) Kognitive Voraussetzungen; (3) Geschlecht.

1.2.1 Interesse, akademisches Selbstkonzept und Motivation

Mangelndes Interesse und fehlende Motivation werden gern als Ursache für schlechte Schulleistungen im NaTech-Bereich herangezogen. Zumindest für die als schwierig geltenden Schulfächer Chemie und Physik trifft zu, dass sie auch unbeliebt sind (PISA, 2006). Dies kann sich in einer „Null-Bock-Mentalität“ und Leistungsverweigerung zeigen oder aber in einer tief verwurzelten Ablehnung gegen Naturwissenschaft überhaupt. Letzteres kann auftreten, weil das kulturelle Umfeld der Schülerinnen und Schüler mit der naturwissenschaftlichen Denkweise inkompatibel ist. Unter dem Begriff des *cultural border crossing* wird dieser Sachverhalt diskutiert. Dabei geht es um die Frage, wie Lehrpersonen Schülerinnen und Schülern aus wissenschaftsfernen Milieus die Bedeutung von Naturwissenschaft vermitteln (Aikenhead, 2000).

Probleme in der naturwissenschaftlichen Schulbildung allein mit mangelndem Interesse und mangelnder Motivation zu erklären, wäre auf jeden Fall zu kurz gegriffen. Viele Menschen wüssten gern, warum ein Flugzeug fliegt und warum der Strom aus der Steckdose es ermöglicht, dass man im Fernsehen eine Fussballübertragung aus Übersee mitverfolgen kann. Das anfängliche Interesse erlischt jedoch schnell, wenn Erklärungen nicht auf das Vorwissen der Lernenden abgestimmt sind. Die Lernenden verlieren sehr schnell den Anschluss und ihre anfängliche Lernbereitschaft geht verloren.

Das vielleicht wichtigste Ergebnis der Forschung zum Zusammenhang zwischen Motivation, Interesse und Lerngewinn der letzten Jahrzehnte ist der Befund, wonach die anfänglich Lernmotivation und das Interesse für den Lerngewinn weniger entscheidend sind, als lange angenommen wurde (Schiefele, 2008). Die Zusammenhänge zwischen Interesse und Leistung sind eher niedrig, das heisst, es gibt sowohl vor als auch nach dem Unterricht eine grössere Zahl von Lernenden, die gute Leistung in einem naturwissenschaftlichen Fach erbringen, ohne dieses interessant zu finden. Umgekehrt gibt es in gleicher Häufigkeit Lernende, deren Interesse nicht durch die schlechte Leistung getrübt wird (Seidel und Prenzel, 2006).

Interesse ist offensichtlich gar nicht der entscheidende Hebel, an dem Lehren ansetzen müssen. Auch die Bedeutung der so genannten intrinsischen Motivation für das Lernresultat wird überschätzt, also der Motivation, eine Sache um der Sache selbst willen zu machen.

Unterschätzt hingegen wird noch immer der Einfluss des Kompetenzerlebens für den Aufbau von Motivation. Zu erfahren, wie man eine scheinbar zu schwierige Anforderung als Folge von Anstrengung bewältigen kann, wirkt sich positiv auf die weitere Leistungsbereitschaft aus. Spinath (2005) belegt ausserdem, dass ein Kompetenzerleben in den früheren Schuljahren das längerfristige akademische Selbstkonzept beeinflusst.

Für die weit verbreitete Vorstellung, man könne Lernbereitschaft und Interesse durch die Anbindung an die Erfahrungswelt der Schüler oder durch den Besuch von authentischen Lernorten an Universitäten und anderen Forschungsinstitutionen steigern, gibt es bisher keine empirische Evidenz (ein Beispiel dafür ist Physik im Kontext, Taasoobshirazi & Carr et al., 2008). Vieles spricht sogar dafür, dass solche Lernorte eher ein Strohfeuer an Interesse entfachen,

mit der Konsequenz, dass der Schulunterricht danach als langweilig empfunden wird (Brandt & Möller, 2007)

Wie aber gelingt es einer Lehrperson, Kompetenzerleben bei den Lernenden zu ermöglichen? Es wurde bereits erwähnt, dass Aufgaben und Aufträge an die Lernenden, welche nach einiger Anstrengung gelöst wurden, entscheidend zum Lernerfolg beitragen. Die Fähigkeit von Lehrpersonen, solche Aufgaben zum richtigen Zeitpunkt vorzugeben, macht den Kern ihres professionellen Handlungswissens aus, wie im Kapitel 1.3 „Was müssen NaTech-Lehrpersonen können?“ diskutiert wird.

1.2.2 Kognitive Voraussetzungen

Möchte man hingegen die Unterschiede in der geistigen Leistungsfähigkeit zwischen Menschen verstehen, die hinreichende schulische Lerngelegenheiten hatten, liefert das von der Psychologie entwickelte Konzept der Intelligenz noch immer die besten Erklärungen. Hinweise auf Intelligenzunterschiede gibt es zwar schon ab der frühen Kindheit, aber wirklich aussagekräftig sind Intelligenzmessungen erst ab dem Alter von etwa 10 Jahren. Das heisst, es lässt sich schon recht gut vorhersagen, wie und wo ein Mensch später Stärken und Schwächen zeigen wird.

Ein hoher Wert im Intelligenztest macht schulische und berufliche Erfolge zwar wahrscheinlicher, garantiert sie aber keineswegs. Etwas salopp gesprochen kann Intelligenz als das Startkapital für das Lernen verstanden werden. Ob man wirklich die Kompetenz mitbringt, komplexe und neue Anforderungen in einem Inhaltsbereich zu bewältigen, hängt davon ab, inwieweit in dem jeweiligen Bereich eine gut organisierte und flexibel zugreifbare Wissensbasis mit gut vernetzten Begriffen und Fakten sowie automatisierte Routinen aufgebaut wurden. Zahlreiche Untersuchungen an ganz unterschiedlichen Personengruppen haben gezeigt, dass ein Weniger an Intelligenz durch ein Mehr an Wissen ausgeglichen werden kann (Neubauer & Stern, 2007, S. 175). Allerdings kann herausragende Leistung in komplexen und abstrakten Wissensgebieten wie zum Beispiel in Mathematik und Naturwissenschaften erst ab einem IQ von ca. 120 erwartet werden. Mittlerweile ist sowohl in der Expertise- als auch in der Hochbegabungsforschung anerkannt, dass eine hohe Begabung kein Garant für das Erreichen aussergewöhnlicher Leistungen ist, sondern im Sinne eines Schwellenmodells eher eine Voraussetzung dafür sein kann.

Allerdings folgt aus dem Schwellenmodell nicht, dass Intelligenzunterschiede im obersten Bereich keine Effekte auf die Leistung hätten. Gerade für den NaTech-Bereich zeigen Längsschnittstudien aus den USA, in denen die Entwicklung von hochbegabten Kindern in das Erwachsenenalter hinein verfolgt wurde, dass selbst im obersten Prozent von Begabungstests individuelle Unterschiede in der Mathematikleistung im Alter von 12 Jahren einen signifikanten Beitrag zur Vorhersage des späteren Ausbildungs- und Berufserfolgs leisten (Lubinski & Benbow, 2006). Die Betrachtung der individuellen Fähigkeitsprofile (Differenzierung von verbalen vs. mathematischen Begabungen) erlaubte überdies Vorhersagen, in welchen Bereichen (z. B. Geistes- und Sozialwissenschaften vs. Technik und Naturwissenschaften) Erfolge im Berufsleben erzielt wurden. Die Ergebnisse dieser Studien weisen darauf hin, dass eine höhere Ausprägung intellektueller Fähigkeiten auch jenseits einer notwendigen Schwelle mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für das Erreichen von Höchstleistungen einhergeht.

Neueste Ergebnisse zur Analyse der Begabungsstruktur von Hochbegabten zeigen, dass sich gerade in dieser Gruppe eine grosse Heterogenität in den spezifischen Profilen zeigt. Auf die Gefahr, hochbegabte Schüler mit einem Schwerpunkt auf räumlich-visuellen Fähigkeiten zu

übersehen, haben Webb, Lubinski und Benbow (2007) hingewiesen. Sie konnten zeigen, dass Schüler mit diesem Begabungsprofil durch gezielte Förderung überdurchschnittliche berufliche Leistungen im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich bringen. Lubinski, Benbow, Webb & Bleske-Rechek (2006) konnten zudem zeigen, dass hochbegabte Schülerinnen und Schüler, die in der Schule anspruchsvolle zusätzliche Lernangebote in Mathematik und Naturwissenschaften erhielten, später mit grösserer Wahrscheinlichkeit in diesen Bereichen erfolgreich waren. Ein frühes Angebot in gutem naturwissenschaftlichem Unterricht zahlt sich offensichtlich aus.

1.2.3 Geschlecht

In den letzten Jahrzehnten ist die Präsenz von Mädchen und Frauen im höheren Bildungsbereich in vielen Ländern selbstverständlich geworden. Grosse Unterschiede zeigen sich jedoch in allen Ländern im Leistungsprofil und der Studienfachwahl, die sich auch in einer neuesten Studie in der Schweiz zeigt (Weiss, Sampietro & Ramsauer, 2008).

In mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächern sind Jungen stärker vertreten als Mädchen, besonders im oberen Leistungsbereich. Das zeigen neueste PISA-Ergebnisse aus dem Jahr 2006 ebenso wie die EVAMAR-Studie II.

Vor dem Hintergrund der Tatsache, dass es seit Jahrzehnten viele Bemühungen gibt, Schülerinnen in diesen Bereichen zu fördern, greifen Erklärungen, die allein auf Unterschiede in der Sozialisation abzielen, sicher zu kurz. Auf der anderen Seite werden rein biologische Erklärungen durch die Tatsache widerlegt, dass im Spitzenbereich von Mathematik und Naturwissenschaften durchaus Frauen und Mädchen vertreten sind und dass ihre Zahl über die letzten Jahrzehnte zugenommen hat. In dem Herausgeberband „Why aren't more women in science?“ von Ceci und Williams (2007) kommen namhafte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu Wort, deren wichtigsten Erkenntnisse im Folgenden zusammengefasst werden.

Bei allen geistigen Kompetenzen, bei denen sich im Mittelwert Geschlechtsunterschiede finden lassen, sind die Überlappungen sehr gross. Allein die Tatsache, dass einige Frauen und Mädchen es schaffen, in den Spitzenbereich vorzudringen, zeigt, dass dies keine biologische Unmöglichkeit ist.

Es stellt sich allerdings die Frage nach psychologischen Faktoren, von denen es abhängt, dass Jungen und Männer mit deutlich grösserer Wahrscheinlichkeit mathematische und naturwissenschaftliche Profile in der Schule, der Berufsbildung und der Universität wählen. Im kognitiven Bereich zeigen sich die grössten Geschlechtsunterschiede zugunsten der männlichen Teilnehmer in Tests zur dreidimensionalen räumlich-visuellen Veranschaulichung. Eine detaillierte Profilanalyse zeigte, dass tatsächlich im obersten Leistungsbereich das Profil „räumlich-visuelle Kompetenzen besser als verbale Kompetenzen“ bei Frauen sehr viel seltener vorkommt als bei Männern. Wie weiter vorn bereits erwähnt, bringt gerade dieses Profil besonderes Potenzial für ingenieurwissenschaftliche und naturwissenschaftliche Berufe mit. Hinzu kommt noch, dass Frauen und Mädchen mit weit überdurchschnittlicher Begabung im mathematischen Bereich mit sehr viel grösserer Wahrscheinlichkeit auch im sprachlichen Bereich höhere Leistungen erbringen als Männer und Jungen. Wann immer Wahlmöglichkeiten anstehen – seien es Schwerpunktfächer in der Schule, das Studienfach oder die Berufsausbildung – haben Optionen mit sprachlichem Schwerpunkt eine grössere Chance gewählt zu werden

Grösser als im kognitiven Bereich sind die Geschlechtsunterschiede im motivationalen und emotionalen Bereich. Es kann davon ausgegangen werden, dass biologisch mitdeterminierte Ursachen (z. B. Ängstlichkeit, die bei Frauen und Mädchen stärker ausgeprägt ist als bei Jungen und Männern) für unterschiedliches Verhalten zwischen den Geschlechtern eine wichtige Rolle spielen. Die Hürden, die Mädchen und Frauen überwinden müssten, um sich in einem männlich dominierten Gebiet zu beweisen, sind dementsprechend besonders hoch. Tatsächlich konnte mehrfach gezeigt werden, dass Schülerinnen und Studentinnen besonders anfällig für den so genannten Stereotype-Threat sind. In Testsituationen, in denen zuvor Hinweise auf die schlechteren kognitiven Leistungen von Frauen gegeben wurden, zeigen sie schlechtere Leistung als ohne diese Hinweise. Anders ausgedrückt: Frauen und Mädchen, die das kognitive Potenzial hätten, um gute Leistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften zu zeigen, werden durch emotionale Hürden daran gehindert, dies zu nutzen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Männer und Frauen nicht prinzipiell unterschiedliche Voraussetzungen für das Lernen im NaTech-Bereich mitbringen, dass aber bei Jungen und Männern mit grösserer Wahrscheinlichkeit Faktoren vorliegen, die das Lernen begünstigen. Vor diesem Hintergrund muss man sich die Frage stellen, wie man mehr Schülerinnen dazu bringt, ihr mathematisch-naturwissenschaftliches Potenzial zu nutzen. Lange Zeit wurde grosse Hoffnung in den nach Geschlechtern getrennten Unterricht gesetzt. Gestützt auf Beobachtungen, wonach viele wissenschaftlich erfolgreiche Frauen Mädchengymnasien besucht haben, stellt sich die Frage, ob nach Geschlechtern getrennter Unterricht den Mädchen mehr Chancen eröffnet, ihre Interessen und Kompetenzen in Naturwissenschaften zu entwickeln, wo ansonsten die Jungen zu dominantem Verhalten neigen. Dieser Vorschlag wurde an vielen Schulen in Deutschland aufgegriffen. Um herauszufinden, ob man die so genannte Monoeducation als flächendeckende Massnahme empfehlen soll, wurde vom deutschen Bildungsministerium eine Evaluation in Auftrag gegeben, die von Faulstich (2004) durchgeführt wurde. Diese administrativ aufwändige Massnahme brachte nicht den erhofften Erfolg. Sobald die in reinen Mädchengruppen unterrichteten Schülerinnen wieder zusammen mit Schülern unterrichtet wurden, nahmen Interesse und Leistung wieder ab. Als flächendeckende Massnahme kann die so genannte Monoeducation nicht empfohlen werden, aber im Einzelfall kann es sich durchaus anbieten, vorübergehend nach Geschlechtern getrennte Lerngruppen einzurichten.

Einhelligkeit hingegen herrscht unter Entwicklungspsychologen und Lernforschern, dass das Alter, in dem positive Lernerfahrungen mit den Naturwissenschaften gemacht werden, für die weitere Lerngeschichte von Schülerinnen entscheidend ist. Dafür gibt es mehrere Gründe. Geschlechtsunterschiede in der frühen Interessensentwicklung und der Sozialisation führen dazu, dass Mädchen ausserschulische Spiel- und Lerngelegenheiten, die auf das NaTech-Lernen vorbereiten, seltener nutzen. Umso wichtiger ist es, dass Kindergarten und Schule den Mädchen diese Lerngelegenheiten geben. Blumberg, Hardy und Möller (2008) konnten zeigen, dass bereits im Alter von acht Jahren deutliche Geschlechtsunterschiede zugunsten der Jungen im Wissen über Physik zu finden waren. Diese Unterschiede verschwanden jedoch nach der Durchführung einer Unterrichtseinheit, die auf das Verständnis physikalischer Grundbegriffe abzielte.

Von einem früher einsetzenden und über die gesamte Schulzeit gleichmässiger verteilten NaTech-Unterricht, in dem Themen der Chemie und Physik selbstverständlicher Bestandteil sind, kann auch ein positiver Einfluss auf die Identitätsentwicklung von Mädchen erwartet werden. Durch eine gut durchdachte Auswahl von Themen und die Herstellung einer Verbin-

dung zur Lebenswelt gerade auch in der Lebensspanne, die den Übergang von der Kindheit zum Jugendalter kennzeichnet, können Schülerinnen und Schüler gefördert werden. Im Kapitel Gesundheit und Umwelt wird dies weiter ausgeführt. Wichtig dabei ist allerdings, dass nicht Stereotype ausgelebt werden nach dem Motto „Mädchen interessieren sich eher für den Küchenmixer als für Autos“.

1.3 Was müssen NaTech-Lehrpersonen können?

Von Elsbeth Stern

Die Antwort auf die Frage, was eine gute Lehrperson ausmacht, dürfte in der Schweiz je nach Schulstufe sehr unterschiedlich ausfallen. In seinem neuen Buch hat der einflussreiche Professor und Kinderarzt Remo Largo die Bedeutung der Beziehungsqualität zwischen der Lehrperson und den Schülern in den ersten Jahren hervorgehoben (Largo & Beglinger 2009). Für sehr bedenklich hält er den Austausch von Lehrpersonen in den ersten Schuljahren sowie den Einsatz von wechselnden Lehrpersonen zur Erteilung von Fachunterricht. Dass er Letzterem eine geringere Bedeutung beimisst als den sozialen Aspekten, lässt sich im Buch klar herauslesen. Im Zweifelsfall würde Remo Largo wohl einer Lehrperson, die in besonderer Weise die emotionalen und sozialen Bedürfnisse der Kinder befriedigen kann, den Vorzug gehen, auch wenn sie weniger gute Voraussetzungen für die Erteilung von Fachunterricht zum Beispiel in den Naturwissenschaften mitbringt. Dabei spielt sicherlich auch die Tatsache eine Rolle, dass er als Kinderarzt die Bedürfnisse der unter schwierigen familiären Bedingungen aufwachsenden Kinder im Auge hat, bei denen die Schule Erziehungsaufgaben und emotionale Unterstützung übernehmen muss, die eigentlich vom Elterhaus erwartet werden können.

Wie weiter hinten noch dargestellt wird, reflektiert die prominente Position Remo Largos die Ausbildungssituation der Schweizer Primarlehrpersonen: Der Spezialisierung auf einzelne Unterrichtsfächer kommt eher eine nachgeordnete Rolle zu, während die pädagogische Ausbildung im Mittelpunkt steht.

Ganz andere Kriterien werden für die Bewertung von Lehrpersonen herangezogen, die am Gymnasium unterrichten. In diesem Zusammenhang hört man oft die Wendung „die Fähigkeit, Begeisterung für das eigene Fach zu vermitteln“. Da die Schweizer Gymnasiallehrerinnen und Gymnasiallehrer ein vollständiges Fachstudium absolviert haben, wird ihnen eine besonders enge Bindung an dieses attestiert. Im Selbstverständnis des Gymnasiums, in dem der Selektionsauftrag eine zentrale Rolle spielt, liegt es an den Schülerinnen und Schülern, Lernbereitschaft für die angebotenen Fächer zu entwickeln.

Die Erwartungen – so scheint es –, die an Primar- und an Gymnasiallehrpersonen in der Schweiz gestellt werden, könnten kaum unterschiedlicher sein: hohe Kompetenz in und Identifikation mit dem Fach bei Letzteren und vorwiegend sozialpädagogische Kompetenzen bei Ersteren. Aus Sicht der Lehr- und Lernforschung ist die getrennte Betrachtung von fachlichen und pädagogischen Kompetenzen auf keiner Altersstufe sinnvoll, und wer die Frage stellt, ob Lehrer eigentlich Fächer oder Schülerinnen und Schüler unterrichten, erhält als Antwort, dass Lehrpersonen Schülerinnen und Schüler in Inhalten unterrichten.

In der Lehr- und Lernforschung hat man in den letzten Jahrzehnten einiges zu der Frage herausgefunden, worin genau die Expertise von Lehrpersonen besteht, und daraus ergibt sich natürlich auch die Frage, wie diese in der Aus- und Weiterbildung erworben werden kann.

1.3.1 Lehrerexpertise aus wissenschaftlicher Sicht

Die didaktische Herausforderung der Schule besteht darin, Wissen, welches erst recht spät und unter grosser geistiger Anstrengung in der menschlichen Kulturgeschichte entwickelt wurde, so aufzubereiten, dass es Schulkinder verstehen können. Dass dies gerade in den Naturwissenschaften eine besondere Herausforderung ist, wurde bereits im ersten Abschnitt dieses Kapitels hervorgehoben: Die Alltagserklärungen der Schülerinnen und Schüler sind häufig inkompatibel mit den wissenschaftlichen Erklärungen.

Schulunterricht bedarf insofern Professionalität, als ihm die Aufgabe zukommt, das zu vermittelnde Wissen didaktisch aufzubereiten. Dass dies mehr sein muss als eine Auswahl von Inhalten und deren Vereinfachung für die Schule, steht seit einiger Zeit im Zentrum der didaktischen Forschung sowie der Lehr- und Lernforschung. So versteht man unter „didaktische Rekonstruktion“ (Klattmann et al. 2005; Metzger, in Druck; Zeyer 2006) die Aufbereitung des Unterrichtsstoffes unter Berücksichtigung der Vorkenntnisse, der Vorstellungen und der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler. Dies stellt Anforderungen an die Wissenschaft und Forschung sowie an die Lehrpersonen selbst. Die didaktische Forschung und die Lehr- und Lernforschung müssen Wissen bereitstellen, welches hilft, die Voraussetzungen sowie die Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler besser zu verstehen. In der Aus- und Weiterbildung sollen Studierende und Lehrpersonen dieses Wissen erwerben beziehungsweise mit ihrer fachlichen sowie ihrer Praxisexpertise in Verbindung bringen.

Der Lehr- und Lernforscher Lee Shulman (1987) hat in einem wegweisenden Aufsatz beschrieben, worin die Expertise jeder Lehrpersonen besteht: (1) Wissen über das zu unterrichtende Fach, (2) Wissen über Lernen und Lehren sowie (3) das so genannte fachspezifische pädagogische Wissen (*pedagogical content knowledge*), das verstanden werden kann als „*die Zusammenführung von Inhalt und Pädagogik zu einem Verständnis dessen, wie bestimmte Themen, Probleme oder Fragen strukturiert, dargestellt und an die Interessen und Fähigkeiten der Lernenden angepasst und für den Unterricht aufbereitet werden sollten*“. (Shulman, 1987, S. 8, Übersetzung der Autorin).

Im deutschsprachigen Bereich wird Letzteres auch als fachdidaktisches Wissen bezeichnet. Auch in der Primarschule muss die Lehrperson über profundes Fachwissen beispielsweise in Mathematik und in den Naturwissenschaften verfügen, wenn sie diese Fächer gut unterrichten möchte. Nur so kann die Lehrperson den Erwerb von anschlussfähigem Wissen unterstützen, auf das in den höheren Klassen aufgebaut werden kann. Sie muss sozusagen vom Ende her denken, zum Beispiel wenn sie beim Thema „Schwimmen und Sinken“ die Grundidee der Auftriebskraft so einführen möchte, dass dieses Wissen Jahre später zum Aufbau des Kraftbegriffes genutzt werden kann. Dazu muss sie natürlich den formalen Kraftbegriff kennen.

Umgekehrt kann die Gymnasiallehrperson vielleicht aufgrund ihrer Begeisterung für das Fach kurzfristig ihre Schülerinnen und Schüler mitreissen. Wenn diese aber den roten Faden verlieren, weil sie das von der Lehrperson verwendete Begriffssystem nicht in das ihrige einordnen können, gehen Lernbereitschaft und Interesse schnell verloren. Deshalb müssen Lehrpersonen für das Gymnasium genau wie alle andere Lehrpersonen auch die Diskrepanz zwischen dem Fachwissen und dem Alltagswissen der Schülerinnen und Schüler verstehen und die Aufgaben und Aufträge an die Schülerinnen und Schüler so formulieren, dass sie auf die Veränderung und Erweiterung des Vorwissens der Schülerinnen und Schüler abgestimmt sind. Die Forderung, wonach Lehrpersonen die Lernenden dort abholen sollen, wo diese stehen, ist wahrhaftig nicht neu. Aber in der Frage, wie man erkennen und erfassen kann, wo Lernende

stehen, hat die Lernforschung Fortschritte gemacht. Diese Erkenntnisse sollten ein zentraler Teil der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen werden.

1.3.2 Den Inhalt durch die pädagogische Brille sehen

Voraussetzung für lernwirksamen Unterricht in jedem Fach und in jeder Altersstufe ist, dass die Lehrpersonen das Fachwissen „durch die pädagogische Brille“ sehen und „kognitive Empathie“ zeigen, das heisst sich in die Lernwege ihrer Schülerinnen und Schüler hineinversetzen. Besonders gut nachgewiesen ist dies für das Fach Mathematik sowohl für den Primarbereich (Staub & Stern 2002) als auch kürzlich für den Sekundarbereich (Krauss et al. 2008). Für diesen konnte gezeigt werden, dass die Leistung der Schüler im Fach Mathematik umso besser war, je besser das Fachwissen der Lehrperson war. Dabei gab es aber eine entscheidende Einschränkung: Fachwissen wirkte sich nur dann positiv auf die Leistung der Schülerinnen und Schüler aus, wenn die Lehrperson zusätzlich zum Fachwissen über fachspezifisches pädagogisches Wissen verfügte. Mit anderen Worten: Fachwissen war offensichtlich notwendige, wenn auch nicht hinreichende Voraussetzung für fachspezifisches pädagogisches Wissen.

Für die Schweizer Situation ergeben sich daraus klare Konsequenzen: Lehrpersonen für das Gymnasium bringen ausreichendes Fachwissen mit, auf dessen Grundlage sie fachspezifisches pädagogisches Wissen aufbauen können, wenn sie darin unterstützt werden. Dieses Fachwissen kann hingegen nicht immer bei den Lehrpersonen für die anderen Schulstufen vorausgesetzt werden. Sollen sie Inhalte unterrichten, die sie selbst nicht richtig verstanden haben, können sie auch die Schwierigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler mit dem Stoff nicht verstehen. Aus- und Weiterbildungsaktivitäten in dieser Gruppe müssen deshalb darauf abzielen, das Fachwissen besser zu verstehen und auf dieser Basis fachspezifisches pädagogisches Inhaltswissen aufzubauen und im Unterricht einzusetzen. Wie das aussehen kann, wird im folgenden Abschnitt erörtert.

1.3.3 Formative Leistungsbeurteilung als Kernkompetenz der Lehrperson

Unterricht ist lernwirksam, wenn es Lehrpersonen gelingt, das lücken- und fehlerhafte Wissen der Lernenden (etwa Misskonzepte, vereinfachte Alltagserklärungen, isolierte Fakten, unverbundene Definitionen und Formeln) für den weiteren Wissensaufbau zu nutzen. Dies kann geschehen, indem man die Schüler mit Erklärungen konfrontiert, die ihren eigenen widersprechen, oder aber indem man sie anregt, ihr fragmentarisches Wissen zu aktivieren und neu zu verbinden.

Solche geistigen Aktivitäten bei ihren Schülern anzuregen, macht die Kernkompetenz von Lehrpersonen aus, es ist ihr zentrales Professionswissen, ihre Expertise. Voraussetzung hierfür ist, dass den Lehrpersonen ein grosses Repertoire an Methoden zur Verfügung steht, aus dem sie gezielt auswählen können. Direkte Instruktion durch die Lehrperson kann Lernende, welche bereits fragmentarisches, aber korrektes Vorwissen mitbringen, schneller und besser voranbringen als zeitaufwändiges forschendes Lernen. Andererseits können bestimmte Hands-on-Erfahrungen und Demonstrationen, wie sie in allen naturwissenschaftlichen Fächern möglich sind, Interesse wecken und die Verankerung des Inhaltes im Gedächtnis fördern. Diese Flexibilität in der Diagnose von Schülerwissen und der Abstimmung der Methoden auf die Lernziele wird in Abgrenzung von der summativen Leistungsbeurteilung als formative Leistungsbeurteilung bezeichnet.

Die Note einer am Ende einer Unterrichtseinheit geschriebenen Prüfung ist der klassische Fall einer so genannten summativen Leistungsbeurteilung: Die Lernenden wissen zum Schluss, in welchem Masse sie den Erwartungen der Lehrperson entsprechen.

Eine Alternative wäre es, manche der Fragen und Aufgaben aber auch während des Unterrichtes stellen zu können. Anstatt nun die Leistungen der Schülerinnen und Schüler in Form von Noten zu bewerten, schaut man sich die Antworten und Fehler der Schülerinnen und Schüler genauer an und zieht aus dem Ergebnis Rückschlüsse auf vorhandenes und fehlendes Wissen. Die Lehraktivitäten in den folgenden Lektionen werden dann darauf abgestellt. Die Wissensdiagnose hätte so den Unterricht geformt, daher kommt der Name „formative Leistungsbeurteilung“ (*formative assessment*). Es geht nicht darum, die Schülerinnen und Schüler zu klassifizieren, sondern ihr Wissen (bzw. das noch mangelhafte Verständnis) für die Gestaltung der Lernumgebung zu nutzen.

Formative Beurteilung ist zu komplex, als dass Lehrpersonen sie ad hoc anwenden können. Auch die weiter hinten beschriebenen kognitiv aktivierenden Lernformen (z. B. der Einsatz von Lerntagebüchern, Selbsterklärungen oder metakognitiven Fragen) eignen sich für die formative Leistungsbeurteilung. Ein sehr erfolgreiches Modell für formative Beurteilung ist das „Force Concept Inventory“ (Minstrel & Hunt 1994), welches sehr detailliert Missverständnisse aufdecken kann, die Schülerinnen und Schüler in der Mechanik haben.

Die Entwicklung genau solchen Materials für die naturwissenschaftlichen Fächer haben sich inzwischen zahlreiche wissenschaftliche Arbeitsgruppen zur Aufgabe gemacht. In den USA wurde in zwei Zentren Pionierarbeit geleistet. Am CAESL-Institut (Center for the Assessment and Evaluation of Student Learning) haben sich Universitäten der Bay-Area in Kalifornien zusammengeschlossen, um mit Lehrpersonen Instrumente zur formativen Beurteilung zu entwickeln.¹ Andererseits haben Ruiz-Primo, M.A. und Furtak (2006, 2007) Möglichkeiten der formativen Leistungsbeurteilung beim forschenden Lernen erarbeitet, eine Vorgehensweise im NaTech-Unterricht, der weiter hinten noch grössere Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Formative Leistungsbeurteilung ist keine Technik, die man in einem einmaligen Weiterbildungskurs erwirbt, sondern sie ist eine Unterrichtsphilosophie, die nur in Zusammenarbeit zwischen Lehrpersonen und Lernforschern gelingen kann.

1.3.4 Weiterbildung als Teil der Schulkultur

Dass Übung den Meister und die Meisterin macht, gilt für fast alle Berufe. Handwerker, Chirurgen, Richterinnen und Krankenpfleger üben ihre Tätigkeit mit zunehmender Erfahrung immer souveräner und erfolgreicher aus. Es gibt aber auch Ausnahmen, und dazu gehören Lehrpersonen. Noch immer gilt der Befund, dass die Anzahl an Unterrichtsjahren einer Lehrperson nicht mit dem Lernerfolg ihrer Schülerinnen und Schüler zusammenhängt. Unter dem Stichwort „Erfahrungsfalle“ wird das bei Hascher (2005) wieder aufgegriffen.

Bei Stern (2009) wird ausführlich erörtert, worin sich die Anforderungen des Lehrerberufs von denen anderer Berufe unterscheiden und weshalb Routine im Lehrberuf schädlich sein kann. Die Vielfalt von teilweise unvereinbaren Zielen und die immer wechselnden Anforderungen erfordern eher die Reflektion über Verhaltensalternativen als die Wiederholung der gleichen Tätigkeit. Das gilt ganz besonders für die formative Leistungsbeurteilung und die Anpassung der Lehrtätigkeit auf das Vorwissen der Lernenden.

¹ URL: http://www.edgateway.net/cs/caeslweb/print/caesl_docs/index.htm.

So gesehen ist die Bildung von Arbeitsgruppen bestehend aus Lehrpersonen und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern die zeitgemässe Form der Weiterbildung. In diesen Gruppen wird am konkreten Unterricht gearbeitet; und es werden die Lernprozesse von realen Schülerinnen und Schülern analysiert. Die gemeinsame Diskussion von Aufgabenlösungen der Schülerinnen und Schüler sowie die Analyse von Unterrichtsvideos zusammen mit Kolleginnen und Kollegen helfen Lehrpersonen, auf effiziente Weise ihren Unterricht zu verbessern (Loughran, Mulhall & Berry 2008; Oberhauser & Freeman 2005; Pellegrino & Goldman, in Druck).

In der Schweiz hat Fritz Staub von der Universität Fribourg ein über die Grenzen hinaus viel beachtetes Modell des kollegialen Unterrichtscoachings entwickelt (Kreis & Staub 2009; Staub 2006), auf dessen Grundlage sich eine Zusammenarbeit zwischen Lehrpersonen und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern etablieren kann. Idealerweise führt eine solche unterrichtsbezogene Weiterbildung zu einer Umstrukturierung von Ressourcen: Dank der Zusammenarbeit mit anderen Lehrpersonen und Wissenschaftlern wird weniger Zeit für die Vorbereitung von Unterrichtsmaterialien und Tests benötigt und diese Zeit kann in die Analyse von Vorwissen und von Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler investiert werden. Weiterbildung darf nicht länger als schmückendes Beiwerk, Unterbrechung der Unterrichtsroutine durch Kursbesuche oder als Nachhilfestunde für schlechte Lehrpersonen gesehen werden, sondern muss selbstverständlicher Teil der Schulkultur und der professionellen Entwicklung werden.

1.4 Wie kann im NaTech-Unterricht gelernt werden?

Sowohl hinsichtlich der Auswahl an Themen als auch was die Vorgehensweisen betrifft, bietet der NaTech-Unterricht viele Möglichkeiten. Die Lehrperson steht immer wieder vor neuen Entscheidungen. Soll sie mehr Zeit auf Optik oder Mechanik verwenden? Soll sie physikalische Prinzipien an Beispielen aus der Technik oder des Kochens erläutern? Soll sie Aufgaben lösen lassen, Vorträge halten oder die Lernenden selbst etwas ausprobieren lassen? Auch die Einführung von verbindlichen Lehrplänen und Lehrmitteln nimmt den Lehrpersonen solche Entscheidungen nicht ab, sondern erleichtert bestenfalls die Auswahl. Die fachdidaktische Forschung kann Wissen bereitstellen, welches Rahmenbedingungen für lernwirksamen NaTech-Unterricht aufzeigt. Im Folgenden werden vier Themenbereiche erörtert, welche nach unserer Auffassung den NaTech-Unterricht auf allen Schulstufen und in allen Schulformen stärker bestimmen sollten.

1.4.1 Potenziale und Grenzen des Experiments und des forschenden Lernens im NaTech-Unterricht

Von Albert Zeyer und Freia Odermatt

In der aktuellen fachdidaktischen Diskussion werden die Begriffe des Experiments einerseits und des forschenden Lernens andererseits weitgehend durch die beiden Anglizismen *hands-on science* (HOS) und *inquiry-based science education* (IBSE) ersetzt. Diese beiden Begriffe haben in den letzten Jahren die Diskussion in der Naturwissenschaftsdidaktik wesentlich geprägt. Dabei stellt sich das Problem, dass sie oft vage und in unterschiedlichen Kontexten und Bedeutungen gebraucht werden. Der Abschnitt beginnt darum mit einer definitorischen Aus-

einandersetzung und berichtet dann von der empirischen Evidenz dieser Ansätze. Im Fazit werden die Ergebnisse im Blick auf die Expertise hin ausgewertet.

1.4.1.1 Definition von hands-on science (HOS)

Mit HOS ist nach Ruby (2001) das Rad des naturwissenschaftlichen Unterrichts nicht völlig neu erfunden worden, das Konzept hat vielmehr bereits vorhandene Ansätze aufgegriffen und erweitert. Mit den traditionellen Vorstellungen von „Labor“ oder „Experiment“ ist allerdings das gesamte Bedeutungsfeld der HOS nicht zu erfassen. HOS kann durchaus auch in einem Klassenraum oder in einer ausserschulischen Umgebung stattfinden. Sie bezeichnet letztlich jede Unterrichtsmethode, die Schülerinnen und Schüler den Lernstoff „handfest“ zupackend begreifen lassen will.

Ruby unterscheidet mehrere unterschiedliche Konzepte im Zusammenhang mit HOS.

- * *demonstration/verification*: Dies ist der ursprüngliche Begriff von HOS. Gemeint sind den Unterricht illustrierende Experimente, die ein Phänomen live vorführen, welches die Lernenden sonst nur in der Theorie kennen lernen. Zu dieser Art von HOS gehören sowohl das Demonstrationsexperiment als auch von den Schülerinnen und Schülern selber durchgeführte Experimente. Entscheidend ist, dass dabei nach „Rezept“ vorgegangen wird, das heisst, dass die Experimente Schritt für Schritt nach einem fest vorgegebenen Plan durchgeführt werden.
- * *discovery approach*: Dies ist das sog. „entdeckenden Lernen“, bei dem Schülerinnen und Schüler zu einem möglichst selbstständigen Suchen und Finden ermutigt werden. Das Pendel schwingt dabei gewissermassen auf die andere Seite aus: Anstelle eines starren „Rezepts“ wird den Lernenden ein weites Feld von relativ beliebigen Möglichkeiten eröffnet. Die Erwartungen in eine so verstandene HOS haben sich in der Praxis nicht erfüllt, weil sie die Lernenden rasch überfordert und in etlichen wichtigen Bereichen des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Schule nicht realisiert werden kann.
- * Der sog. *exploratory approach* versucht einen Mittelweg zu gehen: Die Lernenden sollen sich bei der Erarbeitung von neuem Wissensstoff nur mehr in einer Anfangsphase und gestützt durch wenigstens erste Anleitungen mit konkreten Gegenständen beschäftigen. Sie sollen sich mit dem Thema vertraut machen, Interesse entwickeln und ermutigt werden, Fragen zu stellen. Auch bei diesem Ansatz zeigte es sich aber, dass die Erwartung, dass Lernende die zugrundeliegenden naturwissenschaftlichen Konzepte selbstständig entdecken würden, aufgegeben werden musste.
- * *inquiry approach*: Das „forschende Lernen“ geht wieder einen Schritt weiter in eine andere Richtung, indem es Lernende dazu anleiten möchte, die Erkenntnisse aus der HOS in ein umfassendes Handlungswissen und in übergreifende gedankliche Konzepte einzuordnen. Auf diese Weise sollen Lernende aus ihrem eigenen Verständnishorizont heraus allgemeine Problemlösefähigkeiten entwickeln. Die Lehrpersonen sollen sie darin weniger unterweisen als begleiten. Dies stellt hohe Anforderungen auch an die Lehrerinnen und Lehrer. Die u. U. zeitaufwändigen Prozesse sind zudem oft schwer mit den geltenden Lehrplänen in Einklang zu bringen.

Zu einem vergleichbaren Schluss kommt der Aufsatz von Mayer (2004), der Studien zu verschiedenen Unterrichtsformen, die auf ein aktives Mitgestalten der Lernenden ausgerichtet sind, untersuchte. Geführtes entdeckendes Lernen (*guided discovery*) erwies sich in jedem Fall dem ungezielt entdeckenden Lernen (*pure discovery*) als überlegen. In dieselbe Richtung weisen die Ergebnisse einer Untersuchung von Hardy, Jone, Möller & Stern (2006), die an-

hand eines konkreten Unterrichtsgegenstandes (Schwimmen und Sinken beziehungsweise Dichte und Auftrieb) belegen, dass komplexes physikalisches Wissen mit mehr Erfolg vermittelt werden kann, wenn das experimentierende Lernen durch eine angemessene Strukturierung des Unterrichts unterstützt wird.

1.4.1.2 Definition von inquiry-based science education (IBSE)

Von den vier genannten Möglichkeiten hat sich der *inquiry approach* durchgesetzt. Er ist zu einem umfassenden Konzept weiterentwickelt worden, das man heute als *inquiry-based science education (IBSE)* oder *inquiry-based science teaching (IBST)* bezeichnet. IBSE kann durch vier Dimensionen charakterisiert werden:

1. In der IBSE geht es um authentische und problembasierte Lehr-Lern-Aktivitäten, die nicht in erster Linie auf vorgesehene korrekte Resultate fokussiert sind.
2. Sie beinhalten einen gewissen Anteil von HOS. Dabei geht es nicht nur um Experimente im eigentlichen Sinn, sondern auch um das Beschaffen von Informationen.
3. IBSE enthält Sequenzen des autonomen, selbstorganisierten Lernens der Schülerinnen und Schüler.
4. Eine weitere Dimension ist das diskursive Argumentieren und Kommunizieren mit Peers („talking science“).

In einem solchen Konzept der IBSE sind das Experiment und der forschende Zugang zu einem übergeordneten Ganzen zusammengefasst und mit diskursiven und kommunikativen Aspekten verwoben. IBSE nimmt damit schon ältere Strömungen wie „Laborarbeit“ oder auch sogenannte reformbasierte Methoden auf und integriert sie in einen modernen naturwissenschaftlichen Unterricht.

1.4.1.3 Evaluation

HOS und IBSE sind gut erforschte didaktische Gebiete. Allerdings macht der Wildwuchs der Terminologie die empirische Evaluation schwierig. Eine sorgfältige Metaanalyse durch Furtak & Seidel (2008) konnte von 1500 untersuchten Arbeiten nur 21 so klassifizieren, dass sie den beschriebenen Kriterien der IBSE wirklich entsprechen. Die meisten dieser Forschungsarbeiten vergleichen „traditionelle“ und „innovative“ Curricula. Die Autorinnen äussern sich allerdings auch gegenüber diesen Arbeiten des engeren Kreises durchaus kritisch. Sie bemerken, dass sie alle am selben „black-box“-Problem kranken: Sie betrachten das Curriculum als Input und den Lerneffekt der Schülerinnen und Schüler als Output – ohne dass sie berücksichtigen können, was in den Klassenräumen konkret vor sich geht. Zum zweiten beobachten sie – und das gilt auch für Analysen, die nicht Curricula, sondern Lehrmethoden vergleichen wollen –, dass die einzelnen Resultate nicht im selben Rahmen liegen, sondern sehr unterschiedlich sind und offensichtlich von den didaktischen Präferenzen der Verfasserinnen und Verfasser mitgeprägt werden. Dazu kommen in allen Untersuchungen die begrifflichen Unsicherheiten, die die Interpretation der Resultate und ihre Vergleichbarkeit sehr erschwert.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen kommt die Metaanalyse zum Schluss, dass es einen kleineren bis mittleren Effekt von ISBE auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler gibt, v. a. wenn IBSE das ganze Spektrum der oben beschriebenen Dimensionen abdeckt. Ausserdem zeigt sich klar, dass Interventionen im Sinne des IBSE umso erfolgreicher sein können, je länger die Zeitdauer ist, in der diese Methoden zum Zug kommen. So hat jüngst die Studie von Brandt, Möller & Kohse-Höinghaus (2008) bestätigt, dass nach einem Besuch

in einem Experimentierlabor die Schülerinnen und Schüler nicht nur mehr Interesse am Fach Chemie zeigen, sondern sich auch selbst mehr zutrauen (was für die Fächer- bzw. Berufswahl sehr bedeutsam ist). In einer Nachfolgeuntersuchung nach vier Monaten konnte dieser positive Effekt allerdings nicht mehr nachgewiesen werden. Das Autorenteam kommt deshalb zum Schluss, dass solche „Events“ nur dann nachhaltigen Erfolg zeitigen, wenn sie wiederholt angeboten und besser mit dem Schulunterricht verzahnt werden.

1.4.1.4 Lernsoftware und Gruppenarbeit als erprobte Methoden zur Förderung von IBSE

Inquiry-based science education (IBSE) ist lernwirksam, wenn die Schülerinnen und Schüler die relevanten Schritte bearbeiten: (1) das Entwickeln wissenschaftlich interessanter Fragestellungen, (2) das Aufstellen verschiedener gehaltvoller und überprüfbarer Hypothesen, (3) das Planen und Durchführen von Experimenten zur Bestätigung oder Widerlegung der Hypothesen, (4) die Interpretation der Ergebnisse der Experimente und (5) die Integration der gewonnenen Einsichten in ein theoretisches Modell. Die grössten Schwierigkeiten bereiten den Schülerinnen und Schülern das Entwickeln von Hypothesen und deren Überprüfung durch geeignete Experimente sowie die korrekte Interpretation der Beobachtungen (Bell et al., 2003). Es gibt zwei gut etablierte und evaluierte Methoden zum Umgang mit diesen Schwierigkeiten. Die Lernsoftware „Inquiry Island“ (White & Frederiksen 2005) stellt Schülerinnen und Schülern genaue Anleitungen für jeden Schritt beim forschenden Lernen bereit. So können sie Ratgeber befragen, die ihnen zum Beispiel mitteilen, worauf sie achten müssen, wenn sie empirisch gehaltvolle und voneinander verschiedene konkurrierende Hypothesen aufstellen wollen. Oder sie geben ihnen Ratschläge dazu, was sie beachten müssen, damit die von ihnen durchgeführten Experimente so gestaltet sind, dass sie ihre Hypothesen auch tatsächlich bestätigen beziehungsweise widerlegen können.

Forschendes Lernen setzt Kleingruppenarbeit voraus. Für das Fach Chemie hat Elke Sumfleth (Professorin für Fachdidaktik an der Universität Essen) sehr detailliert untersucht, wie sich die Effizienz von Schülerexperimenten in Kleingruppenarbeitsphasen steigern lässt (Walpuski & Sumfleth 2007; Wahser & Sumfleth 2008). Dabei wurde insbesondere untersucht, wie sich forschendes Lernen durch strukturierende Lernhilfen (z. B. Flussdiagramme) sowie durch Fehlerkorrektur und entsprechendes Feedback optimieren lässt.

1.4.1.5 Fazit

Die Diskussion um Labor, Experiment und forschendes Lernen kann heute nur noch im Rahmen eines umfassenderen Konzepts von IBSE geführt werden. Die vier beschriebenen Dimensionen können nicht einzeln stehen, sondern beschreiben heuristische Facetten eines modernen naturwissenschaftlichen Unterrichts. Trotz akribischer Recherchen und vieler empirischer Daten muss festgehalten werden, dass die Evidenz zugunsten des IBSE-Ansatzes eher mässig ist, zumal ein wirkliches, einheitliches Konzept sich erst in der letzten Zeit herauszuschälen beginnt.

Trotzdem ist, wie bereits bemerkt, das IBSE-Konzept zu einer zentralen Argumentationslinie eines erneuerten naturwissenschaftlichen Unterrichts geworden. Wir glauben, dass das nicht in erster Linie einer überwältigenden empirischen Evidenz zufolge geschieht, sondern weil das Konzept an sich von einem vernünftigen, pragmatischen Gesichtspunkt her überzeugt. Es beinhaltet mehrere zentrale Anliegen der neueren Fachdidaktik: Den kontextbasierten, problemorientierten Unterricht, das selbstorganisierte Lernen von Schülerinnen und Schülern und

den Diskurs beziehungsweise die Argumentation mit Peers, das heisst in Gruppen oder im Klassenverband. Versierte Lehrpersonen werden diese Aspekte in ihren Unterricht ohnehin integrieren.

Was das Experiment – oder allgemeiner und umfassender: die HOS – anbelangt, so liefert die Analyse der IBSE Anhaltspunkte dafür, dass es von Nutzen sein kann. Aber auch dies wird von einer erfahrenen Lehrperson wohl kaum bestritten werden. Jede Physiklehrperson zum Beispiel weiss um die zentrale Qualität, die durch Experimente in den Physikunterricht eingebracht wird. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch wieder der Aspekt der *inquiry*: Experimente, die einen forschenden Anteil haben, bei dem die Lernenden selber eigene Fragestellungen verfolgen, austesten und beantworten können, haben einen hohen didaktischen Wert. Trotzdem würde eine erfahrene Lehrperson das Demonstrationsexperiment nicht einfach weglassen wollen. Gut vorbereite, funktionierende und durch Brillanz bestechende Demonstrationsexperimente können bei Schülerinnen und Schülern einen bleibenden Eindruck hinterlassen und auch einen ästhetischen Glanzpunkt im Unterricht setzen.

Insgesamt kann durchaus unterstützt werden, dass IBSE zu einer Hauptstossrichtung einer Erneuerung des naturwissenschaftlichen Unterrichts gemacht werden kann. Der kontextbasierte, problemorientierte Ansatz macht diese Lehr-Lern-Methode insbesondere geeignet für Fragen von Umwelt- und Gesundheitsbildung. Trotzdem würden wir – wie in dieser Expertise immer wieder betont – eine qualitativ hochstehende Umsetzung von andern didaktischen Methoden, wie zum Beispiel den Frontalunterricht, nicht aus dem Repertoire der einzelnen Lehrperson streichen wollen. Gerade im Unterricht auf den oberen Gymnasialstufen sollte der synthetische, systematisch strukturierte Unterricht, der auf den Aufbau von Grundlagen und Orientierungspunkten abzielt, nicht vernachlässigt werden. Wir sehen IBSE nicht als Allheilmittel für einen gelungenen naturwissenschaftlichen Unterricht, sondern als wesentliche und qualitativ hochstehende Komponente einer vielfältigen didaktischen Landschaft.

1.4.2 Kognitive aktivierende Lernformen im NaTech-Unterricht

Von Ralph Schumacher

Wie weiter vorn ausgeführt wurde, besteht die besondere Herausforderung im NaTech-Unterricht darin, das Verstehen von schwierigen und alltagsfernen Konzepten und komplexen Erklärungssystemen zu fördern. Voraussetzung hierfür ist, dass sich die Schülerinnen und Schüler über einen längeren Zeitraum auf anstrengende und teilweise frustrierende Lernhandlungen einlassen. Möglichkeiten der Unterstützung wurden in den letzten Jahren in der Lehr- und Lernforschung erarbeitet und evaluiert. Drei Beispiele, die sich für alle NaTech-Fächer, Schulstufen und Schulformen eignen, werden im Folgenden dargestellt.

1.4.2.1 Der Einsatz von Selbsterklärungen

Das erste Training besteht darin, die Lernenden zur Konstruktion von so genannten *Selbsterklärungen* anzuleiten. Dies sind Erklärungen, die man für sich selber entwickelt, um sich einen Sachverhalt verständlich zu machen. Stösst man zum Beispiel beim Lesen eines Biologiebuches auf die Feststellung, dass Wale und Delfine keine Fische, sondern Säugetiere sind, dann kann man sich dies nur erklären, wenn man sich das Prinzip vor Augen führt, dass Tiere nicht anhand ihres Lebensraumes, sondern anhand der Art und Weise ihrer Fortpflanzung klassifiziert werden. Mit Selbsterklärungen wird also nach den zugrunde liegenden Prinzipien

gesucht, die man erfasst haben muss, um neue Informationen verstehen und sinnvoll in das bereits bestehende Vorwissen integrieren zu können.

Die positiven Wirkungen von Selbsterklärungen auf die Lernleistungen konnten in zahlreichen Untersuchungen belegt werden (siehe z. B. Berthold et al. 2008). Ein Beispiel ist die experimentelle Studie von Michelene Chi (Chi 2000), in der die Leistungen von zwei Gruppen 14-jähriger Schülerinnen und Schüler miteinander verglichen wurden. In der Versuchsgruppe wurde ihnen ein Biologietext über den menschlichen Blutkreislauf präsentiert, und sie erhielten die Instruktion, nach jedem gelesenen Satz eine Selbsterklärung zu konstruieren. In der Kontrollgruppe wurde den Teilnehmern derselbe Text präsentiert, aber sie wurden nicht ausdrücklich aufgefordert, Selbsterklärungen zu bilden. Stattdessen erhielten sie die Instruktion, den Text zweimal zu lesen, damit sie genauso viel Zeit mit dem Text zubrachten wie die Versuchsgruppe. Bei allen Teilnehmern wurde das Wissen über den menschlichen Blutkreislauf vor und nach dem Lesen des Textes getestet. Dabei zeigte sich, dass die Schülerinnen und Schüler in der Versuchsgruppe einen deutlich grösseren Wissenszuwachs vom Vor- zum Nach-Test hatten als die Versuchsteilnehmer in der Kontrollgruppe.

Das Ziel solcher Trainings zur Bildung von Selbsterklärungen liegt darin, die Fähigkeit zum selbstständigen Lernen zu verbessern, indem die Lernenden diese Instruktionen durch wiederholte Übungen im Laufe der Zeit automatisieren und beginnen, selber spontan Selbsterklärungen zu konstruieren. Die positiven Wirkungen von Selbsterklärungen auf die schulischen Leistungen beruhen auf den folgenden Gründen:

- (1) Im Zuge von Selbsterklärungen werden bereichsspezifische Prinzipien und Gesetzmässigkeiten konstruiert. Dieses Wissen steht den Lernenden anschliessend für Problemlösungen zur Verfügung.
- (2) Beim Selbsterklären wird das eigene Lernen reflektiert und kontrolliert, denn die Lernenden stellen sich dabei Fragen wie die folgenden: „Habe ich die vorliegende Behauptung verstanden? Welche Möglichkeiten habe ich, um diese Behauptung zu erklären?“ Dadurch kommt es zu weniger Illusionen über das eigene Verstehen.
- (3) Selbsterklärungen lassen sich dazu nutzen, um neue Informationen gezielt in das bereits bestehende Vorwissen zu integrieren. Dadurch werden die Lernenden in die Lage versetzt, Analogien zu bilden sowie bekannte Konzepte und Lösungsstrategien beim Bearbeiten neuer Aufgabenstellungen heranzuziehen.
- (4) Das Konstruieren von Selbsterklärungen hat zur Folge, dass die betreffenden Inhalte geistig aktiviert werden und im Bewusstsein besonders präsent sind. In mehreren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass sich die richtigen Lösungsstrategien aktivieren und die falschen Strategien gezielt deaktivieren lassen, indem man die Lernenden auffordert zu erklären, warum die korrekten Lösungsstrategien korrekt und warum die inkorrekten Strategien inkorrekt sind (Siegler 2002).

Empfohlene Massnahmen zur konkreten Umsetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht:

- (1) Anleitung zur Bildung von Selbsterklärungen durch die Lehrperson im Unterricht
- (2) Entwicklung von Aufgabenheften mit inhaltlich abgestimmten Anleitungen zur Bildung von Selbsterklärungen
- (3) Kooperatives Lernen in Kleingruppen mit spezifischen Instruktionen zur Bildung sowie zur gemeinsamen Diskussion von Selbsterklärungen

1.4.2.2 Der Einsatz metakognitiver Trainings

Eine weitere Methode zur Förderung von sinnstiftendem Lernen besteht darin, die Schülerinnen und Schüler gezielt zur Reflexion über ihre eigenen Lernprozesse anzuleiten, damit sie ihre Lernfortschritte selber kontrollieren, Verstehensillusionen aufdecken und auf die Organisation ihres Wissens Einfluss nehmen können. Da es sich bei Lernprozessen um *kognitive* Prozesse handelt, wird dieses Training, bei dem die Lernprozesse selber zum Gegenstand der Reflexion werden, als *metakognitives* Training bezeichnet. Dabei werden die Lernenden mit Fragen wie den folgenden aufgefordert, ihre Aufmerksamkeit auf die eigenen Lernprozesse zu richten:

- (1) *Verständnisfragen*: Habe ich die zentralen Begriffe und die Aufgabenstellung verstanden?
- (2) *Verknüpfungsfragen*: In welchen Hinsichten ist die vorliegende Aufgabe anderen Aufgaben ähnlich, die ich bereits bearbeitet habe – und in welchen Hinsichten unterscheidet sie sich von ihnen?
- (3) *Strategiefragen*: Welches ist die beste Strategie zur Lösung dieser Aufgabe – und aus welchen Gründen ist sie die beste Strategie?
- (4) *Reflexionsfragen*: Ist der von mir erarbeitete Lösungsvorschlag plausibel? Welche Bedeutung besitzt diese Aufgabe in einem grösseren Zusammenhang?

Solche Fragen können sowohl beim kooperativen Lernen in Kleingruppen als auch beim individuellen Lernen Anwendung finden – beispielsweise indem die Lernenden diese Fragen beim Erstellen bearbeiten. Der positive Einfluss solcher metakognitiven Trainings auf den Lernerfolg wird durch zahlreiche Untersuchungen wie zum Beispiel die experimentellen Studien von Zemira Mevarech und ihren Kollegen belegt (siehe z. B. Mevarech & Fridkin 2006). Die positiven Wirkungen von metakognitiven Instruktionen auf die Lernleistungen beruhen vor allem auf den folgenden Gründen:

- (1) Beim metakognitiven Training wird die Aufmerksamkeit auf die eigenen Lernprozesse gelenkt und so die Illusionen darüber, was man glaubt verstanden zu haben, reduziert.
- (2) Die Lernenden werden beim metakognitiven Training dazu angeleitet, neue Informationen in das bereits bestehende Vorwissen zu integrieren. Ebenso wie die Aufforderungen zur Konstruktion von Selbsterklärungen fördert auch diese Art des Trainings die Anbindung neuer Informationen an das vorhandene Wissen – und unterstützt damit zum Beispiel durch die Bildung von Analogien das Verständnis neuer Konzepte und Problemlösungsstrategien.

Eine weitere wichtige Lernvoraussetzung ist das Wissen der Lernenden darüber, wie ihr eigenes Lernen funktioniert. Es hat sich nämlich gezeigt, dass die Überzeugungen über das eigene Lernen und über die eigene Lernfähigkeit einen bedeutenden Einfluss auf die Lernleistungen haben. Wer also weiss, wie Lernprozesse tatsächlich ablaufen und welche geistigen Anforderungen mit ihnen verbunden sind, der wird auch besser in der Lage sein, Lerntrainings umzusetzen als jemand, der unrealistische Ansichten über das Lernen hat. Ein Beispiel für die Bedeutung solcher Überzeugungen für die Lernleistungen besteht in den Überzeugungen über die Veränderbarkeit der eigenen Lernfähigkeit: Wer glaubt, dass seine Lernfähigkeit von Geburt an festgelegt ist, der wird die Lösung von schwierigen Aufgaben weniger hartnäckig verfolgen und bei Problemen eher aufgeben als jemand, der sich sagt, dass seine Leistungen in erster Linie von seinem Arbeitseinsatz und Übungsaufwand abhängen.

Empfohlene Massnahmen zur konkreten Umsetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht:

- (1) Anleitung zur Bearbeitung metakognitiver Fragen durch die Lehrperson im Unterricht

- (2) Entwicklung von Aufgabenheften mit inhaltlich abgestimmten metakognitiven Fragen
- (3) Einsatz von Lerntagebüchern mit metakognitiven Fragen, die die Schülerinnen und Schüler über einen längeren Zeitraum dazu anleiten, regelmässig ihre eigenen Lernprozesse und Lernfortschritte zu reflektieren
- (4) Einsatz von Lernsoftware mit metakognitiven Fragen, die die Schülerinnen und Schüler regelmässig aufrufen und konsultieren können, um sich zu vergewissern, ob sie zum Beispiel mit ihren Projektarbeiten auf dem richtigen Weg sind
- (5) Vermittlung realistischer Ansichten über das Lernen sowie über die Veränderbarkeit der individuellen Lernfähigkeit

1.4.2.3 Die Förderung der Lesekompetenz im NaTech

Lernen aus Texten spielt auch im NaTech-Unterricht eine entscheidende Rolle, aber Sachtexte müssen meist anders gelesen werden als Literaturtexte. Zum selbstständigen Lernen gehört auch die Kompetenz, eigenständig Informationen aus anspruchsvollen Texten zu gewinnen und das eigene Textverständnis zu kontrollieren. Naturwissenschaftlicher Unterricht eignet sich besonders gut zur Förderung der Lesekompetenz, weil es in diesem Bereich eindeutige Kriterien dafür gibt, wann etwas verstanden wurde. Ein Beispiel liefert die experimentelle Studie von Adina Koch (Koch 2001) zum Verstehen von Physiktexten. Ausgangspunkt dieser Studie ist die Beobachtung, dass Physiktexte hohe Anforderungen an das Textverstehen stellen, denn sie lassen sich meist nicht mit Erkenntnisgewinn überfliegen, sondern erfordern das präzise Erfassen sämtlicher Bedeutungen und Schlussfolgerungen. In der Studie von Koch wurden Studierende auf zwei Gruppen verteilt und über einen Zeitraum von drei Monaten mit unterschiedlichen Trainings zur Verbesserung des Textverstehens geschult. Die Personen in der Kontrollgruppe haben mithilfe des Koch-Eckstein-Tests geübt. Dieser Test besteht darin, dass ein kurzer anspruchsvoller Physiktext präsentiert wird, den die Studierenden lesen. Anschliessend wird ihnen ein zweiter Physiktext präsentiert, der sich auf das gleiche Thema bezieht. Die Studierenden haben nun die Aufgabe zu beurteilen, ob die einzelnen Behauptungen des zweiten Textes auch im ersten Text (a) enthalten oder (b) nicht enthalten sind – oder ob sie (c) mit dem ersten Text zwar verträglich, aber nicht ausdrücklich in ihm enthalten sind. Auf diese Weise lernen sie, den ersten Text sehr genau zu lesen. Die Personen in der Versuchsgruppe haben ebenfalls mit diesem Test geübt. Ihnen wurden aber zusätzlich metakognitive Fragen vorgelegt, die darauf abzielten, vor allem die folgenden drei Aspekte der Selbstbeobachtung zu fördern:

- (1) die Einschätzung des eigenen Textverständnisses
- (2) die Einsicht in die Gründe für die eigenen Defizite beim Textverstehen
- (3) die Beobachtung der Veränderung der eigenen Leistungen beim Textverstehen

Der Vergleich der Vor- und Nachtests beider Gruppen zeigte, dass sich das Textverständnis der Versuchsgruppe im Zuge des dreimonatigen Trainings deutlich stärker verbessert hatte als bei der Kontrollgruppe. Dieses Ergebnis spricht also dafür, dass das metakognitive Training einen eigenständigen Beitrag zur Verbesserung der Lesekompetenz leistete, der über den Beitrag des Koch-Eckstein-Tests hinausgeht.

Empfohlene Massnahmen zur konkreten Umsetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht

(1) Lesetrainings nach dem oben dargestellten Muster zur Förderung der Lesekompetenz. Diese Trainings können im naturwissenschaftlichen Unterricht sowie – bei entsprechender Absprache der Lehrpersonen – im Deutschunterricht durchgeführt werden.

1.4.3 Gesundheit und Umwelt

Von Albert Zeyer, Regula Kyburz-Graber

Einige Studien zeigen, dass Anliegen der nachhaltigen Entwicklung für viele Jugendliche, für Studierende der Naturwissenschaften und für Lehrkräfte oft die entscheidende Legitimation und das leitende Motiv sind, um sich mit Naturwissenschaften zu befassen.

1.4.3.1 Gesundheit

In der bereits erwähnten ROSE-Studie (*relevance of science education*) wurden die folgenden fünf naturwissenschaftlichen Themen von Mädchen favorisiert:

- Warum wir träumen, wenn wir schlafen, und was Träume bedeuten könnten
- Krebs – was wir wissen, und wie wir ihn behandeln können
- Wie man erste Hilfe ausübt und wie man ein einfaches medizinisches Gerät bedient
- Wie man seinen Körper trainiert und sich fit und stark hält
- Sexuell übertragene Krankheiten und wie man sich dagegen schützen kann

Ganz offensichtlich sind mindestens vier dieser Themen klar gesundheitsbezogen. Eine ganze Reihe von Arbeiten in der fachdidaktischen Forschung zeigt, dass Themen aus Gesundheit und Medizin die Mädchen besonders ansprechen und Türöffner für ihr naturwissenschaftliches Interesse sind. Für Knaben gilt dies zwar weniger ausgeprägt, aber sie interessieren sich ebenfalls für medizinische und gesundheitliche Themen. Insgesamt ist bekannt, dass naturwissenschaftlicher Unterricht, der Mädchen anspricht, in der Regel auch für Knaben günstig ist. Aber nicht nur Schülerinnen und Schüler, auch Studierende und zukünftige Lehrpersonen fühlen sich von Gesundheitsthemen angesprochen und für Naturwissenschaften und naturwissenschaftlichen Unterricht motiviert.

Gesundheitsthemen sind aber nicht nur auf der motivationalen Ebene günstig für den naturwissenschaftlichen Unterricht; die fachdidaktische Forschung zeigt einen ganzen Fächer von Vorteilen. In einer Arbeit, die auf einer umfassenden Review der gesundheitsbezogenen Artikel in grossen Zeitschriften zur Naturwissenschaftsdidaktik beruht, zeigen Zeyer und Odermatt (in print) auf, dass das Thema Gesundheit eine Win-win-Situation für den naturwissenschaftlichen Unterricht und die Gesundheitsförderung eröffnet. So bieten zum Beispiel Gesundheitsthemen ideales Material für einen interdisziplinären Zugang zum naturwissenschaftlichen Unterricht (Zeyer, 2006). Sie sind ideal, um im naturwissenschaftlichen Unterricht über soziale, politische und ethische Fragen zu diskutieren (*socio-scientific issues*), und sie können auch zur Illustration von philosophischen und historischen Fragen der Naturwissenschaften dienen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt geht in die umgekehrte Richtung: Gesundheitsthemen können nicht nur den naturwissenschaftlichen Unterricht befruchten; der naturwissenschaftliche Unterricht kann auch Gelegenheit bieten, Gesundheitsthemen im Unterricht zu behandeln und auf diese Weise zur Gesundheitsförderung in der Schule beitragen. In der naturwissenschaft-

lichen Fachdidaktik ist dies insbesondere für Themen wie HIV/Aids oder Ernährung bereits nachgewiesen worden (vgl. z. B. die Arbeiten von Keselman, Kaufman, & Patel, 2004 und Keselman, Kaufman, Kramer, & Patel, 2007).

Wie Aspekte der Gesundheitskompetenz konkret in den naturwissenschaftlichen Unterricht einbezogen werden können, wurde erstmals im Zusammenhang mit HarmoS (Harmonisierung der obligatorischen Schule) exemplarisch aufgezeigt. Das Konsortium Naturwissenschaften hat Gesundheit und Umwelt als integrale Bestandteile von naturwissenschaftlichem Unterricht definiert. Es hat Gesundheits-/Krankheitskompetenzen aufgelistet und mit den zwei Dimensionen „Kompetenzen“ und „Themenbereiche“, die im Kompetenzmodell von HarmoS vorgegeben sind, verglichen. Es hat sich gezeigt, dass viele Anliegen der aktuellen Diskussion zur Gesundheitskompetenz vom Kompetenzmodell für *Naturwissenschaften plus* aufgenommen werden können (Zeyer, Adamina, Gingins & Labudde 2007).

Fragen der Gesundheitskompetenz eignen sich schliesslich für den naturwissenschaftlichen Unterricht auf der Sekundarstufe II in besonderer Weise, weil komplexe und oft interdisziplinäre Sachverhalte auf fortgeschrittene Schülerinnen und Schüler zugeschnitten sind. Die Erkenntnisse von HarmoS bieten sich dafür als Basis an, die es entsprechend zu erweitern gilt.

1.4.3.2 Umweltfragen im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe II

Umweltthemen werden seit Beginn der Debatte um *Umwelterziehung* (in den 70er-Jahren) und später der *Umweltbildung* (seit Mitte der 80er-Jahre) zu einem Teil auch dem Aufgabebereich der naturwissenschaftlichen Bildung zugerechnet. Bereits an der UNESCO/UNEP-Weltkonferenz für Umwelterziehung in Tiflis 1977 wurde die Integration der Umweltthematik in alle Fächer in den zahlreichen Empfehlungen dargelegt. Rund zehn Jahre später sprach man vermehrt von Umweltbildung statt Umwelterziehung, um damit den Übergang vom früheren stark instrumentellen, behavioristisch orientierten Ansatz der individuellen Verhaltensveränderung auf der Basis von Wissensvermittlung zu einem verstehensorientierten, emanzipatorischen Bildungsansatz zu dokumentieren (Kyburz-Graber, 2004). 20 Jahre später, an der UNESCO-Weltkonferenz zur Bildung für nachhaltige Entwicklung in Thessaloniki 1997, wurde die fächerübergreifende Bildungsarbeit einmal mehr bekräftigt. Zusätzlich wurde im Zuge der globalen Nachhaltigkeits-Debatte die Umweltthematik um die Perspektiven der Gesellschaft und Wirtschaft erweitert. Damit wurde der Grundstein für die Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE, englisch *education for sustainable development ESD*) gelegt. Bis heute dauern die wissenschaftlichen Diskussionen an, ob die frühere Umweltbildung durch BNE ersetzt worden sei – wobei der Umweltbildung unterstellt wird, sie hätte sich früher auf die Förderung einer Naturbeziehung und auf enge naturwissenschaftliche Fragen beschränkt – oder ob die Umweltbildung einen eigenständigen Bereich innerhalb der BNE markieren soll. Diese Debatte wird wohl nie endgültig abgeschlossen sein. Es machen sich Bildungsfachleute verschiedenster Fachrichtungen für BNE stark; BNE wird immer ein Gefäss für Strömungen aller Art im Bereich aktueller und drängender Gesellschaftsfragen bleiben. Die grosse Schwierigkeit liegt dabei darin, dass es sich bei diesen Fragen meist um widersprüchliche, nicht eindeutige und auch ergebnisoffene Inhalte handelt, die im Gegensatz zu den etablierten und klarer abgegrenzten Lehrplan- und Lehrmittelinhalten stehen (Kyburz-Graber, 2004).

Niemand würde heute den interdisziplinären Ansatz von Umweltbildung beziehungsweise BNE in Frage stellen wollen. Und dennoch scheint es nach wie vor so zu sein, dass vorwiegend die Naturwissenschaftslehrkräfte Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen in ihren Unterricht integrieren und oft auch den ersten Anstoss geben, dass sich andere Fächer zusätzlich

mit diesen Themen aus deren Fachperspektive befassen. Solche Themen sind zum Beispiel: Energiefragen aus gesellschafts- und umweltpolitischer, geschichtlicher und ökonomischer Perspektive, kulturhistorische Aspekte des Naturschutzes und des Mensch-Natur-Verhältnisses, Gentechnik-Fragen aus ethischer und ökonomischer Sicht, Technikentwicklungen in sozialpolitischer Perspektive usw.

Im Zuge von PISA und HarmoS werden die Stimmen nun stärker, die eine Verankerung und Verbindlichkeit von BNE in Form von klar formulierten Kompetenzen fordern. Dabei wird bisher vorwiegend an einer Verankerung expliziter Umwelt- und Nachhaltigkeitsinhalte in den naturwissenschaftlichen Lehrplänen und Kompetenzmodellen gearbeitet. Wie weit diese Entwicklung auch auf die Sekundarstufe II Einfluss haben wird, ist zurzeit noch nicht abzuschätzen. Weltweit lässt sich aber feststellen, dass die Bedeutung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen in der Bildung zunehmen wird (siehe *ESD Implementation Scheme, UNESCO ESD Decade*), vor allem auch in naturwissenschaftlichen Schulprogrammen und Lehrplänen (vgl. dazu auch die Aussagen im *PISA Science Literacy Framework 2006*).

Wenn man davon ausgeht, dass Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen auch in Zukunft vor allem in den naturwissenschaftlichen Fächern bearbeitet werden – und dafür sprechen also alle bisherigen Entwicklungen –, dann wird dadurch der naturwissenschaftliche Unterricht vermehrt in Richtung *socio-scientific issues* (Wolfensberger, Piniel, Canella & Kyburz-Graber, under review), *socio-ecological approach* (Kyburz-Graber, Hofer & Wolfensberg, 2006) und „Ökologische Kompetenzen“ (Gräsel, 2000) erweitert werden. In diesen neueren Ansätzen sind die älteren teilweise integriert: die Strömung der Naturbeziehung, das Bewahrungskonzept, der Problemlösungsansatz, ethnographische Ansätze, die systemische Betrachtungsweise, die umweltwissenschaftliche Analyse, das Konzept der kritischen Bildung, das Konzept der reflektierten Praxis (siehe Kyburz-Graber, 2004).

Einen besonderen und aktuellen Einblick in die Forschung zur Umweltbildung/Bildung für Nachhaltige Entwicklung im deutschsprachigen Raum gibt das Themenheft „Education in German speaking countries“ des Journals *Environmental Education Research* (Nickel & Reid 2006) auf dem Hintergrund der internationalen Forschung. Darin haben wir die Entwicklung in der Schweiz aus der Sicht eines sozio-ökologischen Ansatzes analysiert (Kyburz-Graber, Hofer & Wolfensberger, 2006).

Zahlreiche Publikationen im internationalen Umfeld widmen sich auch immer wieder der Frage, wie die hohen Ansprüche einer inhaltlich und methodisch adäquat konzipierten Umweltbildung unter den gegebenen bildungs- und schulpolitischen Rahmenbedingungen umsetzbar sind (siehe Stevenson, 2007 und Reid & Scott, 2006). Jeder hohe Anspruch an Bildung, der sich an den vorhandenen, eingeschliffenen Routinen reibt, stösst in der Praxis auf Umsetzungsschwierigkeiten. Dies trifft für eine Re-Orientierung der naturwissenschaftlichen Bildung genauso zu wie auf andere Bildungsbereiche. Dieser Tatsache müssen sich alle Akteure in diesem Handlungsfeld bewusst sein und entsprechend angepasste Strategien entwickeln. Nur so besteht Aussicht auf substantielle und verbreitete Veränderungen.

Es gibt wohl kaum einen Bereich in der naturwissenschaftlichen Bildung, zu dem in den letzten 25 Jahren so viele Lernmaterialien, Handreichungen für Lehrkräfte, Lehrmittel und andere Medien entwickelt worden sind, wie dies für die Umweltthematik der Fall ist. Ein breites Spektrum dieser Materialien ist in der Datenbank der Website der *Stiftung Umweltbildung Schweiz* abrufbar (<http://www.umweltbildung.ch/sub/products/doc.asp>, 24. Juni 2009). Neben vielen anderen Angeboten sei hier auch die Website *Transfer 21* erwähnt, die reichlich Infor-

mationen zu Unterrichtsentwicklungsprojekten und Materialien enthält (<http://www.transfer-21.de/index.php?p=40>, 24. Juni 2009).

1.4.3.3 Fazit

Nachhaltigkeitsthemen, zu denen in der Schweiz auch Umwelt- und Gesundheitsthemen gehören, bilden für viele Jugendliche, für Studierende der Naturwissenschaften und für Lehrkräfte oft die entscheidende Legitimation und das leitende Motiv, um sich mit Naturwissenschaften zu befassen. Eine entsprechende Motivation ist insbesondere auch bei Mädchen und jungen Frauen zu finden. Eine verstärkte Ausrichtung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf gesellschaftlich relevante Fragen aus den Bereichen Umwelt, Gesundheit, Nachhaltige Entwicklung („Re-orienting education“) drängt sich deshalb aus der Sicht einer Bildung als Befähigung zur Bewältigung von Lebensaufgaben als auch aus motivationaler und emotionaler Sicht auf.

Das eigentliche Problem für Lehrkräfte aller Stufen liegt nicht darin, dass es zu wenig Anregungen und konkrete Materialien gäbe, sondern vielmehr in der fast erschlagenden Fülle der Möglichkeiten und Anforderungen. Empfehlungen für eine vermehrte Re-Orientierung bisheriger Lehrplan-Inhalte durch Verknüpfung mit Umwelt- und Gesundheitsthemen müssen deshalb Elemente enthalten, die den Lehrpersonen die Last der Ansprüche auf der einen Seite vermindern und die Freude an konkreten Umsetzungen und am Lernerfolg der Kinder und Jugendlichen auf der anderen Seite entwickeln helfen.

1.4.4 Die Vermittlung technischer Inhalte im naturwissenschaftlichen Unterricht

Von Ralph Schumacher

Technische Inhalte lassen sich recht gut in den naturwissenschaftlichen Unterricht integrieren, weil Naturgesetze in der Technik zur Anwendung kommen. Die Lehrperson kann daher häufig wählen, ob sie für den naturwissenschaftlichen Unterricht natürliche oder technische Phänomene heranziehen möchte.

1.4.4.1 Ausgangslage

Obwohl unser Leben von unzähligen technischen Erfindungen geprägt ist, hat es die Technik dennoch bis heute kaum geschafft, als echter Bestandteil der Allgemeinbildung akzeptiert zu werden. Häufig wird technisches Unwissen sogar noch als Beweis echter Bildung betrachtet. Entsprechend kommen technische Themen im Schulsystem der Schweiz, wie in fast allen anderen westlichen Ländern auch, zu kurz.

Als Folge dieser unzureichenden Beschäftigung mit technischen Inhalten wird ein nachhaltiges Interesse an diesen Themengebieten entweder gar nicht erst aufgebaut, oder es geht verloren, weil der Unterricht nicht ansprechend ist und kein Kompetenzerleben vermittelt. Dies wird aber nicht nur der tatsächlichen Bedeutung der Technik nicht gerecht, sondern es führt zudem dazu, dass sich zu wenig Maturandinnen und Maturanden für technische Studienfächer entscheiden und dass zu viele Studierende insbesondere auf die formalen Anforderungen dieser Studienfächer wie zum Beispiel das Erstellen mathematischer Modellierungen unzureichend vorbereitet sind. Der Unterricht an den Gymnasien soll aber gerade die Schülerinnen und Schüler befähigen, *alle* Studien aufzunehmen, und muss daher gewährleisten, dass sie auch auf technische Studien an den Hochschulen ausreichend vorbereitet werden. Im Folgen-

den wird dargestellt, wie sich technische Inhalte am besten in den naturwissenschaftlichen Unterricht einbeziehen lassen. Zudem wird der Frage nachgegangen, wie technische Themen zur Optimierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts genutzt werden können.

1.4.4.2 Technische Inhalte im naturwissenschaftlichen Unterricht

Technische Inhalte lassen sich in den naturwissenschaftlichen Unterricht leicht einbeziehen, weil naturwissenschaftliches Lernen ohnehin stets in Auseinandersetzung mit natürlichen sowie mit technischen Phänomenen stattfindet. Der naturwissenschaftliche Unterricht kann daher sowohl natürliche als auch technische Phänomene als Ausgangspunkt für die Vermittlung von Naturgesetzen und naturwissenschaftlichen Zusammenhängen heranziehen. So lassen sich zum Beispiel die Gesetze der geometrischen Optik nicht nur am menschlichen Auge, sondern gerade auch an technischen Geräten wie Brillen, Feldstechern und Fernrohren erklären, und das physikalische Rückstossprinzip lässt sich sowohl am Beispiel der Fortbewegung von Tintenfischen als auch am Beispiel des Raketenantriebs erläutern. In vielen Bereichen des naturwissenschaftlichen Unterrichts wie beispielsweise der geometrischen Optik, der physikalischen Kräfte- und Bewegungslehre sowie der Chemie überwiegen sogar bereits die technischen Phänomene (Dähnhardt et al., 2007).

Ein viel versprechender Ansatz, um technische Inhalte in den naturwissenschaftlichen Unterricht einzubeziehen, stellt das so genannte „Re-Engineering“ dar, dessen Ziel darin liegt, Naturgesetze und naturwissenschaftliche Zusammenhänge in Beziehung zu technischen Funktionen zu setzen. Dabei wird den Schülerinnen und Schülern die Aufgabe gestellt, Alltagsgeräte auf ihre technischen Funktionen hin zu analysieren und sich anschliessend zu überlegen, welche naturwissenschaftlichen Prinzipien und Zusammenhänge ihnen zugrunde liegen und mit welchen anderen Mitteln sich diese technischen Funktionen ebenfalls realisieren lassen.

Beispielsweise kann man ihnen die Aufgabe stellen, die Funktionsweise eines Fensteröffnungsalarms zu analysieren und herauszufinden, wie sie eine solche Vorrichtung mit den ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln nachbauen können. Im Einzelnen müssen sie dazu die folgenden drei Schritte ausführen:

1. Analysieren: Bei der Analyse der technischen Funktionen von Alltagsgeräten müssen die Schülerinnen und Schüler ihr eigenes Vorwissen aktivieren sowie sich zusätzliche Informationen aus Nachschlagewerken und dem Internet beschaffen. Auf dieser Basis bilden sie anschliessend Hypothesen über die technischen Funktionen sowie über die zugrunde liegenden physikalischen oder chemischen Zusammenhänge.

2. Rekonstruieren: Anschliessend haben die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, sich zu überlegen, mit welchen für sie verfügbaren Mitteln die betreffenden technischen Funktionen realisiert werden können. Zum Beispiel lassen sich viele einfache Anwendungen aus der Sensorik mit elektrischen Widerständen nachbauen (Drucksensoren, Neigungsschalter, Geräte, die eine elektrische Leitfähigkeit erfassen).

3. Konstruieren: Aufbauend auf diesen Überlegungen haben die Schülerinnen und Schüler schliesslich die Aufgabe, eigene Anwendungen zu realisieren. Dabei erleben sie selbst die Schwierigkeiten, die bei einer solchen Aufgabe auftreten können. Sie durchleben selbst den Prozess der Entwicklung „neuer“ Technologien und erfahren dabei Misserfolge, aber auch den Stolz, eine eigene Anwendung realisiert zu haben.

Auf diese Weise wird sowohl das Technikverständnis vertieft als auch die Kompetenz gefördert, technische Anwendungen zu konstruieren und herzustellen. Ein weiterer Vorteil des „Re-Engineerings“ besteht darin, dass naturwissenschaftliches Wissen dadurch auf eine Weise im Gedächtnis repräsentiert wird, die sich durch vielfältige Bezüge zu konkreten technischen Anwendungen auszeichnet. Naturwissenschaftliche Inhalte werden damit nicht als bloss auswendig gelerntes und unzusammenhängendes Faktenwissen abgespeichert, sondern sie sind im Gedächtnis nach problemlösungsrelevanten Kriterien geordnet. Diese Methode fördert also die intelligente Wissensorganisation und schafft damit die Voraussetzung für den Wissenstransfer – das heisst für die Anwendung des Gelernten auf neue Situationen und Probleme (Bransford et al., 1990; Mähler und Stern, 2009).

Ein weiteres Ziel sollte darin bestehen, in Kooperation mit Lehrpersonen exemplarische Unterrichtseinheiten zu wichtigen Grundkonzepten zu entwickeln, die das Verhältnis von Naturwissenschaften und Technik betreffen. Eines dieser Grundkonzepte ist das Konzept der *multiplen Realisierbarkeit*, dem zufolge sich technische Funktionen wie zum Beispiel die Funktion eines Verstärkers durch mehrere verschiedene physikalische Systeme wie Transistorröhren und Mikrochips realisieren lassen. Durch die Vermittlung dieses Grundkonzeptes soll das Verständnis dafür gefördert werden, dass es auf unterschiedlichen Erklärungsebenen um verschiedene Ziele geht: Während es auf der naturwissenschaftlichen Erklärungsebene darum geht, zum Beispiel physikalische oder chemische Naturgesetze zu finden, geht es auf der technischen Ebene vor allem um technische Funktionen – und darum, welche physikalischen Systeme sich am besten zur Realisierung dieser Funktionen eignen.

Daraus können drei Massnahmen zur Umsetzung im Unterricht abgeleitet werden:

- (1) Die Nutzung technischer Phänomene und Zusammenhänge als Ausgangspunkt bei der Einführung und Erklärung naturwissenschaftlicher Prinzipien und Modelle
- (2) Der Einsatz der „Re-Engineering“-Methode zur Förderung des Technikverständnisses sowie einer intelligenten Organisation des naturwissenschaftlichen Wissens nach anwendungsbezogenen und problemlösungsrelevanten Kriterien
- (3) Die Entwicklung exemplarischer Unterrichtseinheiten zu Grundkonzepten zum Verhältnis von Naturwissenschaften und Technik (z. B. Konzept der multiplen Realisierbarkeit)

1.4.4.3 Der Einsatz technischer Inhalte zur Optimierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts

Themen aus dem Bereich der Technik eignen sich besonders gut, um die Wissensvermittlung im naturwissenschaftlichen Unterricht zu optimieren, denn sie bieten die Möglichkeit, um beispielsweise Themen aus dem Physik-, Chemie- oder Biologieunterricht auf konkrete Anwendungen im Alltag zu beziehen (Hackl et al., 2007; Kircher et al., 2000). Damit wird den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit gegeben, den Nutzen des naturwissenschaftlichen Unterrichts an konkreten Beispielen zu erfahren und zu erkennen, dass die Naturwissenschaften die zentrale Erklärungsgrundlage und unentbehrliche Werkzeuge für ein tieferes Verständnis unserer technischen Lebenswelt darstellen (Elster, 2007). Durch den Bezug auf konkrete technische Anwendungen – indem zum Beispiel erläutert wird, welche physikalischen Gesetze den Funktionen von Fernsteuerungen, Bewegungsmeldern oder Funktelefonen zugrunde liegen – wird also verdeutlicht, dass naturwissenschaftliche Theorien kein reiner Selbstzweck sind, sondern in funktionelle Anwendungszusammenhänge eingebunden sind. Wer auf diesem Weg den Erklärungswert naturwissenschaftlicher Theorien erfasst hat, der

wird sich auch nicht mehr die Frage stellen, wozu er physikalische Kenntnisse braucht und warum er beispielsweise wissen soll, was ein elektrischer Widerstand ist.

Der Bezug zur Technik kann ausserdem dazu genutzt werden, um naturwissenschaftliche Themen stärker in reale Zusammenhänge einzubeziehen. Viele Schülerinnen und Schüler betrachten nämlich beispielsweise Physik und Chemie als Formelsammlungen ohne jeden Realitätsbezug. Moderne Technologien eröffnen zahlreiche Anknüpfungspunkte, um naturwissenschaftliche Inhalte mit einem klaren Bezug zur Wirklichkeit zu versehen und auf vielfältige Weise an das bereits vorhandene Vorwissen anzubinden.

Dieser Bezug auf konkrete Anwendungen lässt sich im naturwissenschaftlichen Unterricht auf zweierlei Weise einsetzen. Erstens kann er dazu verwendet werden, um die Schülerinnen und Schüler an modernen Technologien grundlegende naturwissenschaftliche Sachverhalte und Gesetzmässigkeiten überhaupt erst einmal aufdecken und lernen zu lassen. Technische Geräte können auf diese Weise als Ausgangspunkt für naturwissenschaftliche Fragestellungen in den Unterricht einbezogen werden. Beispielsweise liessen sich an den Funktionsweisen von Kühlschränken und Wärmepumpen grundlegende Fakten und Zusammenhänge aus der Thermodynamik (Wärmelehre) veranschaulichen. Oder man nutzt im Biologieunterricht die Darstellung von technischen Verfahren zur Zuckergewinnung als Ausgangspunkt für Überlegungen zur Photosynthese. Zweitens lässt sich der Bezug auf konkrete Anwendungen auch nutzen, damit die Schülerinnen und Schüler ihr bereits vorhandenes Wissen anwenden, um diese Technologien zu verstehen. Beispielsweise könnte man sie vor die Aufgabe stellen, sich selbstständig in den einschlägigen Nachschlagewerken über die Funktionsweisen von Geräten aus dem Alltag wie Fernsehfernsteuerungen oder Regensensoren beim Auto kundig zu machen und anschliessend die für die technischen Funktionen zentralen Naturgesetze und Zusammenhänge im naturwissenschaftlichen Unterricht zu präsentieren und zu erklären.

Neben der Einsicht in den Erklärungswert naturwissenschaftlicher Theorien liegt ein weiterer wichtiger Grund dafür, dass das Herstellen von Bezügen zu konkreten technischen Anwendungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht hilfreich ist, darin, dass moderne Technologien vielfältige Anknüpfungspunkte eröffnen, die das Lernen mit Wissensbezügen erweitern, die über den üblichen Unterrichtsrahmen hinausgehen. Denn um Wissen tatsächlich in neuen Situationen sinnvoll auf Probleme anwenden zu können, braucht man eine intelligente organisierte Wissensbasis, bei der die Inhalte nach problemlösungsrelevanten Kriterien gespeichert und auf vielfältige Weise vernetzt sind (Neubauer & Stern, 2007). Indem nun naturwissenschaftliches Wissen auf konkrete technische Anwendungen bezogen wird, wird gerade der Aufbau einer solchen intelligenten Organisation des naturwissenschaftlichen Wissens unterstützt und damit der Tendenz entgegengewirkt, dass lediglich unverbundenen Faktenwissen auswendig gelernt wird, das zur Anwendung auf neue Probleme ungeeignet ist. Der Bezug auf konkrete technische Anwendungen dient also dazu, um naturwissenschaftliche Inhalte mit einer klaren Beziehung zur Wirklichkeit zu versehen und auf intelligente Weise an das bereits vorhandene Vorwissen anzubinden.

Auch auf die Lernmotivation kann sich die Einbeziehung technischer Inhalte in den naturwissenschaftlichen Unterricht positiv auswirken. Technik basiert auf der gezielten Nutzung von Naturgesetzen, die häufig in dieser Kombination in der Natur nicht vorkommen. Vermittelt man nun den Schülerinnen und Schülern anhand technischer Geräte die Einsicht, dass es bereits anderen Menschen vor ihnen gelungen ist, bestimmte Naturgesetze zu erkennen, zu kombinieren und zu nutzen, dann kann sich dies positiv auf Lernbereitschaft und Lernmotivation

auswirken. Denn den Lernenden wird auf diese Weise mitgeteilt, dass auch sie die betreffenden Naturgesetze verstehen können, wenn sie sich darum bemühen.

Daraus können wiederum drei Massnahmen zur Umsetzung im Unterricht abgeleitet werden:

- (1) Verdeutlichung des Erklärungswerts und des Realitätsbezugs naturwissenschaftlicher Theorien durch Herstellung von Bezügen zu konkreten technischen Anwendungen
- (2) Aufbau einer intelligent organisierten Wissensbasis durch vielfältige Anbindung naturwissenschaftlicher Inhalte an technisches Vorwissen
- (3) Förderung der Lernmotivation durch die Beschreibung von exemplarischen Fällen, in denen es anderen Menschen gelungen ist, Naturgesetze und naturwissenschaftliche Zusammenhänge in Technologien umzusetzen

1.4.4.4 Das Fach „Naturwissenschaft und Technik“ in Baden-Württemberg: Eine exemplarische Kritik mit Verbesserungsvorschlägen

In Deutschland wurde im Bundesland Baden-Württemberg das Fach „Naturwissenschaft und Technik“ als Profulfach eingeführt, um auf diese Weise technische Inhalte im naturwissenschaftlichen Unterricht zu vermitteln sowie zur Vertiefung des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu nutzen. Dieses Fach wird in den Klassen 8, 9 und 10 jeweils 4-stündig unterrichtet. Parallel dazu haben die Schülerinnen und Schüler Unterricht in den Fächern Biologie, Chemie, Physik und Geographie.³

Im Fach „Naturwissenschaft und Technik“ werden Themenstellungen, die sich an der Erfahrungs- und Gedankenwelt der Schülerinnen und Schüler orientieren, aus den Perspektiven aller Naturwissenschaften fächerübergreifend behandelt. Dabei sollen die in den Basisfächern Biologie, Chemie, Physik und Geographie erworbenen Kenntnisse vertieft und naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen vermittelt werden. Besonderes Gewicht liegt dabei auf experimentellem und projektorientiertem Arbeiten. Zudem sollen Anwendungen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in der Technik und Lösungen für zunehmend komplexer werdende Problemstellungen erarbeitet werden. So gibt es zum Beispiel Unterrichtseinheiten zu den Themen „Brückenbau“, „Kühlschrank“, „Ampelschaltung“ und „Roboterbau“, die einen klaren Technikbezug haben und Kenntnisse aus dem Bereich der Physik vertiefen sollen. Bei anderen Unterrichtseinheiten wie „Schall und Lärm“ und „Kamera und Auge“ steht neben dem Technikbezug besonders das Experimentieren im Vordergrund. Unterrichtsbausteine zu Themen wie zum Beispiel „Fortbewegung“, „Ernährung“, „Rund um den Zucker“ und „Kartierung von Amphibien“ stellen weitere Unterrichtsmaterialien bereit.

Die Zielsetzung dieses neuen Unterrichtsfachs, technische Inhalte im naturwissenschaftlichen Unterricht zu vermitteln sowie zur Vertiefung des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu nutzen, stimmt mit den in diesem Kapitel dargestellten Überlegungen überein. Auch finden sich in vielen Unterrichtseinheiten und -bausteinen interessante Sammlungen von Materialien und Experimenten, die für Lehrpersonen nützlich und anregend sein können. Betrachtet man die verschiedenen Unterrichtseinheiten und -bausteine jedoch näher, dann findet sich eine ganze Reihe von Schwächen bei der praktischen Umsetzung der an sich guten Idee, Naturwissenschaft und Technik zusammenzuführen.

³ Die Unterrichtsmaterialien zu diesem Fach finden sich auf den Webseiten der Kultusverwaltung Baden-Württemberg unter folgender Adresse: www.nwt-bw.de.

Es besteht deshalb in mehreren grundlegenden Hinsichten Änderungsbedarf. Diese Unterrichtsmaterialien bieten damit einen konkreten Ansatzpunkt, um im Einzelnen zu erläutern, in welchen Punkten die Vermittlung naturwissenschaftlicher und technischer Inhalte unter Berücksichtigung von Ergebnissen der Lehr- und Lernforschung grundsätzlich verbessert werden muss. Damit ergibt sich die folgende Liste von Anforderungen, auf die besonders geachtet werden muss, wenn naturwissenschaftliche und technische Inhalte lernwirksam zusammengeführt werden sollen:

(1) Klare Lernziele definieren

Um naturwissenschaftliche und technische Inhalte im Unterricht zusammenzubringen, reicht es nicht, wenn lediglich allgemeine Lernziele vorgegeben werden – wie zum Beispiel das Verständnis der biologischen und physikalischen Grundlagen der Fortbewegung von Mensch, Tier, Pflanze und Maschine, wie es bei dem Unterrichtsbaustein „Fortbewegung“ der Fall ist. Stattdessen ist es erforderlich, spezifische Konzepte im Einzelnen zu benennen und zu erklären, wie diese Konzepte miteinander zusammenhängen. Zudem muss begründet werden, warum bestimmte Konzepte ausgewählt wurden und andere nicht. Dies ist die Voraussetzung dafür, (1) um alle für das Verständnis eines Themas relevanten Konzepte zu erfassen und (2) um diese Konzepte in einer aufeinander aufbauenden Reihenfolge vermitteln zu können. Ansonsten besteht nämlich die Gefahr, dass die Auswahl der Konzepte wie bei dem oben genannten Unterrichtsbaustein zufällig und unvollständig wirkt.

(2) Das erforderliche Vorwissen spezifizieren

Eine weitere wichtige Voraussetzung dafür, um naturwissenschaftliche und technische Inhalte effizient und nachhaltig vermitteln zu können, besteht darin, dass zu den jeweiligen Unterrichtseinheiten und -bausteinen genau dargestellt wird, welches Vorwissen bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt wird. Ausserdem müssen konkrete Hinweise auf Texte gegeben werden, die sie lesen sollen, um sich diese Kenntnisse wieder zu vergegenwärtigen. Diese Vorbereitung ist erforderlich, damit die Schülerinnen und Schüler optimal vom Unterricht profitieren können.

(3) Inhaltliche Abstimmung zwischen den einzelnen Teilen von Unterrichtseinheiten

Damit Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliches und technisches Begriffswissen erwerben und abstrakte Prinzipien verstehen können, ist es ganz wesentlich, dass die einzelnen Teile der Unterrichtseinheiten und -bausteine inhaltlich optimal aufeinander abgestimmt sind. So ist es beispielsweise wenig sinnvoll, wenn man wie in dem oben genannten Unterrichtsbaustein „Fortbewegung“ im ersten Teil zunächst Experimente zur Oberflächenspannung ausführen lässt, ohne deren physikalische Grundlagen im zweiten Teil weiter zu vertiefen, und stattdessen ganz andere physikalische Prinzipien wie den Luft- und Wasserwiderstand behandelt. Um neue Lerninhalte verständlich zu machen und mit vielfältigen Wissens- und Realitätsbezügen zu versehen, ist es erforderlich, zentrale Konzepte in mehreren Schritten aus verschiedenen Perspektiven – im Experiment, bei der theoretischen Erklärung der Grundlagen, im mathematischen Modell, in der graphisch-visuellen Veranschaulichung durch Graphen sowie in der technischen Anwendung – wiederholt zu betrachten. Nur auf diese Weise kann anspruchsvolles Begriffswissen aufgebaut werden, das nach problemlösungsorientierten Kriterien organisiert ist.

(4) Ungeeignete Modelle vermeiden

Bei der Entwicklung von Modellen zur Veranschaulichung naturwissenschaftlicher Prinzipien muss natürlich besonders darauf geachtet werden, dass diese Modelle tatsächlich auch die betreffenden Prinzipien darstellen und den modellierten Phänomenen nicht bloss oberflächlich ähnlich sind. Anders als bei dem Wasserläufer-Modell im Unterrichtsbaustein „Fortbewegung“ – bei dem eine durch den Auftrieb schwimmende Drahtfigur mit Styroporkugeln an den Füßen verwendet wird, um das Prinzip der Oberflächenspannung zu veranschaulichen – darf also eine oberflächliche Ähnlichkeit niemals auf Kosten der inhaltlichen Korrektheit eines Modells gehen. Stattdessen eignen sich in vielen Fällen solche Modelle, die oberflächlich mit dem modellierten Phänomen keinerlei Ähnlichkeit haben, sehr viel besser, um die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler auf die relevanten Gemeinsamkeiten zu lenken. Eine von der Oberflächenspannung des Wassers getragene Büroklammer wäre in dem oben dargestellten Fall daher wesentlich geeigneter gewesen, um verständlich zu machen, warum sich Wasserläufer auf der Wasseroberfläche fortbewegen können.

(5) Technikbezug deutlich herausstellen

Wenn es darum geht, naturwissenschaftliche und technische Inhalte im Unterricht zusammenzuführen, dann ist es natürlich erforderlich, zu allen relevanten Konzepten eine Reihe verschiedener technischer Anwendungen aufzuführen. In Bezug auf den erwähnten Unterrichtsbaustein „Fortbewegung“ bedeutet dies, dass man im ersten Schritt verschiedene technische Umsetzungen aufführen müsste, bei denen wie zum Beispiel bei technischen Nutzungen der Kapillarität die Oberflächenspannung von Flüssigkeiten eine wesentliche Rolle spielt. Auf diese Weise wird den Schülerinnen und Schülern die Grundidee vermittelt, dass zum Beispiel ein und dasselbe physikalische Grundprinzip in ganz unterschiedlichen technischen Realisierungen vorkommen kann, so dass sie sich in Bezug auf dieses Prinzip nicht mehr von Oberflächenmerkmalen leiten lassen. Ausserdem kann Wissen leichter im Gedächtnis behalten und abgerufen werden, wenn es mit vielfältigen Bezügen wie technischen Anwendungen ausgestattet ist.

(6) Die Bedeutung lerntheoretischer Konzepte

Um naturwissenschaftliche und technische Inhalte im Unterricht lernwirksam und nachhaltig zu vermitteln, reicht es aber nicht aus, naturwissenschaftliche Prinzipien einfach mit Beispielen aus der Technik zu illustrieren. Vielmehr ist es dazu erforderlich, den Lernprozess durch moderne Trainingsmethoden wie beispielsweise Anleitungen zur Bildung von Selbsterklärungen, Lerntagebücher und metakognitive Trainings zu unterstützen, um auf diese Weise zu erreichen, dass die Schülerinnen und Schüler ihr Verständnis selbstständig vertiefen sowie ihre eigenen Lernfortschritte selbstständig kontrollieren. Besonders wichtig für das Verständnis naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen sind Anleitungen zum forschenden Lernen, mit denen die Schülerinnen und Schüler lernen, eigenständig Fragestellungen und Hypothesen zu entwickeln und durch geeignete Experimente zu überprüfen. Allerdings fehlen solche lerntheoretischen Konzepte in den Unterrichtsmaterialien des badenwürttembergischen Unterrichtsfachs „Naturwissenschaft und Technik“ völlig. Da aber der Aufbau einer intelligent organisierten Wissensbasis durch diese Trainings effizient und nachhaltig gefördert wird, stellt sich die anspruchsvolle Aufgabe, Unterrichtseinheiten und -bausteine zu entwickeln, bei denen diese verschiedenen Trainingsmethoden optimal auf die jeweiligen Anforderungen der naturwissenschaftlichen und technischen Lerninhalte abgestimmt werden.

(7) Der Einsatz verschiedener Lernformen

Unterschiedliche Lernphasen erfordern verschiedene Lernformen. Während es sowohl bei der Einführung in ein Thema als auch bei der abschliessenden Zusammenfassung am Ende einer Unterrichtseinheit sinnvoll ist, dass die betreffenden Inhalte durch die Lehrperson im Frontalunterricht vorgetragen werden, kann es in anderen Stadien des Lernens lernwirksamer sein, wenn die Schülerinnen und Schüler in Einzel- oder Kleingruppenarbeit Fragestellungen erarbeiten, Inhalte vertiefen oder sich gegenseitig unterrichten. Bei der Entwicklung von Unterrichtseinheiten und -bausteinen muss deshalb ebenfalls spezifiziert werden, welche Lernformen für die verschiedenen Lernschritte am besten geeignet sind und eingesetzt werden sollen.

(8) Der Nachweis der Lernwirksamkeit

Um behaupten zu können, dass bestimmte Unterrichtseinheiten und -bausteine besonders gut geeignet sind, um das Lernen im naturwissenschaftlichen und technischen Bereich zu fördern, ist es erforderlich, im Zuge vergleichender Studien zu belegen, dass diese Ansätze bei gleichem Zeit- und Arbeitsaufwand tatsächlich zu besseren Ergebnissen führen als andere Lehr- und Lernmethoden. Ein solcher Vergleich steht bei den dargestellten Unterrichtseinheiten und -bausteinen aus Baden-Württemberg bislang noch aus. Ein wichtiges Ziel bei der Entwicklung geeigneter Unterrichtsansätze muss also darin bestehen, im Vergleich mehrerer lernwirksamer Unterrichtsmethoden herauszufinden, welcher Ansatz sich tatsächlich am besten zur effizienten und nachhaltigen Wissensvermittlung eignet.

2 Rahmenbedingungen des NaTech-Unterrichtes im quantitativen und qualitativen Vergleich

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse von vergleichenden Recherchen zu den Rahmenbedingungen des NaTech-Unterrichtes dargestellt. Thematisiert werden die Ausbildung der Lehrpersonen, die Anzahl der Lektionen und deren Verteilung über die Schulzeit sowie die eingesetzten Lehrmittel. Besondere Aufmerksamkeit wird der Weiterbildungssituation für Lehrpersonen geschenkt. Neben anderen Schweizer Kantonen wurden die Länder Österreich und Deutschland sowie die Niederlande zum Vergleich herangezogen. Letztere wurden gewählt, weil sie bei vergleichbaren sozioökonomischen und bildungspolitischen Rahmenbedingungen (z. B. das mehrgliedrige Schulsystem) in den meisten internationalen Vergleichstests sehr gut abschneiden.

2.1 Vom Kindergarten bis zur Sekundarstufe I

Von Susanne Metzger, Patricia Schär

Zur Analyse des Stellenwertes von Naturwissenschaften und Technik in der Allgemeinbildung ist die Betrachtung verschiedener Aspekte sinnvoll. Im Zentrum steht dabei der NaTech-Unterricht mit seinen Inhalten und Themen, welche üblicherweise in den jeweils gültigen Lehrplänen festgelegt sind. Im Allgemeinen sind die Lehrpläne verbindlich und den Lehrmitteln übergeordnet, so auch im Kanton Zürich (vgl. z. B. Bildungsdirektion des Kantons Zürich, 2004). Da Lehrpläne den Lehrpersonen jedoch zum Teil grosse Freiheiten lassen, ist es nicht selten, dass Lehrmittel die eigentlichen Lehrpläne darstellen. Deshalb ist es im Rahmen dieser Expertise sinnvoll, neben den Lehrplänen vor allem auch die gängigen deutschsprachigen Lehrmittel genauer zu betrachten. Im Anschluss daran werden verschiedene Positionen von Expertinnen und Experten zu den Inhalten und Themen des naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts vorgestellt sowie die interdisziplinäre Zusammenarbeit und Vernetzung diskutiert. Danach folgt eine Betrachtung der Aus- und Weiterbildung der Lehrpersonen im NaTech-Bereich. Abschliessend wird auf die Beziehung der Geographie zu den Naturwissenschaften eingegangen.

2.1.1 Lehrpläne: Umfang, Inhalte und Themen der naturwissenschaftlichen Fächer

Die kantonale Regelung der Lehrpläne in der Schweiz führt, im Gegensatz beispielsweise zu Österreich, wo ein landesweiter Volksschullehrplan existiert, zu sehr uneinheitlichen Lektionentafeln. Dies zeigt sich auch bei den NaTech-Fächern. Bereits bei der Begrifflichkeit gibt es erste Ungleichheiten: Der naturwissenschaftliche Unterricht heisst je nach Kanton „Realien“, „Mensch und Umwelt“ oder „Natur Mensch Mitwelt“. Während zum Beispiel im Kanton Bern unter „Natur Mensch Mitwelt“ (NMM) die 5 Teilgebiete „Religion/Lebenskunde, Geschichte, Hauswirtschaft, Geographie und Naturkunde“ enthalten sind, zählen andere Kantone zu „Realien“ die Teilgebiete „Mensch und Zeit, Mensch und Raum, Mensch und Technik, Mensch und Natur, Mensch und Mitmensch, Mensch und Wirtschaft“ (Aargau) beziehungsweise „Raum um uns, vom Menschen geschaffen, Individuum und Gemeinschaft, Leben auf der Erde“ (Thurgau). Wieder andere Kantone nennen das Fach „Mensch und Umwelt“ und unterteilen es in die Teilbereiche „Räume und Zeiten, Natur und Technik, Individuum und

Gemeinschaft sowie Religion“ (St. Gallen) beziehungsweise „Biblische Geschichte/Religionsunterricht, Lebenskunde, Realien und Haushaltskunde“ (Zürich).

Im Jahr 2012 soll für die Schweiz erstmalig ein gemeinsamer Deutschschweizer Lehrplan, der so genannte Lehrplan 21, eingeführt werden. Dies wird zu einer Vereinheitlichung sowohl der Inhalte und Themen – orientiert an den HarmoS-Kompetenzmodellen – als auch der Stundendotationen in den einzelnen Deutschschweizer Kantonen führen. Da bisher jedoch nur Vorschläge für die grobe Struktur der im Lehrplan enthaltenen Fachbereiche sowie für die Verteilung der Lektionen über die einzelnen Fachbereiche und Schuljahre existiert, wird im Folgenden der Status quo im Schuljahr 2008/09 aufgezeigt.

2.1.1.1 Umfang

Durch die unterschiedlichen inhaltlichen Zusammensetzungen wird ein quantitativer Vergleich der Lektionentafeln schwierig. Dies gilt insbesondere für die Primarstufe, da dort die Wochenlektionen für den ganzen Unterrichtsbereich angegeben werden. So sind in dieser Zahl in einigen Kantonen die Fächer Hauswirtschaft und Religion mit enthalten, während in anderen Kantonen diese Fächer separat in der Lektionentafel aufgeführt werden. Des Weiteren weicht auch die Anzahl der Wochenlektionen (Total aller Fächer) je nach Kanton voneinander ab.

Auf der *Vorschulstufe* haben die Kinder eine im Stundenplan verbindlich fixierte Unterrichtszeit, diese ist jedoch nicht nach Fächern aufgeteilt. Im neuen Lehrplan des Kantons Zürich werden Bildungsbereiche wie zum Beispiel „Natur, Technik und Mathematik“ beschrieben, jedoch ohne Lektionenzahlen.

Der Lehrplan des Kantons Zürich gibt für die *Unterstufe* 4-5 Lektionen im Fach „Mensch und Umwelt“ vor, bei 22-26 Wochenlektionen insgesamt. In den anderen Deutschschweizer Kantonen variiert die Lektionenzahl der „Mensch und Umwelt“-Fächer (ohne Haushaltskunde und Religionsunterricht) zwischen 2,5 und 5 Lektionen pro Woche bei total zwischen 21 und 28 Wochenlektionen. Auf der *Mittelstufe* sind es 4-5 Lektionen bei total 28-33 Lektionen (ZH: 4-5 Lektionen, 28 Lektionen pro Woche).

Auf der *Oberstufe* sind die Lektionentafeln meistens nach Fächern aufgeteilt. Je nach Kanton schwankt die Anzahl NaTech-Lektionen zwischen 2 und 4 pro Woche, bei einer gesamten Lektionenzahl von 30-36 Wochenlektionen. Meistens werden die Lektionen so aufgeteilt, dass Biologie alle 3 Oberstufenjahre 1-2 Wochenlektionen lang unterrichtet wird, während Physik und Chemie meistens nur ein halbes bis 2 Jahre lang 1-2 Lektionen pro Woche unterrichtet werden. Insgesamt werden die Naturwissenschaften in der Schweiz eher niedrig gewichtet (Bundesamt für Statistik, 2009). So nimmt Zürich im Vergleich mit anderen Kantonen bei der Gesamtstundenzahl für Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I in der Kategorie der erweiterten Ansprüche den letzten und in jener der Grundansprüche den vorletzten Platz ein, wobei es in Zürich mit insgesamt 240 Stunden nur halb so viele Stunden wie in Basel-Land beziehungsweise wesentlich weniger Stunden als in Schaffhausen (424) sind. Das ist insofern ungünstig, als gezeigt werden konnte, dass mit zunehmender Unterrichtszeit in der 9. Klasse auch das Leistungsniveau gesteigert werden konnte. Insbesondere in den Schulen mit Grund- und erweiterten Anforderungen liegt Zürich sowohl was die Stundenzahl betrifft als auch was die Leistungen in den Naturwissenschaften angeht im unteren Drittel beziehungsweise knapp darüber (Bundesamt für Statistik, 2009).

Für die Vorschul- und Primarstufe sieht es im *europäischen Ausland* sehr ähnlich aus: In Deutschland zum Beispiel sind die Naturwissenschaften in der Grundschule⁴ Teil des Sachunterrichts, welcher im Schnitt 2 bis 4 Lektionen pro Woche stattfindet. Der Anteil der Naturwissenschaften liegt bei etwa einem Fünftel. In den Klassen 5 und 6 finden dann in der Regel 2 Stunden pro Woche naturwissenschaftlicher Unterricht statt (mit einem Schwerpunkt auf der Biologie). In den Niederlanden wird *nature and technology* in der Primarstufe⁵ typischerweise die ersten vier Jahre gar nicht, in der 5. Klasse 1 Stunde pro Woche und in den Klassen 6 bis 8 je 1,25 Stunden pro Woche (bei 25 Wochenstunden Gesamtunterrichtszeit) unterrichtet.

In der Sekundarschule werden in Deutschland die naturwissenschaftlichen Fächer in der Regel einzeln unterrichtet. Im Mittel sind in drei Jahren 200 Stunden Biologie, 140 Stunden Chemie und 140 Stunden Physik vorgesehen. In den Niederlanden hat die Technik auf der Sekundarstufe einen sehr hohen Stellenwert (auf „Kosten“ der Biologie). Dort ist die empfohlene Anzahl der Lektionen in drei Jahren: 120 für Biologie, 200 für Chemie und Physik zusammen und 180 für Technik.

Insgesamt liegt die Schweiz mit ihren NaTech-Stunden deutlich hinter anderen Ländern zurück! Dies deckt sich auch mit den Selbstaussagen der 15-Jährigen im Rahmen der PISA-Studie (Pisa 2006, S. 34): 49 % der Schweizer Jugendlichen werden weniger als 2 Wochenstunden und 19 % 4 oder mehr Wochenstunden in den Naturwissenschaften unterrichtet. Dies ist weniger als in Deutschland (34,6 % < 2 und 32,3 % > 4) und Österreich (44,6% < 2 und 20,4% > 4). Gemessen am OECD-Mittelwert liegt die Schweiz mit den Schülerinnen und Schülern, die weniger als 2 Lektionen unterrichtet wurden, über dem OECD-Durchschnitt (32,7 % < 2) und mit den Schülerinnen und Schülern, die mehr als 4 Stunden pro Woche unterrichtet werden, unter dem Durchschnitt (28,7 % > 4).

Es sollte an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass die Leistungen und Interessen der Schülerinnen und Schüler mit der Erhöhung der Unterrichtszeit wahrscheinlich nicht so stark beeinflusst werden können wie durch eine Verbesserung der Unterrichtsqualität (Bundesamt für Statistik, 2009).

2.1.1.2 Inhalte und Themen

Im Vorfeld der Entwicklung des HarmoS-Kompetenzmodells Naturwissenschaften hat Barbara Szlovák im Auftrag der EDK die verschiedenen kantonalen Lehrpläne im Bereich Naturwissenschaften verglichen. Dieser Lehrplanvergleich macht jedoch „nur Aussagen darüber, ob eine Komponente der Naturwissenschaften in einem Lehrplan aufgeführt wird oder nicht. Qualitative Aussagen können nicht gemacht werden. Es sind vorwiegend die spezifischen Ziel- und Inhaltsbeschreibungen von identifizierten Fachbereichen betrachtet worden. Dabei wird keine Differenzierung zwischen verbindlichen oder fakultativen Ziel- oder Inhaltsbeschreibungen gemacht.“ (Szlovák, 2005, S. 66). Die in den Lehrplänen vorkommenden Themen hat Szlovák in 171 Kategorien eingeteilt, wovon 9 als Bestandteile der Mehrheit der Lehrpläne für alle 3 Schnittstellen (Ende 2., 6. und 9. Klasse) identifiziert wurden und damit wahrscheinlich eine hohe Bedeutung für die gesamte obligatorische Schulzeit haben. Es handelt sich dabei um Kategorien zum wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn mit Hilfe von Experimenten, zu Ökosystemen, zur Umwelt, zur Technik (sachgerechter Umgang mit Geräten),

⁴ Die Grundschule in Deutschland umfasst 4 Jahre bei einem Schuleintrittsalter von 6 Jahren

⁵ Die Primarstufe in den Niederlanden umfasst 8 Jahre bei einem Schuleintrittsalter von 4 Jahren

zur Gesundheit sowie zur Klassifikation von Lebewesen (Szlovak 2005, S. 99 ff.). Von den 30 Kategorien, die in mindestens 50 % der Lehrpläne genannt werden, sind 17 in den Bereich Biologie, Umwelt und Gesundheit, 10 in den Bereich der Erkenntnisgewinnung, 3 in den Bereich Geographie und keine (!) in die Bereiche Chemie und Physik einzuordnen. Dies gibt einen ersten Hinweis auf den Stellenwert der „harten“ naturwissenschaftlichen Fächer Chemie und Physik in der obligatorischen Schule der Schweiz.

Eine höhere Beachtung chemischer und physikalischer Themen ist durch das HarmoS-Kompetenzmodell Naturwissenschaften (HarmoS-Konsortium Naturwissenschaften, 2008) zu erwarten, welches aller Voraussicht nach Grundlage für den Lehrplan 21 (Geschäftsstelle der deutschsprachigen EDK-Regionen, 2009) sein wird. Neben den Handlungsaspekten werden (verbindliche) Themenbereiche angegeben, welche als inhaltliche Grundlage zum Kompetenzaufbau zu sehen sind. Auch wenn die Themenbereiche stets fächerverbindend angelegt sind, haben sie doch thematische Schwerpunkte. So können von den 8 Bereichen 3 der Biologie/Gesundheit („Lebewesen“, „Lebensräume und -gemeinschaften“ und „Mensch und Gesundheit“), 2 der Physik („Bewegung, Kraft, Energie“ und „Wahrnehmung und Steuerung“), 1 der Chemie („Stoffe und Stoffveränderungen“), 1 der Geographie („Planet Erde“) und 1 der Technik („Mensch, Gesellschaft, Technik: Perspektiven“) zugeordnet werden. Im HarmoS-Kompetenzmodell Naturwissenschaften ist zudem ein sinnvoller Aufbau der Themen durch alle drei Zyklen⁶ berücksichtigt, so dass man – eine entsprechende Umsetzung in allen Stufen vorausgesetzt – von den Schülerinnen und Schülern am Ende der obligatorischen Schulzeit ein gewisses naturwissenschaftlich-technisches Basiswissen erwarten darf.

In *Deutschland* existieren für die Vorschule gar keine und für die obligatorische Schulzeit keine durchgehenden Lehrpläne von der 1. bis zur 9. beziehungsweise 10. Klasse, was häufig zu Brüchen und damit Verlusten führt. Die Lehrpläne für die Grundschule⁷ stellen im Allgemeinen ein recht schmales Spektrum an naturwissenschaftlichen Themen zur Auswahl. Da bei Wahlmöglichkeit schwierige beziehungsweise den Lehrpersonen schwierig erscheinende Themen eher weggelassen werden, werden biologische Themen chemischen oder physikalischen vorgezogen. Darüber hinaus scheinen Lehrpersonen das grosse fachdidaktische, nationale und internationale Angebot nicht wahrzunehmen (IPN, 2004, S. 12). Je nach Bundesland werden die Naturwissenschaften in den Klassen 5 und 6 offiziell integriert (z. B. als „Naturkunde“ oder „Natur und Technik“) oder nach Fächern getrennt unterrichtet. Bei genauerer Betrachtung fällt jedoch auf, dass in Deutschland in den Klassen 5 und 6 im Wesentlichen biologische Themen im Lehrplan vorgegeben sind. Lediglich beim integrierten Unterricht kann etwa ein halbes Jahr auf grundlegende chemische oder physikalische Themen eingegangen werden. Ab Klasse 7 sind dann in der Regel eigene Lehrpläne für Biologie, Chemie und Physik vorgegeben, welche die üblichen (traditionellen) Themen beinhalten. Durch das Fachlehrerprinzip⁸ ist gewährleistet, dass wirklich das im Lehrplan vorgesehene Fach und im Wesentlichen auch die Themen durchgenommen werden.

In den *Niederlanden* sind auf der Primarstufe von den 7 Bereichen von *nature and technology* 2 der Biologie (Pflanzen, Tiere, Mensch), 1 der Physik (Erforschen von Materialien und physikalischen Phänomenen wie Licht, Ton, Elektrizität, Leistung, Magnetismus und Tempera-

⁶ 1.-4., 5.-8. und 9.-11. Klasse bei einem Schuleintrittsalter von 4 Jahren.

⁷ 1. – 4. Klasse, Schuleintrittsalter: 6 Jahre.

⁸ In Deutschland studieren die Lehrpersonen (ab Klasse 5) nur zwei Fächer (also z.B. Biologie und Chemie oder Mathematik und Physik) und unterrichten in der Regel auch nur diese Fächer.

tur), 2 der Geographie (Wetter, Jahreszeiten) und 2 der Technik (Funktionalitäten von Materialien/technischen Geräten; Lösen technischer Probleme) zuzuordnen. In der Sekundarstufe I wird zwar der integrierte Zugang befürwortet, jedoch sind die Schulen frei, Biologie, Chemie und Physik als eigenständige Fächer zu erteilen. Die empfohlenen Themen reichen von naturwissenschaftlichen Basiskompetenzen (Fragen stellen, Lösungen finden und präsentieren) über Basiskonzepte der belebten und unbelebten Natur sowie der Übertragung auf den Alltag (Zusammenspiel von Mensch, Tier und Natur sowie die Beeinflussung durch technischen Fortschritt, Prozesse in Systemen der belebten und unbelebten Natur, das Kennen technischer Produkte und Systeme sowie Konstruktion und Bau technischer Geräte, Theorie und Modelle physikalischer und chemischer Phänomene (Elektrizität, Akustik, Licht, Bewegung, Energie, Materie), Bau und Funktion des menschlichen Körpers sowie physische und psychische Gesundheit) bis hin zur Verantwortung für sich und seine Umgebung.

2.1.2 NaTech-Lehrmittel

In weiten Teilen der Schweiz gibt es – wie in Zürich – für die Volksschule obligatorische Lehrmittel, welche von den Gemeinden angeschafft werden. Die Lehrpersonen haben die obligatorischen Lehrmittel im Unterricht zu verwenden, können aber – soweit es die Forderungen des Lehrplans zulassen – aus den Inhalten der obligatorischen Lehrmittel auswählen (Bildungsdirektion des Kantons Zürich, 2004, S. 22). Trotz verschiedener kantonaler Lehrmittelverlage zeigt das Angebot der empfohlenen Lehrmittel grosse Überschneidungen zwischen den Kantonen. In Deutschland können die Lehrkräfte – im von den jeweiligen Kultusministerien der Länder genehmigten Rahmen – die Lehrmittel selbst wählen. In den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I sieht es (in der Schweiz und in Deutschland) inzwischen häufig so aus, dass nicht mehr jede Schülerin und jeder Schüler ein eigenes Buch kauft beziehungsweise von der Schule für das Schuljahr ausgeliehen bekommt, sondern dass Klassensätze in der Schule zur Verfügung stehen, die bei Bedarf im Unterricht verwendet werden. In den Niederlanden sind Lehrmethoden und Lehrmittel von den Schulen frei wählbar, das *National Teaching Materials Information Center* gibt jedoch Empfehlungen heraus.

Die Vielzahl an Lehrmitteln im deutschsprachigen Raum ergibt sich, weil diese jeweils zu den speziellen Lehrplänen eines Kantons oder Bundeslandes sowie dem Niveau passen müssen. Inhalte, didaktische Ausrichtung und Aufmachung unterscheiden sich sehr stark. Grundsätzlich gibt es einige gute Lehrmittel im NaTech-Bereich, welche nach fachdidaktischen Prinzipien aufgebaut sind. Zum Beispiel gehen diese im Allgemeinen davon aus, dass das Lernen konstruktivistisch erfolgt (siehe Abschnitt 1.1.1), sie berücksichtigen die Präkonzepte und Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler (siehe Abschnitte 1.1.2, 1.1.3, 1.2.1 und 1.2.2), binden geeignete Experimentierformen (siehe Abschnitt 1.4.1) sowie kognitiv aktivierende Lernformen (siehe Abschnitt 1.4.2) ein, verbinden - dort wo es sinnvoll ist - mit anderen Fächern und knüpfen an Alltagsbeispiele an (siehe Abschnitt 1.4.3). Jedoch werden diese (sowohl in Deutschland als auch in der Schweiz) häufig gar nicht verwendet, weil sie in den Augen der Lehrpersonen nicht geeignet sind, den Unterricht damit zu gestalten. Bei vielen Lehrpersonen – vor allem wenn sie sich fachlich nicht sicher oder dem Lehrplan sehr verpflichtet (wie z. B. in Bayern) fühlen – stehen Lehrmittel hoch im Kurs, die einen eng geführten Unterricht mit wenig Vorbereitungszeit ermöglichen. Ein Unterricht mit solchen Lehrmitteln ist zwar äusserst praktisch für die Lehrperson, für die Lernenden jedoch nicht sehr hilfreich und führt oft zur Ablehnung dieser Fächer. Hinzu kommt, dass einige Lehrmittel (darunter die obligatorischen des Kantons Zürich!) veraltet sind, was sich in altbackenen und

unattraktiven Abbildungen (Biologie) oder sogar fachlich beziehungsweise von der Giftstoffverordnung her nicht mehr vertretbaren Inhalten (Chemie) äussert.

Für die *Vorschulstufe* gibt es für den NaTech-Bereich keine Lehrmittel, es existieren höchstens Unterrichtshilfen für Lehrpersonen wie etwa „Tüfteln, Forschen, Staunen“ (Hausherr & Edthofer, 2006 (1); Hausherr, Lück & Sörensen, 2007 (3)), das „Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung“ (Lück, 2003) oder die Themenhefte beziehungsweise Werkstätten von ProKiga (ProKiga, 2008). Die zuvor genannten Publikationen widmen sich vor allem chemischen und physikalischen Themen, für biologische Inhalte gibt es keine neueren Angebote an Hilfsmitteln für den Unterricht. Alles Vorhandene ist schon recht alt und wirkt unprofessionell.

Auf der *Primarstufe* werden je nach Kanton zwischen 2 und 8 NaTech-Bücher in den Lehrmittelverzeichnissen angeboten. Durchschnittlich ist das Angebot auf der Unterstufe etwas grösser als auf der Mittelstufe. Die NaTech-Lehrmittel sind in den meisten Kantonen nicht obligatorisch, nur empfohlen. Grundsätzlich fehlt es auf der Primarstufe an guten Lehrmitteln und Unterrichtshilfen – insbesondere jene des Lehrmittelverlags des Kantons Zürich decken den NaTech-Bereich nicht ab.

Der Schulverlag Bern hingegen hat in seiner Reihe „Lernwelten“ für je 2 Schuljahre einen Band speziell zu „Natur und Technik“ herausgegeben: Karussell (Schuljahre 1/2, Autorenteam, 2005), Riesenrad (Schuljahre 3/4, Wyssen, Bringold & Kiener, 2005) und phänomenal (Schuljahre 5/6, Schwengeler, 2007). Grundlage für diese drei Lehrmittel – wie für weitere aus dem Bereich „Natur, Mensch, Mitwelt“ – ist das Buch „Lernwelten“ (Müller & Adamina, 2008), welches viele methodische und didaktische Hinweise für Lehrpersonen im Sinne der in Kapitel 1 beschriebenen Ergebnisse der Lehr- und Lernforschung enthält. Zusätzlich gibt es zu jedem einzelnen Band – neben dem Themenheft für die Lernenden und einem Ordner mit Klassenmaterial – einen Kommentar für Lehrpersonen speziell zu den im jeweiligen Band behandelten Themen. Auch hier können die Lehrpersonen weiterführende Tipps wie zum Beispiel zum Experimentieren (siehe Abschnitt 1.4.1) oder zum Einbinden speziell technischer Themen (siehe Abschnitt 1.4.4) sowie Hinweise zum Lehren und Lernen oder zur Förderung von Fähigkeiten und Fertigkeiten entnehmen (siehe Abschnitt 1.3). Inhaltlich sind die drei „Natur und Technik“-Lehrmittel nach einem Spiralcurriculum aufgebaut, so dass anschlussfähiges Wissen systematisch aufgebaut werden kann (siehe Abschnitt 1.1). Durch die Vielzahl der (guten!) Angebote, Hinweise und Tipps haben Lehrpersonen oft Mühe, sich in diesen Lehrmitteln zu orientieren. Deshalb können viele Lehrpersonen die Qualität der Lehrmittel der Reihe „Lernwelten“ erst nach dem Besuch einer gezielten Weiterbildung wirklich schätzen. Dies wiederum führt dazu, dass diese Lehrmittel im Kanton Zürich kaum verwendet werden.

Eine gute Alternative bildet die zweibändige Publikation „Wir experimentieren in der Grundschule. Einfache Versuche zum Verständnis physikalischer und chemischer Zusammenhänge“ (Kahlert & Demuth, 2007, 2008), welche zu sinnvoll ausgewählten Themenbereichen jeweils neben Informationen zum Sachverhalt auch Erfahrungen, Vorstellungen, Schwierigkeiten und mögliche Fragen der Lernenden, Vorschläge für Vorgehensweisen im Unterricht, einfache und gut durchführbare Versuche inklusive Lösung und stufengerechter Erklärung sowie Arbeitsblätter bereitstellt. Damit erfüllt es viele der in Abschnitt 1.3 ausgedachten Bausteine von Lehrerexpertise. Leider ist dieses Lehrmittel noch weitgehend unbekannt.

Die grösste Auswahl an Lehrmitteln findet sich für die *Oberstufe*. In einigen Kantonen gibt es obligatorische Lehrmittel (z. B. Zürich: Physik, Chemie, Bau und Funktion unseres Körpers,

Naturspuren). Für die Sekundarstufe I stehen neben einigen wenigen fächerverbindenden naturwissenschaftlichen Lehrmitteln wie zum Beispiel der Urknall-Reihe aus dem Klett und Balmer Verlag Zug⁹ vor allem nach Fächern und Stufen getrennte Lehrmittel zur Verfügung. Für die Chemie sind „Blickpunkt Chemie“ (Schroedel-Verlag) und „Prisma 7-10“ (Klett Verlag), für die Physik die „Kuhn Physik“-Reihe (Westermann-Verlag) sowie „Physik“ (C.C. Buchner Verlag) empfehlenswert. Alle diese Bücher berücksichtigen in ihrem Aufbau fachdidaktische Prinzipien (siehe Kapitel 1) und werden durch gute Lehrercommentare ergänzt. Anzumerken ist, dass das Niveau der Lehrmittel für die deutsche Sekundarstufe I (Klassen 7-10) meist weit über das Niveau der Schweizer Sekundarstufe I (Klassen 7-9) hinausgeht. Insgesamt fehlt es auf der Oberstufe an Lehrmitteln, welche fächerübergreifend gestaltet sind, die es aber dennoch ermöglichen, die naturwissenschaftlich-technischen Konzepte so zu lernen, dass anschlussfähiges Wissen ermöglicht wird.

Als Hilfsmittel zur Vorbereitung des Unterrichts wird über alle Stufen hinweg – neben den jeweils benutzten Lehrmitteln inklusive Lehrercommentaren – sehr oft das Internet herangezogen. Dort gibt es eine Vielzahl an Angeboten, welche von den (jüngeren) Lehrpersonen sehr oft völlig unreflektiert 1:1 im Unterricht eingesetzt werden. Dies ist vor allem deshalb kritisch, weil neben einigen wirklich guten Seiten¹⁰ zum Teil fachlich sehr fragwürdige oder stark von einer bestimmten Lobby geprägte Seiten im Netz zu finden sind.

Eine weitere Form von Lehrmitteln im weitesten Sinn stellen so genannte *Experimentierkisten* dar. Viele Chemie- oder Physikdidaktikinstitute an Universitäten oder Pädagogischen Hochschulen bieten für Lehrpersonen solche Boxen zu verschiedenen Themen zum Ausleihen an. Die Qualität und Professionalität dieser Experimentierkisten differiert ziemlich stark: Die Bandbreite reicht von Materialien, die von Studierenden zusammengestellt wurden und über keinerlei didaktische Kommentare oder Hinweise verfügen, bis hin zu didaktisch und lernpsychologisch evaluierten Experimentierkisten mit ausgearbeiteten Kommentaren für Lehrpersonen. Ein besonders gutes Beispiel sind die Klasse(n)kisten (Möller, 2008) zu zehn naturwissenschaftlich-technischen Themen des Sachunterrichts, welche im Rahmen des Projektes KINT (Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik) entstanden sind. „Alle Klasse(n)-kisten enthalten eine Lehrerhandreichung mit methodischen, didaktischen und fachwissenschaftlichen Informationen mit Vorschlägen für den Unterricht, Schülerarbeitsblätter, Stationenkarten, Abbildungen und die für den Unterricht benötigten Experimentiermaterialien (für Klassen bis zu 32 Kindern).“ (Möller, 2008).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass „perfekte“ Lehrmittel (für alle Stufen) sowohl fachdidaktische und lernpsychologische Erkenntnisse als auch die Bedürfnisse der Lehrpersonen¹¹ berücksichtigen müssten – jedoch ohne einen „Unterricht nach Kochrezepten“ zu fördern. Dazu wäre es aber wichtig, stets entsprechende Einführungen in die Arbeit mit den Lehrmitteln und den darin enthaltenen Themen anzubieten und mehrere Möglichkeiten der konkreten Umsetzung bereitzustellen.

⁹ Dieses wird insgesamt als recht gut eingestuft, vor allem der Lehrerband ist sehr gut; zum Teil hat es Schwächen in der Prägnanz der Formulierungen von Sachverhalten und wirkt etwas überladen.

¹⁰ Wie zum Beispiel <http://www.chemieunterricht.de> oder <http://leifi.physik.uni-muenchen.de/>.

¹¹ Dazu gehört zum Beispiel, dass es einen Lehrerteil mit Lösungen und didaktischem Kommentar, vorgefertigte Arbeitsblätter (zum eigenen Verändern!) und klare Angaben zum Schwierigkeitsgrad (damit entschieden werden kann, für welche Stufe sich das Material eignet) gibt. Wenig hilfreich sind hingegen zu viele Informationen ohne Veranschaulichungen und ohne Vorschläge, wie man das Expertenwissen in schülerinnen- und schülergerechten Stoff umsetzen kann.

2.1.3 Meinungen von Expertinnen und Experten zum NaTech-Unterricht

Über Inhalte und Themen von Lehrplänen und Lehrmitteln herrscht auch in Fachkreisen nie Einigkeit, zudem unterliegen sie sich zeitlich verändernden bildungspolitischen Rahmenbedingungen. Während es zum Beispiel in den letzten Jahren in den Naturwissenschaften die Tendenz gab, sich auf Methoden zu konzentrieren, herrscht momentan eher wieder der Trend, die Lehrpläne auf Inhalte hin auszurichten. Optimal ist eine gute Mischung aus zu lernenden Inhalten, zu erwerbenden Kompetenzen und anzuwendenden Methoden. Das HarmoS-Kompetenzmodell Naturwissenschaften (HarmoS-Konsortium Naturwissenschaften, 2008) berücksichtigt diese drei Komponenten, zudem sind alle von Expertinnen und Experten im Rahmen der Befragung genannten Themen und Kompetenzen enthalten. Dies deutet darauf hin, dass das Kompetenzmodell die Voraussetzungen erfüllt, um nachhaltigen naturwissenschaftlich-technischen Unterricht in der Schweiz zu etablieren. Allerdings darf die Entwicklung nicht beim fertigen Kompetenzmodell stehen bleiben. Das Einfließen in Lehrmittel sowie geeignete Vorschläge für die konkrete Umsetzung im Unterricht sind enorm wichtig und dürfen nicht unterschätzt werden.

Da alle von den Expertinnen und Experten genannten Themen in den Themenbereichen des HarmoS-Kompetenzmodells enthalten sind, wird an dieser Stelle darauf verzichtet, diese differenziert zu diskutieren. Vielmehr werden im Folgenden noch einige grundsätzliche Anmerkungen zum naturwissenschaftlich-technischen Unterricht beschrieben. So ist es bei der konkreten Umsetzung im Unterricht vor allem wichtig, dass die Lernenden den Bezug zu ihrem Alltag beziehungsweise ihrer Umgebung erkennen und sie die Möglichkeit zum konkreten Erleben haben. Gerade beim selbstständigen Experimentieren können nicht nur kognitive Prozesse initiiert und Fertigkeiten im Umgang mit Geräten und Materialien erlernt, sondern vor allem auch sinnliche und soziale Erfahrungen gemacht werden. Es ist jedoch enorm wichtig, nicht beim Phänomen stehen zu bleiben, sondern altersgemässe Erklärungen anzubieten – auch schon im Vorschulalter sollte der Wissensdurst der Kinder gestillt werden (Lück, 2003, S. 22).

Aus den Analysen zum Kompetenzbereich Naturwissenschaften der Schweizer „PISA 2006“-Daten (Bundesamt für Statistik, 2009) kann abgeleitet werden, dass die Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts erhöht werden kann, wenn Schülerinnen und Schüler einen hohen Anwendungsbezug zu Phänomenen und Problemstellungen ihres Alltags erkennen, sie durch Experimente Erfahrungen sammeln können und zu eigenständigem naturwissenschaftlichem Forschen ermuntert werden, ihnen Zeit für Austausch und Reflexion sowie ein vertiefter Einblick in das naturwissenschaftlich bezogene Berufsspektrum gegeben wird.

2.1.4 Interdisziplinäre Zusammenarbeit und Vernetzung

In nahezu allen Lehrplänen des deutschsprachigen Raumes sind fächerverbindende Elemente vorgesehen, allerdings werden sie unterschiedlich stark gefordert (Fries, 1998, S. 256 ff.). In einigen Kantonen und Bundesländern wird der integrierte naturwissenschaftliche Unterricht gefördert, indem er organisatorisch als ein Fach (z. B. „Natur und Technik“) definiert und von nur einer Lehrperson unterrichtet wird. Leider führt dies häufig nicht zu echtem integrierten Unterricht, sondern eher dazu, dass die Präferenz der jeweiligen Lehrperson (in den meisten Fällen Biologie) ausführlich, die anderen naturwissenschaftlich-technischen Anteile dagegen eher wenig bis gar nicht in den Unterricht einfließen. Zum Nachteil der Naturwissenschaften

nimmt häufig – vor allem in den ersten beiden Zyklen¹² – der so genannte Projektunterricht eine Alibi-Funktion ein, wobei bei genauerem Hinsehen fast keine wirklich naturwissenschaftlich-technischen Inhalte thematisiert werden. Noch schwieriger wird das fächerverbindende Unterrichten, wenn Biologie, Chemie und Physik in einer Klasse von verschiedenen Lehrpersonen unterrichtet werden. Es ist eine Tatsache, dass in der Schule wenig Zeit für den Austausch im Kollegium bleibt. Wenn dieser stattfindet, ist er meist durch pädagogische statt durch fachliche Themen geprägt (IPN, 2004, S. 25).

Eine positive Ausnahme stellt das Konzept für den Lernbereich „Naturwissenschaften“ der Luise-Büchner-Schule in Gross-Gerau (D) dar (Batz, 2008). Hier werden die naturwissenschaftlichen Fächer von der 5. bis zur 10. Klasse als Fächerverbund von nur einer Lehrperson unterrichtet. Das Fach „Naturwissenschaften“ wird dadurch zum Hauptfach aufgewertet und ihm stehen von Klasse 5 bis 10 drei bis fünf Stunden pro Woche zur Verfügung. Für den Unterricht wurden von Fachlehrpersonen der Biologie, der Chemie und der Physik gemeinsam Module entwickelt. Diese Module sind zum Teil fachspezifisch, aber dort, wo es sich anbietet, sind sie fächerverbindend. In den einzelnen Klassen eines Jahrgangs unterrichten möglichst Lehrpersonen mit verschiedenen fachlichen Hintergründen, so dass eine gegenseitige Unterstützung möglich ist. Da die Themen pro Jahrgang parallelisiert sind, können Synergien beim Bereitstellen der Materialien sowie beim Auf- und Abbau der Experimente genutzt werden. Nach Auskunft der unterrichtenden Lehrpersonen an der Luise-Büchner-Schule verlieren die Schülerinnen und Schüler durch diese Art des naturwissenschaftlichen Unterrichts weniger das Interesse für die Naturwissenschaften.

Interdisziplinäre Vernetzung kann und soll nicht nur zwischen den klassischen Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik stattfinden, sondern insbesondere auch mit der Technik. Es ist klar hervorzuheben, dass Technikverständnis nicht automatisch im naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert wird, sondern dass es einer speziellen Einbindung bedarf. Das bedeutet zum einen, dass technische Anwendungen bewusst in den Naturwissenschaftsunterricht integriert werden, so dass an diesen ein naturwissenschaftlich-technischer Kontext erfahrbar wird. Zum anderen muss den Schülerinnen und Schülern – in Zusammenarbeit mit den Lehrpersonen für das Technische Gestalten – die Möglichkeit gegeben werden, konkrete technische Anwendungen selbst zu bauen beziehungsweise nachzubauen. Erst durch beide Facetten der Technik kann ein umfassendes Technikverständnis aufgebaut werden.

2.1.5 Ausbildung der NaTech-Lehrpersonen

Es ist unbestritten, dass die Ausbildung der Lehrpersonen bei der Qualität des NaTech-Unterrichts eine wichtige Rolle einnimmt. Deshalb ist es umso erstaunlicher, dass die Ausbildung der Lehrpersonen nicht nur einen hohen Diversifizierungsgrad nach Schularten und Schulstufen, sondern sehr grosse Differenzen in der Ausbildung von Lehrpersonen – insbesondere für die ersten beiden Zyklen in der Schweiz – aufweist: Auf der Vorschulstufe werden im Kanton Zürich von den 180 ECTS-Punkten 6 ECTS-Punkte den naturwissenschaftlichen Fächern gewidmet. An anderen PHs schwankt diese Zahl zwischen 5 (PHSH) und 18-23 ECTS-Punkten (PHSG). Auf der Primarstufe werden von den 180 Bachelor-Punkten zwischen 6 (PHSH) und 18-23 (PHSG) in den Naturwissenschaften erreicht. Im Durchschnitt werden ca. 10 ECTS-Punkte erworben, an der PHZH sind es in der Regel 6 ECTS-Punkte.

¹² 1.-4. und 5.-8. Klasse bei einem Schuleintrittsalter von 4 Jahren.

Auf der Sekundarstufe I werden von den 270 ECTS-Punkten für den Mastertitel zwischen 40 (PHZH) und 60 ECTS-Punkte (PHBE) in den Naturwissenschaften erworben. Die PHZ bietet als einzige Hochschule im deutschsprachigen Raum eine integrierte Lehrpersonenausbildung im Fach Naturwissenschaft an, welche sowohl eine echte Verbindung der klassischen Fächer Biologie, Chemie und Physik als auch die Verknüpfung von fachwissenschaftlichen, fachdidaktischen und pädagogischen Inhalten anstrebt.¹³

Ähnlich differenziert sieht es in Deutschland aus: Baden-Württemberg ist das einzige Bundesland, in welchem das Studium zur Lehrperson an der Pädagogischen Hochschule absolviert wird, in den anderen Bundesländern findet die Ausbildung an Universitäten statt. Die Anzahl Semesterwochenstunden, welche beim Lehramtsstudium zu besuchen sind, variiert – je nachdem, ob ein naturwissenschaftliches Fach als Haupt-, Leit- oder Affinfach studiert wird – zwischen 18 und 30 Semesterwochenstunden (SWS)¹⁴. Beim Studium an der Universität mit anschliessendem Vorbereitungsdienst fallen – je nachdem, wie viele naturwissenschaftliche Fächer gewählt werden – zwischen 0 (kein Fach) und 40 (2 gewählte Unterrichtsfächer) SWS an.

In Österreich werden die Lehrpersonen ebenfalls an der Pädagogischen Hochschule für den Bachelor ausgebildet. Auf der Grundstufe (Kindergarten bis 4. Klasse) werden im Durchschnitt ca. 15 ECTS-Punkte erworben, für das Unterrichten an der Hauptschule (5.–8. Klasse) werden, je nachdem wie viele NaTech-Fächer gewählt werden, bis zu 80 ECTS-Punkte erarbeitet.

In den Niederlanden werden angehende Lehrpersonen an Pädagogischen Hochschulen und Universitäten ausgebildet. Es existieren keine detaillierten Angaben über NaTech-Anteile an den einzelnen Hochschulen. Das könnte auch daran liegen, dass es keine verbindlichen staatlichen Vorgaben für die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen gibt.

Ein erheblicher Anteil der Grundschullehrpersonen in Deutschland erteilt Sachunterricht, „ohne im Studium im grösseren Umfang auf das Unterrichten von physikalischen oder chemischen Themen vorbereitet worden zu sein.“ (IPN, 2004, S. 22). Peschel (2007) spricht gar von nur 4 % der Lehrpersonen, die für den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht in der Grundschule ausgebildet sind.

Ähnliches kann man auch für Lehrpersonen der ersten beiden Zyklen in der Schweiz annehmen. So ist es nicht verwunderlich, dass biologische Themen sowohl im Kindergarten als auch in der Unterstufe favorisiert werden. Werden Sekundarstufenlehrpersonen wie in der Schweiz in den Naturwissenschaften integriert ausgebildet, ergibt sich ein ganz ähnliches Bild: In den drei Jahren der Oberstufe wird angestrebt, chemische Themen in 40 Lektionen, physikalische in 80 Lektionen und biologische in etwa 120 Lektionen zu behandeln. In der Realität sieht es allerdings so aus, dass die Biologie auf Kosten der Physik und vor allem der Chemie einen noch grösseren Teil einnimmt. Nach Aussagen von Lehrpersonen – die sich mit den Beobachtungen der Expertinnen und Experten decken – liegt das vor allem auch daran, dass sich die Lehrpersonen dieser Stufe fachlich sehr unsicher fühlen und bei ihnen das Interesse an chemischen und physikalischen Themen noch nicht geweckt wurde. Absolventinnen und Absolventen verfügen über so gut wie keine belastbaren naturwissenschaftlich-

¹³ <http://www.sek1.phz.ch/content.php?link=898457728735.htm>.

¹⁴ Die Umrechnung von SWS in ECTS-Punkte variiert zwar, aber die offizielle Regelung in Deutschland besagt, dass eine Veranstaltung mit 2 SWS 3 ECTS-Punkten entspricht. Darin enthalten sind dann die ECTS-Punkte für Leistungsnachweise oder Prüfungen; bei reinen Anwesenheitsveranstaltungen entsprechen 2 SWS 1 bis 1.5 ECTS-Punkten.

technischen Konzepte, das heisst, sie können Sachverhalte nicht erklären und schon gar nicht auf die jeweilige Stufe „herabbrechen“. Es müsste in der Ausbildung mehr Zeit für den NaTech-Bereich zur Verfügung stehen, um wirklich fachliche Kompetenzen aufbauen zu können. Bedingt durch den Zeitmangel ist die NaTech-Ausbildung momentan oft zu theoretisch, es müsste viel mehr und intensiver an den Themen gearbeitet werden. Auch angehende Lehrpersonen benötigen die Originalbegegnung mit den naturwissenschaftlichen – insbesondere chemischen und physikalischen – Phänomenen.

Anders sieht es aus, wenn Studierende nicht „Naturwissenschaften“ oder „Natur und Technik“ als ein Fach, sondern – wie es in Deutschland üblich ist – Biologie, Chemie oder Physik belegen. Durch die wesentlich höhere zur Verfügung stehende Anzahl an ECTS-Punkten für fachliche und fachdidaktische Inhalte während des Studiums im entsprechenden Fach ist es verständlich, dass sich Studierende in „ihrem Fach“ sicher fühlen und es lieber und besser unterrichten.

Zum Beispiel fühlen sich Zürcher Studierende fachlich nur dort kompetent, wo sie sich fachwissenschaftlich vertieft haben, und das ist entweder in Biologie oder in Chemie oder in Physik (Metzger, 2007).

Sehr gut bewährt hat sich das „Frankfurter Modell“ der Ausbildung von Physiklehrpersonen. Dort wird von Anfang an die fachliche (30 ECTS-Punkte) mit der fachdidaktischen (23 ECTS-Punkte) Ausbildung verknüpft. Das heisst, dass die fachlichen Inhalte immer mit Blick auf die Schule vermittelt werden, also zum Beispiel Elementarisierung oder Sachstruktur versus Unterrichtsstruktur immer an den konkreten Themen mitgedacht werden. Sehr ähnlich sieht die Ausbildung der Sekundarlehrpersonen an der PHZ Luzern aus. Dort wird ebenfalls von Anfang an die fachliche mit der fachdidaktischen Ausbildung verbunden. Zudem werden die Studierenden – dort wo es sinnvoll ist – fächerübergreifend in den Naturwissenschaften ausgebildet.

2.1.6 Weiterbildung der NaTech-Lehrpersonen

Weiterbildungen können zum einen genutzt werden, um in der Ausbildung vernachlässigte Inhalte aufzuarbeiten, zum anderen, um konkrete Lösungen für Probleme des Schulalltags zu finden. Obwohl viele Lehrpersonen wahrnehmen, dass sie Nachholbedarf gerade in den Naturwissenschaften hätten, kommt es kaum zu Weiterbildungen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich. Das liegt zum einen daran, dass es wenige und für die Grundschule kaum Weiterbildungen für den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht gibt (Peschel, 2007), zum anderen, weil andere Probleme für die Lehrpersonen grössere Priorität haben beziehungsweise andere Weiterbildungen obligatorisch sind.

An der PHZH können die Weiterbildungskurse aufgrund mangelnder Anmeldungen im Durchschnitt zu ca. 60 % durchgeführt werden, die „Mensch und Umwelt“-Kurse zu 43 %. Auch von der Teilnehmer/-innenauslastung befinden sich die MU-Kurse im unteren Bereich (23 % Auslastung). Das Kursangebot beinhaltet Basisangebote (neue Lehrmittel, Experimentieren, ausserschulische Lernorte) sowie Wechselangebote (exemplarisch, Aktualität). Die Kurse sind in der Regel nicht obligatorisch. Die Kursangebote der PHs in der Deutschschweiz zeigen grosse Unterschiede. PHs, welche ihr Angebot am Bedarf der Lehrpersonen orientieren, können mehr Kurse durchführen als PHs, die im Kurskonzept versuchen, ein möglichst breites Spektrum anzubieten. Oft wird der Bedarf an Kursen auch von Bildungsdirektionen, von Lehrmittelkommissionen, von LehrerInnenverbänden etc. angemeldet.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Kurse mit Themen, welche direkt im Unterricht umgesetzt werden können (z. B. ausserschulisches Lernen, Experimentieren, Lehrmitteleinführungen), besser besucht werden als Theoriekurse. Ausserdem zeigt sich die Tendenz, dass Lehrpersonen des 1. Zyklus die Kurse häufiger besuchen als Lehrpersonen aus den 2. und 3. Zyklen – dies gilt insbesondere auch für den NaTech-Bereich. Holkurse, wie sie einige PHs anbieten, werden im NaTech-Bereich praktisch nie beantragt. Auf der Oberstufe sind die Kurse eher fächerspezifisch, auf der Vorschulstufe und auf der Primarstufe eher fächerübergreifend¹⁵.

Eine geeignete Lösung, um die Lehrpersonen zum vermehrten Besuch von NaTech-Weiterbildungen zu animieren, scheinen regelmässige obligatorische fachliche beziehungsweise fachdidaktische Weiterbildungen zu sein. Momentan gibt es zwar in einigen deutschen Bundesländern obligatorische Weiterbildungen, jedoch können die Lehrpersonen frei wählen, welche der angebotenen Weiterbildungen sie besuchen. So haben zum Beispiel in Hessen 2006/07 zehnmal so viele Lehrpersonen an Weiterbildungen zum Fach Deutsch als an solchen zur Physik teilgenommen. In Deutschland besteht allerdings auch das Problem, dass kaum Kapazitäten zum Ausarbeiten und Durchführen von Weiterbildungen in den Naturwissenschaften vorhanden sind.

Werden Weiterbildungen angeboten, so müssten diese so gestaltet sein, dass sich Lehrpersonen nach dem Besuch zum einen fachlich kompetent fühlen, zum anderen die nötigen Materialien an die Hand bekommen, um das Gelernte möglichst gut im Unterricht umsetzen zu können. Dazu reicht es nicht, einfach fertige Materialien zur Verfügung zu stellen (das könnte auch über das Internet geschehen), die Lehrpersonen müssen selbst damit konfrontiert werden, ihre eigenen Konzepte zu überdenken und sich erst anschliessend mit den konkreten Unterrichtsmaterialien auseinanderzusetzen (vgl. Abschnitte 1.3). Für Lehrpersonen ist es zudem immer sehr wichtig, in einer Weiterbildung befähigt zu werden, auch weiterführende Fragen der Schülerinnen und Schüler zu den behandelten Themen beantworten zu können (IPN, 2004, S. 22). Die Weiterbildung von Vorschullehrpersonen ist zudem am meisten Erfolg versprechend, wenn sie im ganzen Team erfolgt und dann gemeinsam Materialien erarbeitet beziehungsweise angeschafft werden.

Als sehr erfolgreich ist das Weiterbildungs- und Coachingangebot des Zentrums für frühe naturwissenschaftliche Förderung an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg einzustufen, welches von Monika Zimmermann im Rahmen ihrer Dissertation (Zimmermann, im Druck) entwickelt wurde. Der Erfolg zeigt sich daran, dass die teilnehmenden Erzieherinnen zuvor so gut wie gar keine naturwissenschaftlichen Experimente in den Kindergärten durchgeführt haben und nach der Weiterbildung sehr oft – bis zu einem ganzen Tag pro Woche (!) – mit den Kindern experimentieren. Im Rahmen der Studien hat sich herausgestellt, dass das Selbstkonzept der Erzieherinnen ausschlaggebend für alles Weitere ist, auch für ihr Faktenwissen (Zimmermann, im Druck). Deshalb ist für die Weiterbildung grundlegend, dass die Teilnehmenden selbst die Phänomene erleben, Spass und Freude geweckt werden und Fachwissen nicht stur „eingetrichtert“ wird. Voraussetzung für die Teilnahme ist die Mitarbeit von mindestens zwei Erzieherinnen pro Einrichtung. Diese kommen zu fünf Terminen (jeweils 4-5 Stunden am Samstag) an die PH („Ein Fortbildungstag allein reicht nicht!“). In den Veran-

¹⁵ Alle Informationen beziehen sich auf telefonische Auskünfte von PHZH, PHBE, PHTG und FHNW.

staltungen wird sehr zielorientiert gearbeitet, das heisst, es wird konkret für die eigene Einrichtung geplant. So bereiten die Erzieherinnen im Team in der ersten der fünf Veranstaltungen ein konkretes Experiment für den Kindergarten vor, setzen dieses in der darauf folgenden Zeit um und geben beziehungsweise bekommen dann bei der nächsten Veranstaltung an der PH Rückmeldungen. Als Unterstützung für die Erzieherinnen steht an der PH Heidelberg eine Materialbibliothek mit 33 Kisten zu verschiedenen Themen (welche ausgehend von Fragen von Erzieherinnen ausgewählt wurden) zum kostenlosen Ausleihen (für 1-3 Wochen) zur Verfügung. Den Transport müssen die Erzieherinnen selbst übernehmen, das Instandhalten des Materials und Auffüllen von Verbrauchsmaterial wird durch die PH übernommen (dies bedeutet allerdings das Bereitstellen einer 100%-Stelle allein für die Materialbibliothek).

Ein sehr ähnlicher Ansatz wurde für das sich seit Anfang 2009 in der Deutschschweiz im Aufbau befindliche Programm „Innovation SWISE – Swiss Science Education“ gewählt. Mit SWISE soll ab 2010 ein breit gefächertes, forschungsgestütztes Weiterbildungsangebot für Naturwissenschaftslehrpersonen der obligatorischen Schule realisiert werden. Vom Konzept her entspricht SWISE den deutschen beziehungsweise österreichischen Modellversuchen „SINUS“ (Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts) und „IMST“ (Innovations in Mathematics and Science Education). Hauptziele von SWISE sind, den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht beziehungsweise den Sachunterricht qualitativ weiterzuentwickeln, Lehrpersonen für eine Mitarbeit und eine kontinuierliche Weiterentwicklung ihres naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts zu gewinnen, einen Beitrag zur Unterrichts- und Schulentwicklung zu leisten, aufbauend auf dem Kompetenzmodell von „HarmoS Naturwissenschaften“ Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern zu konkretisieren und umzusetzen, Netzwerke auf schulischer, regionaler und sprach-regionaler Ebene aufzubauen sowie Schülerinnen und Schüler zu motivieren, einen naturwissenschaftlich-technischen Beruf zu erlernen beziehungsweise später ein entsprechendes Fach zu studieren.

2.1.7 Zur Beziehung der Geographie zu den Naturwissenschaften

Die Geographie ist in der Volksschule zwar nicht explizit als Teil der Naturwissenschaften oder der Technik zu bezeichnen, beinhaltet aber – vor allem in der Sekundarstufe II – viele naturwissenschaftliche Aspekte, weshalb sie für das Gymnasium in die Expertise einbezogen wird. Da es nicht Ziel dieser Expertise ist, die Geographie auch auf den anderen Stufen vollumfänglich zu behandeln, die Volksschule aber die Basis für die Sekundarstufe II liefert, werden alle wesentlichen Aspekte für die Geographie der Vorschul-, Primar- und Sekundarstufe I in diesem Kapitel zusammenfassend dargestellt. Grundlage ist ein Interview mit Prof. Dr. Sibylle Reinfried von der PHZ Luzern – einer ausgezeichneten Expertin für die Geographie und deren Didaktik auf allen Stufen. Durch ihre frühere Tätigkeit in Zürich ist sie zudem mit den Verhältnissen im Kanton Zürich bestens vertraut.

2.1.7.1 Umfang, Inhalte und Themen im Bereich Geographie

Bisher werden geographische Themen in der *Vorschulstufe* nicht behandelt. Auch bei der Entwicklung des neuen Kindergartenlehrplans für den Kanton Zürich wurde die Geographie nicht mit einbezogen. Die „Orientierung im Raum“ im Bereich „Körper, Bewegung, Gesundheit“, welche häufig als Beleg für das Vorhandensein geographischer Themen herangezogen wird, wird der Geographie nicht gerecht, da es hier um die Bedeutung des Körpers und nicht

um den Raum aus geographischer Perspektive geht. Dabei wäre gerade die Orientierung an bestimmten Landmarken, wie zum Beispiel der Tramhaltestelle oder dem Kiosk in der Nähe des Schulhauses, ein Thema, welches sehr gut schon in der Vorschulstufe behandelt werden könnte. Schon drei- bis vierjährige Kinder sind in der Lage, Objekte auf einer Karte richtig zu platzieren (z. B. können sie ihr Kinderzimmer nachstellen). In diesem Zusammenhang könnten die unterschiedlichen Ansichten (Frontalansicht, Schrägansicht, Draufsicht) eingeübt und das Bewusstsein geschaffen werden, dass man Raum verschieden wahrnehmen kann. Zusätzlich wäre es wünschenswert, wenn auch bei einigen naturwissenschaftlichen Themen schon im Kindergarten ein Bezug zur Geographie hergestellt würde. So könnte zum Beispiel beim Thema Wasser besprochen werden, wo Wasser vorkommt, was passiert, wenn Wasser verschmutzt wird, oder was mit dem Wasser passiert, das ich auf dem Boden ausleere. So würden Kinder stufengerecht mit Themen wie Bodenbeschaffenheit, Versickerung, Problematik der Versiegelung von Böden im Stadtbereich etc. in Berührung kommen. Ein weiteres Thema für die Vorschulstufe mit Bezugspunkten zur Geographie wäre der Boden (Was ist Boden? Einfach nur Dreck oder etwas, worin Neues wachsen kann?). Hingegen sollte auf solche Bereiche verzichtet werden, welche nicht anschaulich für die Kinder oder schlicht nicht „begreifbar“ sind, wie zum Beispiel die Themen Klima oder Naturkatastrophen. Diese faszinieren Kinder zwar, jedoch ist es nicht möglich, sie stufengerecht zu behandeln.

Wie viele geographische Themen in der *Unter- und Mittelstufe* tatsächlich unterrichtet werden, lässt sich schwer sagen. Es hängt – wie auch bei den Naturwissenschaften – sehr stark von den Interessen der jeweiligen Lehrperson ab.

Entgegen der Interessensforschung, die besagt, dass vor allem auch jüngere Schülerinnen und Schüler an fernen Ländern interessiert sind, wird in den Primarschulen meist noch streng nach der alten Regel „vom Nahen zum Fernen“ unterrichtet. Das bedeutet, dass zunächst das Quartier, dann die Stadt, anschliessend der Kanton und am Ende der Primarschulzeit die Schweiz thematisiert werden. Sinnvoller wäre es, auch schon auf der Unterstufe das Nahe mit dem Fernen zu verbinden, indem man zum Beispiel mit dem tropischen Regenwald, seinen Tieren, Pflanzen und Früchten einsteigt und von dort den Bogen zum einheimischen Wald schlägt. Eine solche Vorgehensweise würde zudem das vernetzte Denken fördern, was in der Schule kaum wirklich gemacht wird.

Für die Mittelstufe bieten sich Themen wie die Gestaltung unserer Landschaft oder Naturgefahren an, weil dort immer wieder auch aktuelle Bezüge hergestellt werden können (Tätigkeit von Gletschern, Wasser, Erdbeben, ...). Zudem haben Studien gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler grosses Interesse an Themen wie Naturgefahren haben. Eher vernachlässigt werden sollten Elemente der Wirtschaftsgeographie, weil das die Lernenden der Primarstufe kaum interessiert und zudem nur sehr schwer stufengerecht darzustellen ist.

In der *Sekundarstufe I* sind pro Woche 3 Lektionen für Geographie und Geschichte zusammen vorgesehen. Das heisst, im Mittel werden drei Jahre lang etwa 1,5 Lektionen pro Woche Geographie unterrichtet. Im neuen Deutschschweizer Lehrplan wird es aller Voraussicht nach einen Fächerverbund aus Geographie, Geschichte und Wirtschaft geben, wobei die genauen Stundendotationen noch nicht bekannt sind.

In der Sekundarstufe I stellen so genannte Mental Maps einen guten Einstieg zum Themengebiet der Kartographie dar. Sie sind sehr individuell und können der Lehrperson Hinweise auf den Entwicklungsstand der Lernenden geben: „Mein Stadtplan mit dem Fahrrad“ wird bei jeder Schülerin und jedem Schüler anders aussehen, insbesondere werden immer wieder ver-

schiedene Perspektiven verwendet werden. Einen weiteren Zugang bietet das Zeichnen eines Stadtplans über gewisse Eigenschaften, zum Beispiel die Funktionalität des Mobiltelefons: Wo hat mein Natel wie viele Balken Empfang?

Ein mögliches Thema, um auf der Sekundarstufe I in die Gesteinskunde einzusteigen, bietet die Kernkraftproblematik: Wo in der Schweiz kann der atomare Abfall gelagert werden? Aus welchem Gestein bestehen die Bergmassive der Schweiz? Welche Voraussetzungen müssen gegeben sein, um atomaren Müll sicher zu lagern? Welche Alternativen gibt es zur Kernenergie? Warum ist die Wasserkraft eine gute Alternative für die Schweiz, Windenergie dagegen nicht?

Ein weiteres wichtiges Thema ist die Diskussion um Produkte: Wo kommt etwas her beziehungsweise wird etwas hergestellt? Was kostet es? Wer verdient wie viel daran?

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass sich – neben rein geographischen Themen – auf allen Stufen Bezüge zwischen der Geographie und den Naturwissenschaften beziehungsweise der Technik herstellen lassen. Die Vernetzung der Fächer und die Betrachtung eines Themas aus den verschiedenen fachspezifischen Perspektiven ist eine noch viel zu wenig genutzte Chance zur Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler auf die Auseinandersetzung mit Fragen ihrer komplexen Umwelt.

2.1.7.2 Lehrmittel

Für die Vorschulstufe existieren weder Lehrmittel noch Unterrichtsmaterialien speziell für geographische Themen. Es gibt zwar Kinderbücher, die sich mit geographischen Themen beschäftigen, jedoch sind dort häufig Analogien enthalten, die Fehlvorstellungen der Kinder begünstigen (wie z. B. dass ein Gewitter entsteht, wenn zwei Wolken zusammenstossen).

Für den Bereich der Primarstufe und der Sekundarstufe I gibt es zwar einige Geographielehrmittel, jedoch sind diese fast immer didaktisch schlecht aufbereitet: Sie sind für Schülerinnen und Schüler unverständlich geschrieben, orientieren sich nicht am modernen Lernverständnis oder sind allgemein zu komplex aufgebaut. Deshalb können die Lehrmittel oft nur als Ideenbörse dienen. Leider verwenden Lehrpersonen zur Vorbereitung ihres Unterrichts so gut wie gar keine darüber hinausgehende Literatur wie zum Beispiel Fachbücher oder schulrelevante Zeitschriften (Praxis Geographie, Geographie heute). Einzige Ausnahme bildet das Internet, welches allerdings völlig unreflektiert zu Rate gezogen wird.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass für keine Stufe geographische Lehrmittel oder Unterrichtsmaterialien existieren, welche die „naiven Alltagsvorstellungen“ der Lernenden mit einbeziehen. Es scheint, den Entwickelnden sei nicht bewusst, dass Lernende subjektive Theorien zu bestimmten Themen haben, die ihr Lernen beeinflussen. Die in den Lehrmittel behandelten Themen sind häufig entweder falsch oder schlecht aufbereitet dargestellt. Die Entwicklung neuer Materialien für den Geographiebereich wäre also sehr empfehlenswert. Neben sehr hoher fachlicher Kompetenz sind für die Entwicklung von Lehrmitteln und Arbeitshilfen Kenntnisse über neue Ergebnisse der Lehr-Lern-Forschung (pädagogische Psychologie), der Fachdidaktik (z. B. über Alltags- oder Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern) sowie der Mediendidaktik (z. B. können Vorschulkinder nicht lesen, das heisst, Abbildungen müssen richtig und selbsterklärend sein) unerlässlich.

2.1.7.3 Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen

Die Ausbildung von Lehrpersonen für den Vorschulbereich sieht momentan keine speziell geographischen Inhalte vor – weder in Zürich noch in anderen Kantonen. Wünschenswert wären Gefässe, die zum einen die grundsätzlichen Inhalte der für die Vorschulstufe sinnvollen Themen vermitteln, zum anderen die Studierenden mit aktuellen Forschungsergebnissen der Geographiedidaktik mit speziellem Blick auf die Vorschulstufe vertraut machen. Zum Beispiel gibt es zahlreiche Studien zur Orientierung im Raum, welche unter anderem belegen, dass es nicht genetisch bedingt ist, dass sich Frauen im Allgemeinen schlechter im Raum orientieren können als Männer, sondern dass das erfahrungsbedingt ist und dass dieses Defizit durch die Schule noch verstärkt wird. Aus diesem Grund ist es umso wichtiger, schon im Kindergarten mit der Einübung solcher Fähigkeiten zu beginnen.

Auch für die Primar- und Sekundarstufe I scheint das momentane Ausbildungskonzept – in Zürich wie in anderen Kantonen – ungenügend zu sein. Die Studierenden sind zu wenig sicher in ihrem Fachwissen, so dass auch die Praxis nicht seriös genug vorbereitet werden kann. Hinzu kommen fehlende Kompetenzen für die konkrete Umsetzung im Unterricht: Wie arbeite ich mit dem Atlas? Wie konstruiere ich geographische Aufgaben, die wirklich zum Lernen führen? An einigen Pädagogischen Hochschulen der Schweiz zeigt sich jedoch der als positiv einzuordnende Trend hin zu mehr fachdidaktischen Modulen, in welchen auf Metaebene über Unterricht gesprochen wird (Standards, Grundlagen der Geographiedidaktik, Medieneinsatz, etc.), sowie einer speziell auf den Lehrplan ausgerichteten fachwissenschaftlichen Ausbildung.

Für praktizierende Lehrpersonen sollte es vor allem fachliche Weiterbildungen zu Themen wie Geologie, Mineralogie, Klimatologie oder speziellen Ländern geben, wobei stets auf einen starken Bezug zur Praxis (z. B. Vorschläge für Arbeitsmaterialien) zu achten ist. In Luzern gibt es so genannte Update-Kurse, welche die Lehrpersonen freiwillig besuchen, wobei die Zahl der Teilnehmenden zunehmend steigt.

2.1.7.4 Resümee

Die Geographie kämpft auf den Stufen der obligatorischen Schule mit ganz ähnlichen Problemen wie die Naturwissenschaften: oft ungenügende fachliche und fachdidaktische Ausbildung der Lehrpersonen, kaum fachlich richtige und didaktisch gut aufbereitete Lehrmittel sowie (daraus resultierend) wenig geographische Anteile im „Mensch und Umwelt“-Unterricht. Zudem wird momentan die Chance der Verknüpfung zwischen den Naturwissenschaften und der Geographie so gut wie nicht genutzt. Vor dem Hintergrund der im neuen Deutschschweizer Lehrplan eher sozialwissenschaftlichen Ausrichtung der Geographie könnte dies in Zukunft jedoch von besonderer Bedeutung sein. Deshalb böten sich im Anschluss an diese Expertise eine Untersuchung der Überschneidungs- und Anknüpfungspunkte zwischen der Geographie und den Naturwissenschaften sowie die Ableitung von konkreten Vorschlägen zum effizienten Unterrichten naturwissenschaftlich-geographischer Themen an.

2.2 Sekundarstufe II

Von Albert Zeyer und Freia Odermatt

In den folgenden Abschnitten werden zuerst die im Blick auf die Expertise wichtigsten Merkmale der Sekundarstufe II im schweizerischen Bildungssystem betrachtet und mit ent-

sprechenden Daten aus Deutschland, Österreich und den Niederlanden verglichen. Ins Auge gefasst werden Stundenverteilung, Lehrmittel sowie Aus- und Weiterbildung der Lehrkräfte. Die Abschnitte des zweiten Teils gelten qualitativen Aspekten des NaTech-Unterrichts. In den letzten Jahren wurden grosse Anstrengungen unternommen, Erkenntnisse aus der Forschung zur Fachdidaktik der Naturwissenschaften in die Schulpraxis einzubringen. Diese Arbeiten sollen für die Expertise fruchtbar gemacht werden.

2.2.1 Quantitative Aspekte

Für die Beurteilung des Status quo stehen folgende quantitativen Aspekte in Zentrum: Einmal ist von Bedeutung, in welchem Umfang NaTech-Fächer angeboten werden und in welchem Schuljahr dies geschieht. Dann zeichnen sich im Vergleich mit Deutschland, Österreich und den Niederlanden interessante Unterschiede ab, die die Verwendung von Lehrmitteln und die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen betreffen.

2.2.1.1 Lehrpläne und Stundentafeln

In der Schweiz folgt die Sekundarstufe II auf die obligatorische Schulzeit und umfasst allgemeinbildende und berufsorientierte Ausbildungsgänge. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf die allgemeinbildenden Gymnasien. Sie werden mit der Matura abgeschlossen und gewähren Zugang zu sämtlichen universitären Einrichtungen der Hochschulen. Mit berücksichtigt sind die Untergymnasien, die zwar noch zur Sekundarstufe I gehören, aber nicht mehr der Volksschule zugerechnet werden.

In den Grundzügen wird der Unterricht in den schweizerischen Gymnasien durch das Maturitäts-Anerkennungsreglement (MAR) definiert – auf nationaler Ebene die einzige verbindliche Vorgabe. Das MAR bestimmt einen Kanon von Pflicht- und Wahlfächern und legt prozentuale Zeitannteile für die verschiedenen Unterrichtsbereiche fest. Nach den Vorgaben des MAR umfasst der Unterricht am Gymnasium zehn obligatorische Grundlagenfächer sowie je ein Schwerpunkt- und ein Ergänzungsfach, das aus vorgegebenen Fächern oder Fächergruppen auszuwählen ist. Biologie (BI), Physik (PH) und Chemie (CH) gelten seit der Revision der MAR vom Juni 2007 als Grundlagenfächer. Zusammen mit der Mathematik soll der zeitliche Unterrichtsanteil dieser Fächer 25–35 % betragen.

Da die Gymnasien – im Kanton Zürich sind es 20 an der Zahl – sich durch die Jahreslektionen pro Fach profilieren, ist es möglich, dass die eine Schule die Lektionen in Fächern der unbeliebten Natur während der ersten drei Jahren nicht führt, während andere schon vor dem 3. Schuljahr (im Sinn eines Spiralcurriculums) die Fächer in die Stundentafel aufnehmen.

Die Kombination von PH plus Anwendungen der Mathematik (AM) sowie von BI plus CH können als Schwerpunktfach gewählt werden. PH, CH oder BI können zudem als Ergänzungsfach gewählt werden. Die doppelte Wahl eines Faches als Schwerpunkt- und Ergänzungsfach ist allerdings ausgeschlossen. Der zeitliche Unterrichtsanteil für das Schwerpunkt- und Ergänzungsfach beträgt insgesamt 15–25 % der gesamten Unterrichtszeit. Darin enthalten ist auch der Aufwand für die Maturaarbeit. Geographie (GG) gilt ebenfalls als obligatorisches Grundlagenfach.

Im Rahmenlehrplan von 1994 hat das EDK Leit- und Richtziele zu den einzelnen Fächern formuliert. Das nur als Empfehlung verabschiedete Dokument ist von den einzelnen Kantonen unterschiedlich umgesetzt worden. Auch innerhalb der Kantone bestehen noch einmal grosse Unterschiede in der Gestaltung der Ausbildungsgänge an den einzelnen Schulen. Die

Vielzahl schweizerischer Mittelschultypen ist in Oelkers (2008) beschrieben. Er widmet dem Angebot im Kanton Zürich ein eigenes Kapitel. Darin ist auch eine vergleichende Lehrplananalyse für die Fächer Deutsch, Französisch und Mathematik enthalten (Oelkers, 2008, 162–169). Naturwissenschaftliche Fächer sind in dieser Analyse allerdings nicht berücksichtigt.

In *Deutschland* beginnt die Sekundarstufe II ebenfalls nach der Erfüllung der allgemeinen Schulpflicht, normalerweise ab dem 15. Lebensjahr (Lohmar & Eckhardt 2007), und umfasst verschiedene weiterführende allgemeinbildende und berufliche Ausbildungen, von denen hier nur allgemeinbildende Schulen, die zum Abitur führen, betrachtet werden. Das Abitur, das wie die Matura Zugang zu sämtlichen universitären Einrichtungen gewährt, wird am Ende der gymnasialen Oberstufe eines allgemeinbildenden Gymnasiums oder eines Fachgymnasiums erworben.

Wie der Unterricht in der Sekundarstufe II im Einzelnen gestaltet wird, und wie die Wahl- und Pflichtfächer auf die verschiedenen Profile des Gymnasiums verteilt werden, regeln die einzelnen Bundesländer weitgehend selbst. Landesweit verbindliche Vorgaben gibt es nur für die Fächer Deutsch, Fremdsprachen und Mathematik. Die Zeitanteile, die dem Unterricht naturwissenschaftlicher Fächer zugestanden werden, variieren einerseits nach den Profilen – erwartungsgemäss heben sich mathematisch-naturwissenschaftliche Profile von den anderen Profilen deutlich ab – und andererseits nach Bundesland. Die Differenzen zwischen den einzelnen Bundesländern sind beträchtlich.

Der wichtigste Unterschied zu den Verhältnissen in der Schweiz besteht darin, dass Schülerinnen und Schüler, die ein Gymnasium mit nicht-mathematisch-naturwissenschaftlichem Profil besuchen, in den letzten beiden Jahre zumal die „harten“ naturwissenschaftlichen Fächer CH und PH konsequent umgehen können, weil sie zwischen BI, CH oder PH wählen können. In der Schweiz ist das unmöglich, weil BI, CH *und* PH obligatorische Grundlagenfächer sind. Auch GG ist in Deutschland nicht obligatorisch, sondern wird in den meisten Gymnasien alternativ zu Wirtschaft und Recht angeboten.

In *Österreich* wird die Sekundarstufe II ebenfalls mit einer Matura abgeschlossen, die am Ende einer vierjährigen Oberstufe einer Allgemeinbildenden Höheren Schule (AHS) oder einer fünfjährigen Berufsbildenden Höheren Schule (BHS) erworben wird. Lehrpläne und Stundentafeln werden zentral vom Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur festgelegt. Anders als in Deutschland, aber ähnlich wie in der Schweiz besuchen alle Schülerinnen und Schüler aller Profile Unterricht in sämtlichen naturwissenschaftlichen Fächern. Insgesamt sind die Verhältnisse mit jenen in der Schweiz vergleichbar.

In den *Niederlanden* entscheiden sich die Schülerinnen und Schüler in den letzten beiden Jahren des Gymnasiums für eines von vier Profilen. Angeboten werden „Natur und Technik“, „Natur und Gesundheit“, „Wirtschaft und Gesellschaft“ und „Kultur und Gesellschaft“. „Natur und Technik“ ist ein ausgeprägtes Männerprofil; „Natur und Gesundheit“ wird dagegen von beiden Geschlechtern nahezu gleich häufig gewählt – dieser Befund ist interessant im Hinblick auf die Frauenförderung. Im Profil „Natur und Technik“ ist PH, im Profil „Natur und Gesundheit“ ist BI das prägende obligatorische Fach. Die vorgeschriebene Unterrichtszeit in Mathematik und CH ist dagegen in beiden Profilen gleich hoch. Welchen Unterrichtsanteil die Fächer CH, PH, BI und GG in den niederländischen Gymnasien einnehmen, hängt erstens vom Profil und zweitens von der gewählten Fächerkombination innerhalb dieses Profils ab. Die Wahlmöglichkeiten sind enorm gross.

2.2.1.2 Lehrmittel

Listen zugelassener Lehrmittel gibt es in der *Schweiz* nur für die Primar- und die Sekundarstufe I. Auf der Sekundarstufe II entscheiden die Lehrpersonen selber, welche Lehrmittel sie verwenden wollen. Dabei werden auch webbasierte Bildungsserver wie EducETH¹⁶ oft berücksichtigt. In *Deutschland und Österreich* veröffentlichen die Kultusministerien der einzelnen Länder beziehungsweise das Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur für jede Stufe und jedes Fach eigene Listen zugelassener Lehr- und Lernmittel. Die Listen sind aber so umfangreich, dass den Schulen oder Lehrpersonen durchaus noch eine gewisse Wahlfreiheit bleibt. In den *Niederlanden* bestimmen die Schulen im Rahmen der in der Verfassung festgehaltenen Unterrichtsfreiheit selber über die Lehrmittel; die Listen, die von den 21 Ministerien für Kultur, Bildung und Wissenschaft für jedes Departement herausgegeben werden, haben nur empfehlenden Charakter.

2.2.1.3 Aus- und Weiterbildung der Lehrpersonen

Für die Ausbildung zum *Lehrdiplom für Maturitätsschulen* werden in der *Schweiz* 60 ECTS-Punkte verlangt. Das Studium kann begonnen werden, wenn im fachwissenschaftlichen Studium die ersten 120 ECTS-Punkte erworben worden sind. Vor dem Abschluss im Lehrdiplom muss auch das fachwissenschaftliche Studium, für das mind. 270 ECTS-Punkte zu erwerben sind, erfolgreich beendet sein. Insgesamt sind also mind. 330 ECTS-Punkte zu erwerben. Diese Ausbildung ist auch für das Unterrichten auf der Unterstufe des Gymnasiums, die an sich zur Sekundarstufe I gehört, vorgeschrieben. Das Lehrdiplom für Maturitätsschulen kann für ein Fach oder für zwei Fächer erworben werden. Im ZHSF wird die Zusammenarbeit zwischen den Hochschulen auf dem Platz Zürich koordiniert.¹⁷

Die Weiterbildung der Gymnasiallehrpersonen obliegt der Schweizerischen Zentralstelle für die Weiterbildung der Mittelschullehrpersonen (WBZ) mit Sitz in Bern. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Kooperationspartnern organisiert und koordiniert sie fachliche, didaktische und qualifikationserweiternde Weiterbildungsangebote für Lehrpersonen in der ganzen Schweiz. Ihre Tätigkeit ist durch einen Leistungsauftrag der EDK definiert. In welchem Umfang dieses Angebot von den Lehrpersonen zu nutzen ist, wird kantonal geregelt.

In *Deutschland* wird die Ausbildung der Lehrpersonen durch die Kultusministerien der einzelnen Bundesländer bestimmt. In Bayern umfasst das Hochschulstudium für das Lehramt Gymnasium erstens ein erziehungswissenschaftliches Studium und zweitens ein vertieftes Studium von zwei Unterrichtsfächern. Für das Lehramt Gymnasium sind insgesamt 270 Leistungspunkte zu erwerben. Auch die Weiterbildung ist in Deutschland nicht national geregelt. Es bestehen grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern. In *Österreich* dauert ein Lehramtsstudium je nach Universität 9 bis 10 Semester. Es müssen zwei Unterrichtsfächer studiert werden. Insgesamt sind 270 bis 300 ECTS-Punkte zu erwerben. In den *Niederlanden* unterrichten die Lehrpersonen im Normalfall nur ein einziges Fach. Für den Erwerb eines Lehrdiploms des Grads I (erlaubt das Unterrichten auf der gesamten Sekundarstufe, inkl. Sekundarstufe II) sind 240 ECTS-Punkte nötig. Davon sind 180 ECTS-Punkte in einem Fachstudium an einer Universität oder einer Fachhochschule zu erwerben.

¹⁶ Siehe unter <http://www.educeth.ch>.

¹⁷ Siehe unter <http://www.zhsf-edu.ch>.

2.2.1.4 Fazit

In Bezug auf Lehrpläne und Stundentafeln liegt die auffallendste Differenz im Bereich der Sekundarstufe II in der unterschiedlichen Dichte der gesetzlichen Vorgaben. In Deutschland ist die Bildungspolitik ähnlich föderativ wie in der Schweiz, doch machen die Kultusministerien der Länder sehr viel mehr Einfluss geltend als die Bildungsdirektionen der schweizerischen Kantone. Das zeigt sich ebenfalls in den sehr detaillierten Listen zugelassener Lehrmittel in deutschen Bundesländern, die auch für die Sekundarstufe II erstellt werden.

Eine Besonderheit der schweizerischen Sekundarstufe II ist die grosse Zahl der Pflichtfächer, die garantiert, dass Schülerinnen und Schüler in *allen* Bereichen ein breites Grundwissen erhalten. In anderen Ländern ist die Wahlfreiheit grösser. Das hat zur Folge, dass Schülerinnen und Schüler in Deutschland oder den Niederlanden NaTech-Fächer viel leichter umgehen können als in Österreich oder in der Schweiz. Dafür können Schülerinnen und Schüler, die eine naturwissenschaftliche Studienrichtung ins Auge fassen, in anderen Ländern sehr viel mehr Stunden NaTech-Unterricht erhalten, als dies in der Schweiz möglich ist.

In der Ausbildung zur Mittelschullehrperson haben Studierende in der Schweiz verglichen mit Studierenden Deutschlands, Österreichs und der Niederlande sehr viel mehr ECTS-Punkte zu erwerben. Der Grund dafür ist, dass die Schweizer Lehrpersonenausbildung ein abgeschlossenes fachwissenschaftliches Masterstudium voraussetzt, während in den anderen Ländern das Ausbildungsmodell der Pädagogischen Hochschulen, das die fachwissenschaftliche und die pädagogisch-didaktische Ausbildung von Anfang an kombiniert, auch für die Ausbildung für die Sekundarstufe II in Anwendung kommt.

2.2.2 Qualitative Aspekte

Für die Erörterung der qualitativen Aspekte stützen wir uns vor allem auf zwei wichtige Dokumente, die erst kürzlich erschienen sind. Das erste ist *Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*, verfasst von einer Expertengruppe zuhanden der *European commission* im Jahr 2007. Das zweite ist *Science Education in Europe: Critical Reflections*, ein grosser Bericht zuhanden der *Nuffield Foundation*, einer Stiftung, die im angloamerikanischen Raum entscheidende Impulse zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts gibt. Dieser zweite Report wurde von Jonathan Osborne und Justin Dillon als Herausgeber gezeichnet, beide am *King's College* der *University of London*. Er fusst auf zwei Seminaren, die ein gutes Dutzend massgebliche Vertreter der Naturwissenschaftsdidaktikforschung versammelten.

Die Strategie des vorliegenden Textes ist es, zunächst einmal die Empfehlungen, die diesen beiden grossen Reports zu entnehmen sind, darzustellen und sie dann anschliessend daraufhin zu prüfen, welche Bedeutung sie für die Verhältnisse in der Schweiz haben.

2.2.2.1 Empfehlungen von *Science Education NOW*

Im Folgenden referieren wir die Empfehlungen von *Science Education NOW*. Die für diesen Bericht verantwortliche Expertengruppe fasst ihre Ergebnisse zu so genannten *findings* und *recommendations* zusammen.

(1) Das Interesse an den Naturwissenschaften kann dadurch erhöht werden, dass die pädagogisch/didaktische Ausrichtung des naturwissenschaftlichen Unterrichts wegstrebt von hauptsächlich deduktiven Methoden hin zu so genannten *inquiry-based methods*.

Inquiry-Based Science Education (IBSE) ist zu einem Schlüsselwort des naturwissenschaftlichen Unterrichts geworden. Mit *inquiry* sind allgemein Zugänge zum naturwissenschaftlichen Unterricht gemeint, durch die die Schülerinnen und Schüler selbstständig naturwissenschaftliche Themen erforschen und sich in selbstgesteuertem Lernen naturwissenschaftliche Konzepte beziehungsweise Wissen aneignen können. Dabei versucht IBSE, einen Mittelweg zu finden zwischen einem rein nachvollziehenden Lernen einerseits, bei dem allein durch die Lehrperson Wissen transferiert wird, und einem so genannt explorativen Vorgehen andererseits, bei dem die Schülerinnen und Schüler völlig frei sind in der „Exploration“ des naturwissenschaftlichen Inhaltes.

(2) Durch die Umstellung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf IBSE entstehen mehr Schnittstellen zwischen schulischen und ausserschulischen Lehr-Lern-Gelegenheiten und zwischen Lehrpersonen und schulexternen Vermittlern von naturwissenschaftlichem Wissen. Schülerinnen und Schüler bekommen ein aktuelles und realistisches Bild von Naturwissenschaften und Technik, wenn Schnittstellen sowohl zwischen der Schule und den Orten, an denen Naturwissenschaft und Technik „geschehen“ (Universitäten, Industrie, Firmen, KMU's), als auch zwischen schulischen und ausserschulischen Lehr-Lern-Orten (Museen, Stiftungen, Zoos etc.) eingerichtet und gefördert werden.

(3) Lehrpersonen sind die *key-player* bei der Erneuerung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Sie müssen bei der Gestaltung von attraktivem naturwissenschaftlichem Unterricht unterstützt werden.

Eine Möglichkeit dazu ist die Bildung und Förderung von Netzwerken unter den Lehrpersonen. Solche Netzwerke können nicht nur zur Qualitätssteigerung des Unterrichts beitragen, sondern stärken auch die Motivation ihrer Mitglieder. Lehrpersonen beklagen sich oft darüber, dass sie Einzelkämpfer seien und dass es daher notwendig sei, die Isolation aufzubrechen und ein professionelles Netzwerk zu ermöglichen.

Die *Science Education NOW*-Expertengruppe entwickelt aus diesen *findings* Empfehlungen, *recommendations*, von denen die wichtigsten wie folgt lauten:

(1) Die Initiative für eine Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts muss von den politischen Instanzen her kommen und in grossem, überregionalem Massstab geplant und vernetzt werden.

(2) Das wichtigste Instrument zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist die Einführung der neuen Methode der *Inquiry-based Science Education (IBSE)*. Diese methodische Umstellung muss in der Lehrpersonenausbildung gezielt gefördert und ihre Implementierung muss in den Schulen durch Lehrpersonennetzwerke unterstützt werden.

(3) Den Mädchen ist im naturwissenschaftlichen Unterricht besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

(4) Für die Verbesserung und Umstrukturierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist eine weit reichende Vernetzung auf politischer, gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Ebene nötig, das heisst eine Zusammenarbeit von Experten der Naturwissenschaftsdidaktik mit sämtlichen Beteiligten des Bildungsbereichs, aber auch mit Firmen, Berufsorganisationen und Berufsleuten – und den politischen Akteuren.

Fazit: In diesem Konsenspapier, das in Europa breit gestreut und worauf bei vielen Gelegenheiten referiert wird, ist die Schlüsselrolle zur Erneuerung und Weiterentwicklung des natur-

wissenschaftlichen Unterrichts vor allem der Methodik der IBSE zugewiesen. Sie soll nicht nur ganz allgemein das Interesse der Schülerinnen und Schüler für Naturwissenschaften und naturwissenschaftlichen Unterricht verbessern, sondern speziell auch die Mädchen besser und adäquater ansprechen. Die zweite Schlüsselidee ist, dass IBSE in grossem Massstab gefördert werden soll, indem die Initiative von der politischen Ebene herkommen soll. Ausgelöst durch politische Stakeholders soll eine weit reichende Bewegung ins Leben gerufen werden, die sehr viel mehr umfasst als methodisch/didaktische Veränderungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Schulische und ausserschulische Lehr-Lern-Orte sollen einander näher rücken, und Lehrpersonen und ausserschulische Naturwissenschaftsvermittler sollen Hand in Hand arbeiten.

2.2.3.2 Empfehlungen von *Science Education in Europe: Critical Reflexions*

Dieser Report zuhanden der *Nuffield Foundation* beginnt mit einer bemerkenswerten Überlegung zur Motivation, die den meisten Förderprojekten des naturwissenschaftlichen Unterrichts zugrunde liegt: Sie besteht zumeist im Anliegen, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu sichern. Man nennt dies in der Fachdidaktik auch den *Pipeline*-Ansatz. Er beruht auf der Vorstellung, dass die Universitäten mit einem stetigen Strom junger Menschen aus den Gymnasien versorgt werden müssten. Dieser *Pipeline*-Ansatz versucht einerseits, Schülerinnen und Schüler für die Naturwissenschaften zu motivieren, damit sie sich später für ein entsprechendes Studium entscheiden. Zum zweiten versucht er, die Qualität des Unterrichts so auszurichten, dass eine möglichst gute Anschlussfähigkeit für die Universitäten gegeben ist.

Die Expertengruppe betrachtet nun diese Motivation in kritischem Licht. Sie hält es für fragwürdig, Jugendliche unreflektiert zu einer naturwissenschaftlichen Laufbahn zu motivieren, wenn damit einseitig der beruflichen Nachfrage Genüge getan werden soll, ohne dass die Interessenslage der angehenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und Berufsleute gebührend berücksichtigt wird, zumal entsprechende Fördermassnahmen stets ausserordentlich langfristige Projekte darstellen. Es brauche deshalb ein klares Bildungsziel, das über das An-sinnen, Nachwuchs zu generieren, hinausgehe.

Die Autoren beobachten weiter, dass die meisten Länder zwar durchaus eine Wissenschaftspolitik im Sinne einer *science for all* zu favorisieren suchten, zugleich aber, wie erwähnt, dem Naturwissenschaftsunterricht die Nachwuchsförderung aufbürden. Dieser Spagat führe meist zu unbefriedigenden Resultaten. Sie plädieren darum für eine naturwissenschaftliche Bildung, die nicht nur den Erwerb wissenschaftlich-technischer Kenntnisse fördere, sondern grundsätzlicher danach fragt, wie Naturwissenschaften überhaupt „funktionieren“ (*nature of science*), wo ihre Möglichkeiten und Grenzen liegen, und die auch gesellschaftliche und ethische Themen mit einbezieht. Alle Schülerinnen und Schüler, auch die zukünftigen Studierenden der Naturwissenschaften und Technik, sollten zu *critical consumers of scientific knowledge* erzogen werden. Bürgerinnen und Bürger der Zukunft sollen sich in soziowissenschaftlichen Fragestellungen (*socio-scientific issues*) zu orientieren wissen und so für sich und für die Gesellschaft zur Lösung von Problemen beitragen können. Aus dieser Grundeinstellung heraus formuliert die Expertengruppe Empfehlungen, von denen wir einige wichtige kurz darstellen (die Nummerierung folgt dem Bericht):

(1) Es muss das vordringliche Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts sein, den Schülerinnen und Schülern eine naturwissenschaftliche Bildung zu vermitteln, die einerseits die grundlegenden Erklärungen zur materialen Welt aufnimmt, die die Naturwissenschaften zu bieten haben, und die zugleich zeigt, wie die Naturwissenschaften arbeiten, um zu diesen Er-

klärungen zu kommen. Dagegen sollten naturwissenschaftliche Kurse, die die Schülerinnen und Schüler gezielt auf eine spätere naturwissenschaftliche Karriere oder einen Ingenieurberuf vorbereiten, optional sein.

(2) Die Curricula müssen besser auf die eigenen Interessen der Lernenden, insbesondere der Mädchen, ausgerichtet werden. Die neuere fachdidaktische Forschung zeigt, dass in der Adoleszenz als einer zentralen Phase der Identitätsbildung die naturwissenschaftliche Welt einerseits und die Werte, Interessen und Denkweisen der Jugendlichen andererseits als oft unvereinbar erlebt werden, was den Zugang zu den Naturwissenschaften sehr erschwert. Wichtig ist, dass neue Curricula nicht nur entwickelt, sondern auch empirisch evaluiert werden.

(3) Es sollten mehr Anstrengungen unternommen werden, um im Unterricht Karrieren und Berufswege zur Geltung zu bringen, die mit Naturwissenschaften verknüpft sind. Dabei sollte der Horizont nicht zu eng gewählt werden. Der Bericht spricht von *careers in science and from science*. Es geht also nicht nur darum, klassische naturwissenschaftliche Karrieren zu propagieren, sondern ganz allgemein zu zeigen, in welcher Vielfalt und Durchdringung naturwissenschaftliches Wissen und Können in verschiedensten Berufen und Karrieren gebraucht wird und dass eine gute naturwissenschaftliche Bildung attraktive Zukunftsaussichten eröffnet.

(4) Die gezielte Aus- und Weiterbildung der Lehrpersonen muss politisch angestossen und koordiniert werden. Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass der Aspekt des Assessments, der Überprüfung, bisher zu Gunsten von Curriculum und Pädagogik völlig vernachlässigt worden ist.

2.2.3.3 DGP: Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik

Darüber, wie eine solche Ausbildung zum Beispiel zur PH-Lehrperson aussehen kann, äussert sich die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) in einer Studie von 2006. Sie geht von 6 Thesen aus:

(1) Angehende Lehrkräfte sollten Schülerinnen und Schüler PH in Gesamtzusammenhängen und vor dem Hintergrund des durch zahlreiche Medieninputs angesammelten Vorwissens vermitteln.

(2) Das Interesse der Schülerinnen und Schüler ist auf Beobachten, Fragen und Verstehen ausgerichtet, das heisst, es ist analysierend. Ein synthetischer oder fachsystematischer Zugang zur PH geht daher an ihren Interessen vorbei.

(3) Zukünftige Lehrpersonen müssen in ihrer Ausbildung selber modernen, zukunftsgerichteten naturwissenschaftlichen Unterricht erleben, damit sie später ihren Unterricht schülergerecht, mitreissend und begeisternd gestalten können.

(4) In der Ausbildung von zukünftigen Lehrpersonen müssen der fachliche Inhalt und der pädagogisch/didaktische Inhalt ausgewogen vertreten sein. Lehrpersonen müssen von Anfang an nicht nur mit dem „Was“, sondern auch mit dem „Wie“ des Unterrichtens vertraut gemacht werden.

(5) und (6) Die Ausbildung zur PH-Lehrperson muss zu einem Studium sui generis werden. Damit werden auch der Wert der Lehrpersonenausbildung betont und das Selbstwertgefühl der angehenden Lehrpersonen gefördert. Diese Ausbildung muss aber nach wie vor in engem Kontakt mit dem Fachbereich selber stehen, damit die zukünftigen Lehrpersonen auf einem soliden wissenschaftlichen Boden stehen.

Die beschriebenen Thesen führen die DPG zu folgenden Empfehlungen:

- (1) Eine zukünftige Organisation des Studiums für Lehrpersonen im Fach PH soll ein Studium *sui generis* sein, also ein Studium „von eigener Art“, das sich an den hohen professionellen Anforderungen eines modernen und zeitgemässen Schulunterrichts orientiert.
- (2) In der engen Zusammenarbeit zwischen fachlich forschenden PH-Professorinnen und den Professoren aus der Didaktik und den Erziehungswissenschaften soll im Rahmen eines modernen Universitätsstudiums ein Eigenverständnis der Lehrpersonen gefördert werden, das sich nicht am Vergleich zu Fachphysikerinnen und -physikern in der Forschung orientiert, sondern an der für unsere Gesellschaft so wichtigen spezifischen Fachkompetenz als Lehrperson.
- (3) Damit Lehrpersonen nach ihrer Ausbildung den Kontakt mit dem Fortschritt der Wissenschaft behalten und pflegen können, sollen die Fachbereiche und Fakultäten ein entsprechendes Angebot an Weiterbildung auf dem Gebiet der PH entwickeln.

2.2.3.4 Fazit

Die dargestellten Expertenberichte zielen in wesentlichen Punkten in dieselbe Richtung und zeitigen Ergebnisse, die zu einem grossen Teil auf die Schweizer Verhältnisse übertragbar sind.

Besonders wichtig scheint uns das Auseinanderhalten des *Pipeline-* vom *Science for all-Approach*. Nimmt man die Argumentation der Expertengruppe für die *Nuffield Foundation* ernst, muss auch für die Schweiz gefragt werden, ob der Naturwissenschaftler- und Technikermangel wirklich dazu verwendet werden darf, eine Forcierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Schulen zu begründen. Ein Unterricht, der in erster Linie Nachwuchs generieren möchte beziehungsweise den Anschluss an die technischen und naturwissenschaftlichen Fakultäten der Universitäten gewährleisten soll, neigt dazu, die Bedürfnisse eines grossen Teils der Schülerinnen und Schüler zu vernachlässigen. Dazu kommt, dass der gesellschaftliche Anspruch an den naturwissenschaftlichen Unterricht in erster Linie ein Bildungsanspruch ist. Vielfältige Ergebnisse der fachdidaktischen Forschung zeigen, dass auf die Vermittlung einer guten naturwissenschaftlichen Grundbildung angelegter Unterricht für beide Anliegen bessere Ergebnisse zeitigt.

The teacher is the key – dies gilt für die Schweiz besonders ausgeprägt, weil Schweizer Lehrpersonen relativ viel Selbstständigkeit und Verantwortung zugestanden wird. Die Lehrpersonen, besonders auf Gymnasialstufe, wünschen dies auch selber und nehmen damit die Bürde der Qualitätssicherung auf sich. Politisch bedeutet dies, dass die Qualität des Unterrichts über den Prozess der Rekrutierung, der Qualifizierung und der Bindung von guten Lehrpersonen gesteuert werden muss. Es ist aber ein offenes Geheimnis, dass in Zeiten guter wirtschaftlicher Konjunktur engagierte und fähige Lehrkräfte von den Schulen kaum gehalten werden können. Der Abfluss von „Brain Power“ aus den Schulen im Zuge ökonomischer Überlegungen müsste von politischer Seite ernster genommen werden, und die Schulleitungen sollten mehr Spielraum für die Gestaltung der Anstellungsbestimmungen erhalten, den sie mit Bestimmtheit auch nutzen würden.

Ein wichtiger Hinweis aus den dargestellten Empfehlungen betrifft die Professionalisierung von Lehrpersonen. Der Beruf der naturwissenschaftlichen Lehrperson muss ein eigenes fachliches Selbstbewusstsein entfalten. Vonseiten der Ausbildung kann dieser Prozess in zweierlei Hinsicht unterstützt werden. Einerseits sollte dem fachwissenschaftlichen Zugang zu einem Fach nicht ein derart massives ansehensmässiges Übergewicht zukommen, wie das bis heute

aus vielerlei Gründen oft der Fall ist. Zu viele zukünftige (und aktuelle) Lehrpersonen arbeiten sich am Vorurteil ab, dass Gymnasiallehrerinnen und -lehrer so etwas wie „gescheiterte“ Naturwissenschaftler seien. Auf der anderen Seite entsteht ein professionelles Selbstwertgefühl nur über einen soliden theoretischen und methodologischen Unterbau der jeweiligen Disziplin. Hier sind die fachdidaktische Forschung und Lehre gefordert.

Das Konzept der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, wonach zukünftige Lehrpersonen in ihrer Ausbildung von Anfang an den fachlichen und den pädagogisch/didaktischen Ansatz als gleichwertig erfahren sollten, scheint innerhalb der gegebenen Strukturen der Gymnasiallehrerausbildung in der Schweiz schwer umsetzbar. Zentral scheint uns aber die Bemerkung der DPG, dass Studierende der Lehrpersonenausbildung von Anfang an am eigenen Leib erfahren sollten, wie sich mitreissender naturwissenschaftlicher Unterricht live anfühlt. Das bedeutet, dass die involvierten Dozentinnen und Dozenten selber über das adäquate didaktisch-pädagogische Potenzial verfügen müssen. Fachwissenschaftliche Qualifikation allein genügt für diese Aufgabe nicht. Ein weiterer wichtiger Punkt in diesem Kontext ist der Hinweis auf die Notwendigkeit besserer Netzwerke in der Aus- und Weiterbildung naturwissenschaftlicher Lehrpersonen. Lerncenters wie die an der Universität und der ETH aufgebauten Learning Centers können Kondensationspunkte für solche Netzwerke werden. Erste Schritte in die richtige Richtung sind dort schon gemacht.

Empfehlungen von speziellen Lehr-Lernformen wie zum Beispiel der *Inquiry-based Science Education* sind angesichts der in der Schweiz hoch gehaltenen Tradition der Selbstverantwortung der Lehrpersonen hier nicht leicht umzusetzen. Sie bergen auch die Gefahr, dass der synthetische, fachsystematische Zugang zu den naturwissenschaftlichen Fächern etwas zu sehr verblasst, obwohl gerade die zweifellos attraktiven und Interesse fördernden sog. kontextbasierten Zugänge zu den Naturwissenschaften auf einen inhaltlich korrekten und systematisch aufgebauten Fachhintergrund angewiesen sind, weil bei den Lernenden ein erster oberflächlicher Nervenkitzel sonst sehr rasch einer desorientierten Langeweile weicht. Dennoch soll die Bedeutung dieser Zugänge nicht unterschätzt werden. Es wird ihnen darum ein eigener Abschnitt in dieser Expertise gewidmet. Die zentrale Rolle, die naturwissenschaftlichem Wissen in zahlreichen Studien- und Berufsfeldern zukommt, und die Verflechtung von schulischen und ausserschulischen Lehr-Lernorten sind dagegen in gleichem Mass auch in der Schweiz bedeutsam für die Wahrnehmung der Naturwissenschaften in der Gesellschaft und insbesondere unter den Lernenden.

In den Empfehlungen aller drei Konsenspapiere wird die Politik in besonderem Mass in die Pflicht genommen. Ihre Aufgabe soll sich nicht nur auf das Sichern der Rahmenbedingungen beschränken, sie soll vielmehr eine aktive Rolle im Anstossen und in der Durchführung dieser Reformbestrebungen übernehmen. In der Schweiz dürfte man solchem Ansinnen wiederum etwas zurückhaltender begegnen, weil hier Lehrpersonen den *Top-down*-Ansatz mit Direktiven direkt aus der Politik weniger schätzen. Hier würde ein *Bottom-up*-Ansatz wohl bevorzugt, in welchem die Lehrpersonen selber in einer Bewegung, die allmählich den ganzen Lehrkörper erfasst, die oben angeführten Erneuerungspunkte umsetzen könnten. Die Politik ist allerdings auch hierbei gefordert, da sie die Rahmenbedingungen für eine solche *Bottom-up*-Bewegung und die dazu notwendigen Ressourcen finanzieller und wissensbezogener Art bereitstellen müsste.

3 Bestandesaufnahme an allgemeinbildenden Schulen im Kanton Zürich

Um die spezifischen Stärken und Schwächen des NaTech-Unterrichtes im Kanton Zürich zu identifizieren wurden mündliche und schriftliche Befragungen mit Lehrpersonen und weiteren Personengruppen durchgeführt. Die Ergebnisse werden *getrennt nach Schulstufen* in diesem Kapitel zusammengefasst.

3.1 Vom Kindergarten bis zur Sekundarstufe I

Von Susanne Metzger und Patricia Schär

Zur Erhebung der Situation im Kanton Zürich im Bereich der Volksschule wurde – neben den in Abschnitt 4.1 beschriebenen Instrumenten der Datenerhebung – bei einem Sample von Lehrpersonen aller Stufen eine schriftliche Befragung durchgeführt. Für diese Bestandesaufnahme wurden je drei Fragebogen für die Kindergarten- beziehungsweise Grundstufe, je sechs für die Primarstufe und ebenfalls je sechs für die Sekundarstufe I an die Schulleitungen aller Schuleinheiten der Volksschule versandt. Die Schulleitungen wurden gebeten, diese an Lehrpersonen ihres Schulteams zu verteilen, welche im Bereich „Mensch und Umwelt“ beziehungsweise „Natur und Technik“ Unterricht erteilen.

3.1.1 Methode

Bei der Bestandesaufnahme ging es in erster Linie um einen Abgleich von Ansprüchen mit der Wirklichkeit. Die Ergebnisse, die aus dem ersten Teil der Expertise (Kapitel 1 und 2) hervorgingen, lieferten daher die Eckdaten für die Erhebung. Dabei gingen nicht nur die Ergebnisse der Befragung der Expertinnen und Experten für die Volksschulstufe ein, sondern auch die Erwartungen der Gymnasiallehrpersonen.

3.1.1.1 Fragebogen

Neben Fragen zur Person und Ausbildung wurden die Lehrpersonen zu folgenden Themen befragt: naturwissenschaftlich-technische Themen im Unterricht, obligatorische und zugelassene Lehrmittel im Kanton Zürich beziehungsweise Lehr- und Hilfsmittel für naturwissenschaftlich-technische Inhalte, Umsetzung im Unterricht, Aus- und Weiterbildungen von Lehrpersonen im Kanton Zürich. Die konkreten Fragen wurden für jede der drei Stufen (Kindergarten- und Grundstufe, Primarstufe, Sekundarstufe I) spezifisch formuliert. So wurde zum Beispiel nur in der Kindergarten- und Grundstufe danach gefragt, ob die Lehrpersonen den neuen Züricher Lehrplan für diese Stufe kennen und bereits danach unterrichten, während das Kennen des Lehrplans bei den anderen Stufen vorausgesetzt und demnach nicht abgefragt wurde. Hingegen wurde nach dem Formulieren von Gesetzmässigkeiten oder dem Verstehen und Anwenden von Formeln nur in den anderen beiden Stufen gefragt.

Die Fragebogen bestanden sowohl aus geschlossenen als auch aus offenen Fragen. So waren zum Beispiel bei Fragen, wie häufig die Lehrpersonen etwas in ihrem Unterricht thematisieren, Zeitfenster zum Ankreuzen angegeben, während für Fragen nach der Güte von Lehrmitteln, den Gegebenheiten vor Ort oder der persönlichen Einschätzung von fachdidaktischen Kompetenzen eine 4-stufige Skala vorgegeben war. Offene Fragen waren zum Beispiel für

weitere Antworten (die nicht zum Ankreuzen vorgegeben waren) oder Fragen nach der Ausbildung der Lehrpersonen (Was hat Ihnen rückblickend am meisten gebracht? Worauf hätten Sie verzichten können? Was hätten Sie sich gewünscht?) möglich.

3.1.1.2 Stichprobe

Insgesamt wurden 4446 Fragebogen verschickt. Aufgrund des Vorgehens, jeweils mehrere Fragebogen an Schulleitungen zu senden, mit der Bitte sie zu verteilen, kann nicht nachvollzogen werden, wie viele Fragebogen tatsächlich bei Lehrpersonen angekommen sind. Hinzu kommt, dass einige Fragebogen bis zu drei Monate nach Einsendeschluss zurückgeschickt wurden und somit nicht mehr in die Auswertung aufgenommen werden konnten. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurden solche Fragebogen, auf denen ausser einem allgemeinen Kommentar zur Bestandeserhebung keinerlei Angaben gemacht wurden. Insgesamt konnten 1500 Fragebogen in die Auswertung aufgenommen werden, welche sich wie folgt verteilen:

Stufe	Schuleinheiten	versendete Fragebogen	ausgewertete Fragebogen	Anteile Geschlechter	weitere Unterteilung
Kindergarten- und Grundstufe	396	1188	35 % (N = 418)	m: 11 w: 407	Kiga: 39 Grundst.: 379
Primarstufe	396	2376	31 % (N = 726)	m: 184 w: 542	Unterst.: 366 Mittelst.: 360
Sekundarstufe I	147	882	40 % (N = 356)	m: 265 w: 91	Schwerpunkt Bi: 240 Ch: 101 Ph: 119

Tabelle 1: Verteilung der ausgewerteten Fragebogen

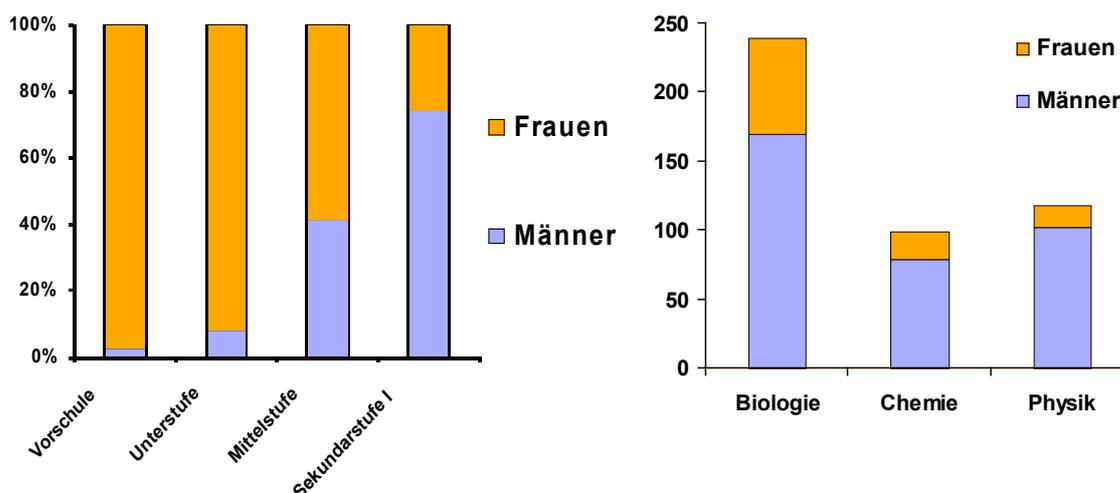


Abbildung 1: Links: Geschlechterverteilung über die Stufen. Rechts: Sekundarstufe I: Schwerpunkt innerhalb von „Natur und Technik“

Die Tabelle zeigt, dass die Lehrpersonen, welche die Fragebogen ausgefüllt haben, die Situation im Kanton Zürich sehr gut widerspiegeln. Es wurden nicht nur annähernd gleich viele Fragebogen für die Unter- wie für die Mittelstufe zurückgeschickt, die ausgewerteten Frage-

bogen zeigen zudem sowohl, dass der Anteil der Männer mit zunehmender Stufe deutlich ansteigt, als auch, dass das mit Abstand am meisten belegte Schwerpunktfach auf der Sekundarstufe I die Biologie ist (Abbildung 1, siehe unten).

3.1.1.3 Auswertung

Die Fragebogen wurden mit der Software EvaSys erstellt, so dass die Eingabe der Daten automatisiert werden konnte. Die Auswertung der geschlossenen Fragen erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS, die offenen Fragen wurden kategorisiert. Alle Fragebogen wurden anonym ausgewertet.

3.1.2 Ergebnisse

Aus Gründen der Lesbarkeit wird in den folgenden Abschnitten auf die Angabe der statistischen Kennwerte verzichtet. In den Grafiken zu einzelnen Stufen sind die absoluten, bei Vergleichen zwischen den Stufen in einer Abbildung die prozentualen Häufigkeiten aufgetragen.

3.1.2.1 Naturwissenschaftlich-technische Themen im Unterricht

In allen Stufen werden nach Angaben der Lehrpersonen am häufigsten biologische Themen unterrichtet (Abbildung 2, Abbildung 4, Abbildung 5 und Abbildung 6). Obwohl die Lehrpersonen der Primar- und Sekundarstufe mit deutlicher Mehrheit der Aussage zustimmen, dass sie vor allem die Themenbereiche unterrichten, in denen sie sich fachlich sicher fühlen, möchten sie – ebenfalls mehrheitlich – nicht darauf verzichten, alle Anteile von „Mensch und Umwelt“ beziehungsweise „Natur und Technik“ zu unterrichten.

Wie oft pro Jahr beschäftigen sich die Kinder mit ...

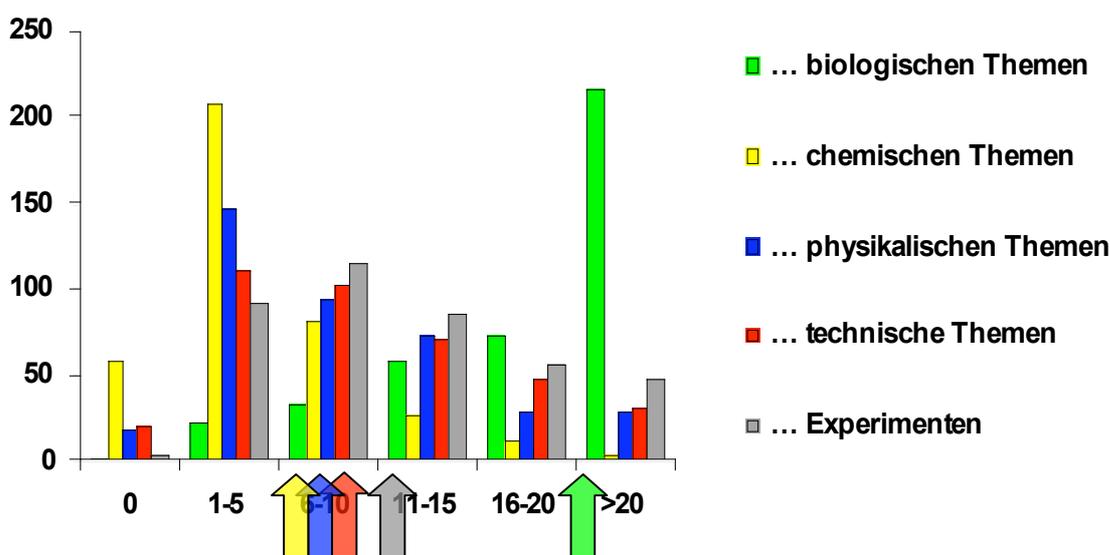


Abbildung 2: Naturwissenschaftlich-technische Themen in der Kindergarten- und Grundstufe. Da eine Rechnung in Lektionen in der Vorschulstufe nicht sinnvoll ist, ist jeweils die Anzahl der zu den Themen durchgeführten Einheiten angegeben. Die Pfeile deuten die Mittelwerte

Betrachtet man Abbildung 2, so erkennt man, dass die Lehrpersonen der Kindergarten- und Grundstufe eindeutig die biologischen als die am meisten behandelten Themen angeben. Er-

staunlich ist dann aber, dass sie – nach konkreten Themen befragt – mehrheitlich physikalische Themen ankreuzen beziehungsweise nennen (Abbildung 3).

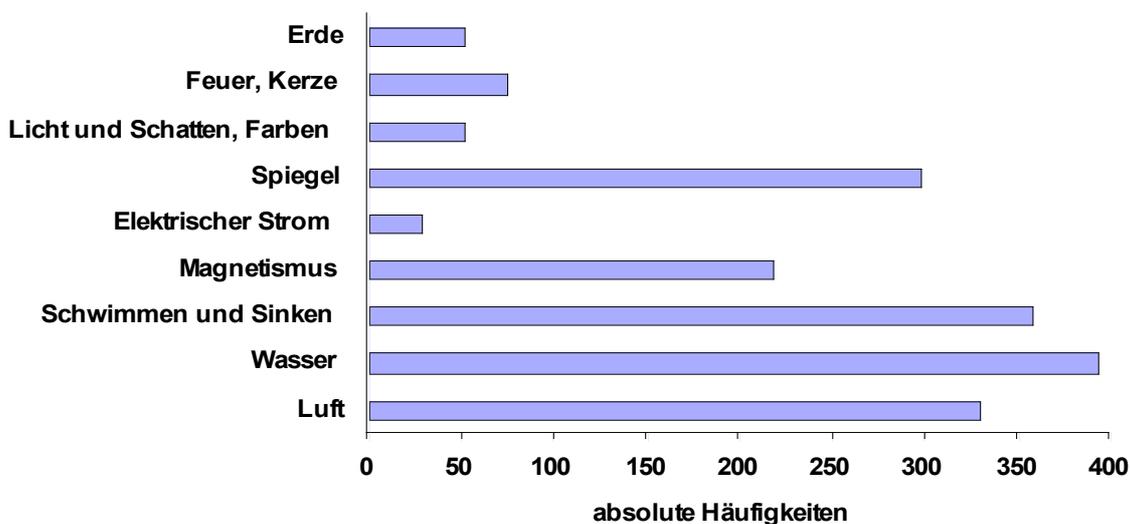


Abbildung 3: Themen, welche Lehrpersonen der Vorschul- und Grundstufe angeben, dass sie behandelt werden. Die unteren sechs Themen waren dabei vorgegeben (als Ergebnis der Expertenbefragungen), die anderen drei wurden als freie Antworten entsprechend häufig genannt. Alle anderen Nennungen kamen in nur marginaler Anzahl vor.

Einige Primarlehrpersonen fanden es schwierig, die Anzahl der Lektionen für die jeweiligen Themen anzugeben. Ausserdem bemängeln sie, dass der NaTech-Unterricht durch fehlende Räumlichkeiten, zu wenig Mittel und zu grosse Klassen erschwert würde.

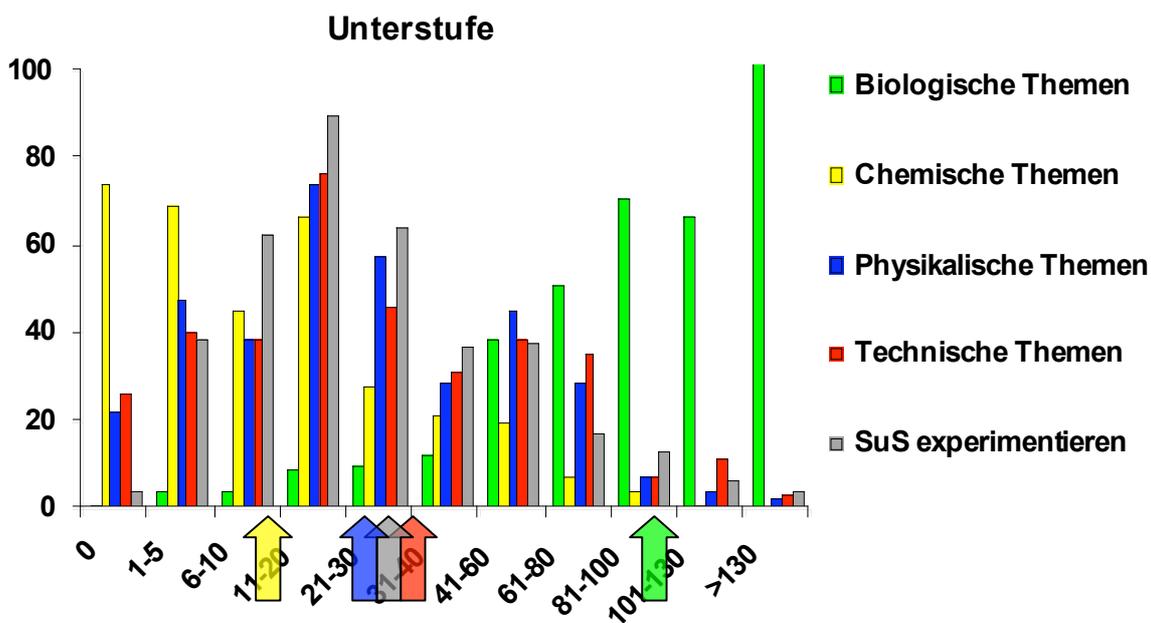


Abbildung 4: Anzahl der Lektionen in den jeweiligen Bereichen während drei Jahren auf der Unterstufe. Die Pfeile deuten die Mittelwerte an.

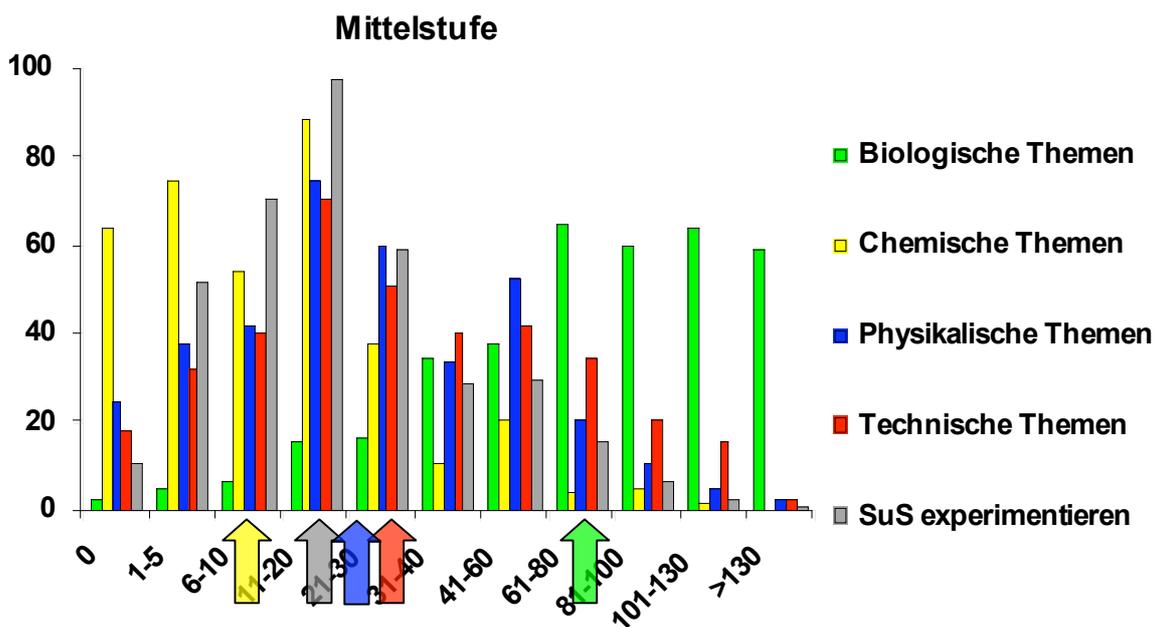


Abbildung 5: Anzahl der Lektionen in den jeweiligen Bereichen während drei Jahren auf der Mittelstufe. Die Pfeile deuten die Mittelwerte an.

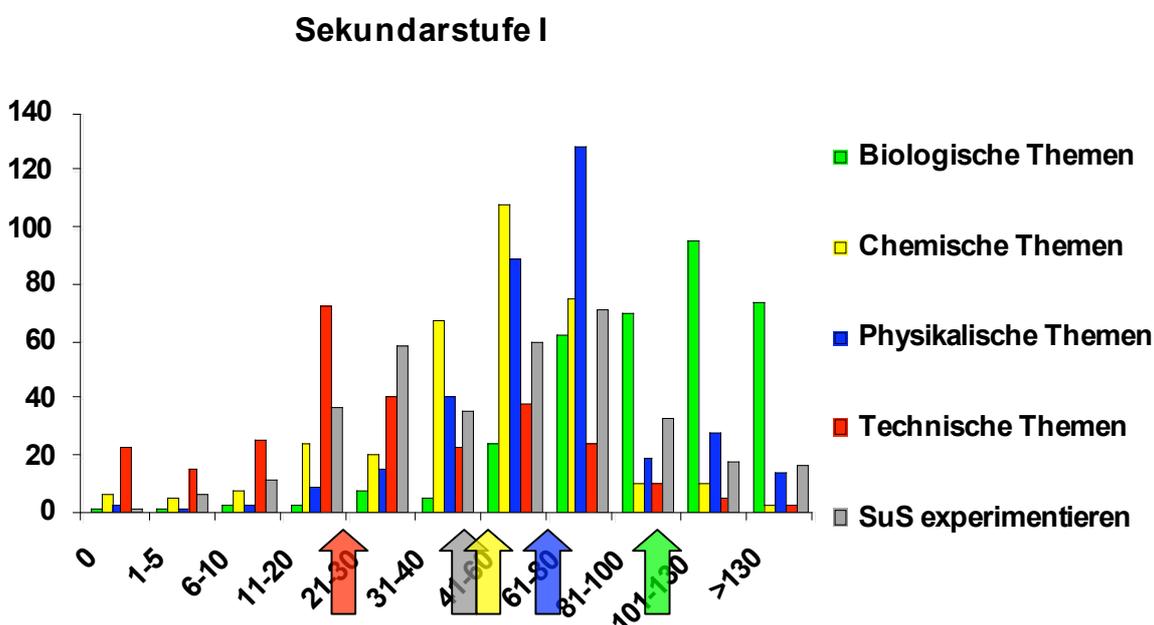


Abbildung 6: Anzahl der Lektionen in den jeweiligen Bereichen während drei Jahren auf der Sekundarstufe I. Die Pfeile deuten die Mittelwerte an.

Abgesehen von den biologischen Themen, die in allen Stufen deutlich favorisiert werden, sind deutliche Veränderungen von der Primarstufe zur Sekundarstufe I zu beobachten: Die chemischen und physikalischen Anteile vervierfachen beziehungsweise verdreifachen sich im Mittel, die Unterschiede sind hoch signifikant. Die technischen Themen dagegen finden in

den letzten Jahren der obligatorischen Schule kaum Beachtung, während sie in den unteren Stufen noch relativ häufig vorkommen – wenn auch mit grossem Abstand zu biologischen Themen. Ausserdem experimentieren die Schülerinnen und Schüler im NaTech-Unterricht der Sekundarstufe I signifikant häufiger als auf der Primar- und Vorschulstufe.

Hervorzuheben ist, dass Lehrpersonen, welche Chemie oder Physik als Schwerpunkt gewählt haben, diese Anteile auch signifikant häufiger unterrichten.

Auf der Sekundarstufe I wurde oft gesagt, dass die naturwissenschaftlich-technischen Themen durch die Sprachlastigkeit zu wenig Gewicht hätten und somit zu wenig Zeit dafür zur Verfügung stünde. Dies wird zusätzlich durch die Auslagerung fächerübergreifender Themen wie zum Beispiel Suchtprävention, Berufswahl oder Sexualkunde in den „Natur und Technik“-Unterricht negativ beeinflusst. Ausserdem würden sich die Sekundarlehrpersonen klarere Stoffabsprachen mit der Primarstufe wünschen.

3.1.2.2 Lehrmittel im Kanton Zürich

Während es für die Primar- und Sekundarstufe I im Kanton Zürich obligatorische und zugelassene Lehrmittel gibt, sind Vorschullehrpersonen frei in der Wahl der Hilfsmittel. Allerdings gibt es – wie bereits in Kapitel 4 dargelegt – für diese Stufe auch kaum Lehrmittel.

Die Lehrpersonen der *Vorschulstufe* benutzen für die Vorbereitung und Durchführung naturwissenschaftlicher Themen am häufigsten: Themenhefte von ProKiga (73.7 %), Werkstätten von ProKiga (70.6 %), Materialien von Weiterbildungskursen (52.2 %), „Tüfteln, forschen, staunen 1“ (48.3 %), das Internet (46.9 %), Materialien aus der Ausbildung (44.5 %) sowie „Tüfteln, forschen, staunen 2“ (26.1 %). Alle Lehr- beziehungsweise Hilfsmittel wurden im Mittel als gut bewertet. Insgesamt am besten wurden die Unterrichtshilfen „Tüfteln, forschen, staunen“ eingestuft.

Als weitere Hilfsmittel würden sich Vorschullehrpersonen vor allem mehr Experimentiermaterial und weitere Lehrmittel wünschen.

Auf der *Unterstufe* werden für naturwissenschaftlich-technische Themen am häufigsten folgende Lehrmittel verwendet: „Höhle, Fass und Wolkenkratzer“ (26.4 %), „Pfefferkorn“ (21.5 %), Experimentierkisten (11.8 %) und „Phänomenal“ (10.8 %).

Auf der *Mittelstufe* sind es: „Phänomenal“ (38 %), „Mensch und Umwelt Grundlagenband“ (13.3 %), „Höhle, Fass und Wolkenkratzer“ (10.7 %) sowie Experimentierkisten (10.2 %).

Die Lehrmittel „Phänomenal“ und die „Experimentierkisten (z. B. Klasse(n)kisten von Möller)“ wurden von allen Lehrpersonen auf der Primarstufe am besten eingestuft, die Lehrmittel „Mensch und Umwelt Grundlagenband“, „Höhle, Fass und Wolkenkratzer“ sowie „Schule erleben, Schule bewegen“ wurden am schlechtesten bewertet.

Für die Vorbereitung des Unterrichts verwenden die Primarlehrpersonen vor allem das Internet (85.6 %), Fachliteratur (72.4 %), die Lehrercommentare der Lehrmittel (48.6 %), Materialien aus Weiterbildungskursen (36.5 %) sowie Materialien aus der Ausbildung (31.5 %).

Die Primarlehrpersonen würden sich noch weitere stufengerechte Lehrmittel und Unterrichtsmaterialien wünschen.

Auf der *Sekundarstufe I* werden am meisten die folgenden Lehrmittel benutzt: „Bau und Funktion unseres Körpers“ (93.5 %), „Physik für die Sekundarstufe I“ (70.7 %), „Biologie“

(66.2 %), „Chemie Sekundarschule“ (59.4 %) und „Naturspuren“ (54.6 %). Bei der Frage nach weiteren Lehrmitteln, die benutzt werden, gaben 15 % der befragten Lehrpersonen das Lehrmittel „Urknall“ an. Diese häufig verwendeten Lehrmittel wurden alle mit „gut“ bewertet. Am besten eingestuft wurden die Lehrmittel „Physik“ und „Tier- und Pflanzenkompass“. Für die Vorbereitung ihres Unterrichts benutzen Sekundarstufen-Lehrpersonen vor allem das Internet (88.2 %), Lehrerkommentare der Lehrmittel (83.9 %), Fachliteratur (59.4 %), Materialien aus der Ausbildung (47.3 %) sowie Materialien aus Weiterbildungskursen (24.5 %). Die Lehrpersonen würden sich für ihren Unterricht noch mehr gut aufbereitete Lehrmittel und Lektionsreihen zu aktuellen naturwissenschaftlich-technischen Themen wünschen.

3.1.2.3 Experimentiermaterial im Schulhaus

Das Experimentieren stellt eines der wichtigsten Elemente im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht dar und sollte den Schülerinnen und Schülern auf allen Stufen der Volksschule ermöglicht werden. Aus diesem Grund wurden die Lehrpersonen danach gefragt, ob in ihrem Schulhaus genügend Material zur Verfügung steht. Während die Sekundarlehrpersonen mehrheitlich mit dem Material in ihrem Schulhaus zufrieden sind, werden auf der Vorschul- und vor allem der Primarstufe Materialien zum Experimentieren vermisst (Abbildung 7). Über alle Stufen hinweg wünschen sich einige Lehrpersonen spezielle Räume zum Experimentieren, welche entsprechend ausgestattet sind.

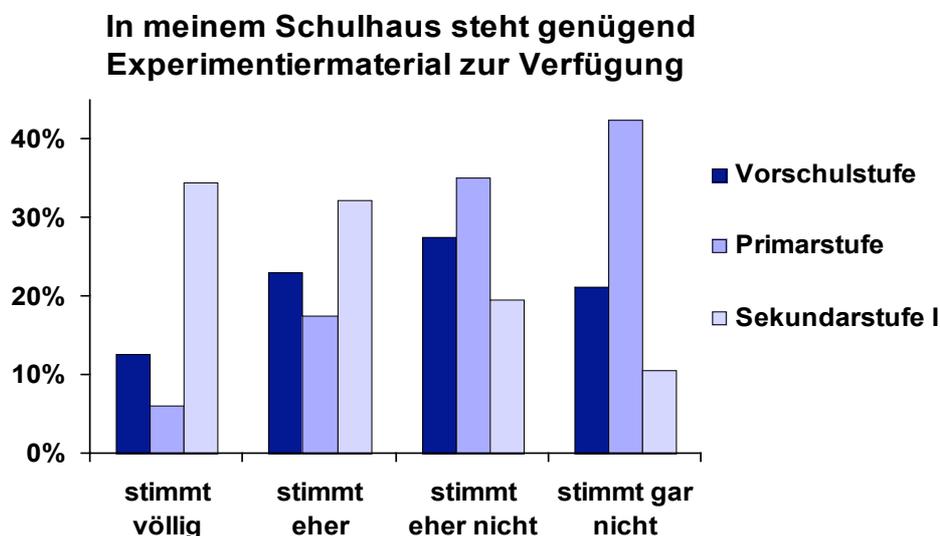


Abbildung 7: In den Schulhäusern der einzelnen Stufen zur Verfügung stehendes Material

3.1.2.4 Fächerverbindende Inhalte

Der fächerverbindende Unterricht kann gerade im Bereich der Naturwissenschaften zur Steigerung der Motivation und des Interesses – vor allem bei chemischen und physikalischen Themen – beitragen. Dies gilt insbesondere für Interessentypen (häufig Mädchen), die sich mehr für Phänomene oder die gesellschaftliche Bedeutung als für die technische Seite der Chemie und Physik interessieren. Zudem fördert eine Fächerverbindung das vernetzte Denken und sollte neben einer soliden Ausbildung in den Einzeldisziplinen ihren festen Platz im Unterricht haben – zumal die Naturwissenschaften im Kanton Zürich über alle Stufen der obligatorischen Schule hinweg als integrierter Unterricht vorgesehen sind.

Bei der Befragung wurden den Lehrpersonen sieben fächerverbindende Themen vorgegeben (Abbildung 8, Abbildung 9 und Abbildung 10). Bei diesen Themen waren die Befragten aufgefordert, anzugeben, wie intensiv diese in ihrem Unterricht vorkommen.

Auf der Unterstufe werden vor allem die Themen „Erde, Wasser, Luft, Licht/Sonne“, „Sinnesorgane“ und „Ernährung“ unterrichtet, während „Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)“ sowie „Rohstoffe und Energie“ eher nicht thematisiert werden.

Auf der Mittelstufe zeigt sich in etwa das gleiche Bild, allerdings werden die Themen „Energie und Umwelt“, „Rohstoffe und Energie“ signifikant mehr und die „Sinnesorgane“ signifikant weniger unterrichtet als auf der Unterstufe.

Von den Primarlehrpersonen wurden bei den offenen Fragen zusätzlich folgende fächerverbindenden Inhalte genannt – wenn auch in nur kleiner Anzahl: „Landwirtschaft“, „der menschliche Körper“ und „Wetter“.

Auf der Sekundarstufe I werden von den vorgegebenen fächerverbindenden Inhalten nur die „Sinnesorgane“ ausführlich, die anderen Themen nach Angaben der Lehrpersonen eher nicht behandelt. Auf die Frage, welche weiteren fächerverbindenden Themen unterrichtet werden, wurden vereinzelt die Themen „Bewegung“, „Klima“ und „Verkehr“ genannt. Interessant ist, dass die Lehrpersonen der Sekundarstufe I kaum fächerverbindende Inhalte angeben, obwohl sich das Fach „Natur und Technik“ durch seine Ausrichtung dafür geradezu anbieten würde.

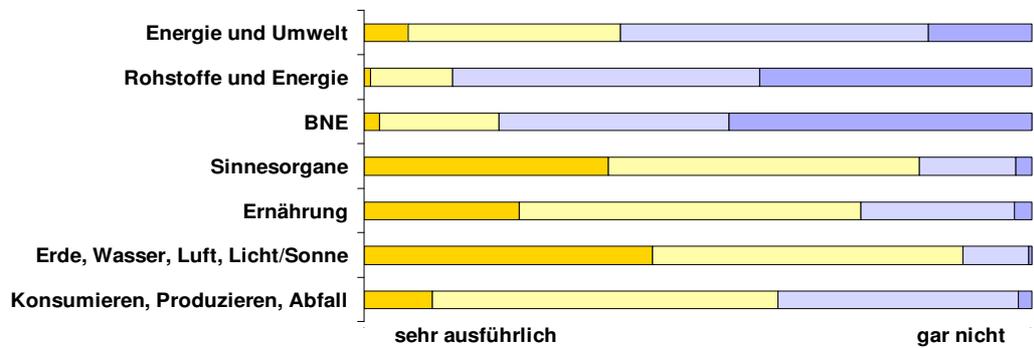


Abbildung 8: Fächerverbindende Inhalte auf der Unterstufe. Weitere Themen wurden von den Lehrpersonen nicht (bzw. in vernachlässigbarer Anzahl) genannt.

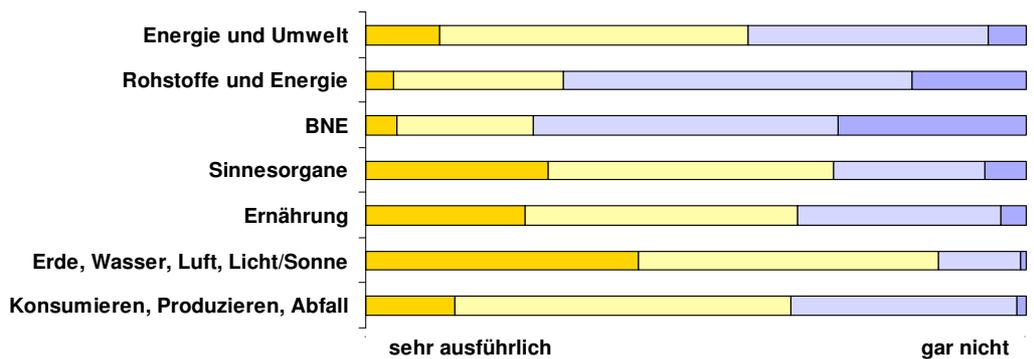


Abbildung 9: Fächerverbindende Inhalte auf der Mittelstufe. Weitere Themen wurden von den Lehrpersonen nicht (bzw. in vernachlässigbarer Anzahl) genannt.

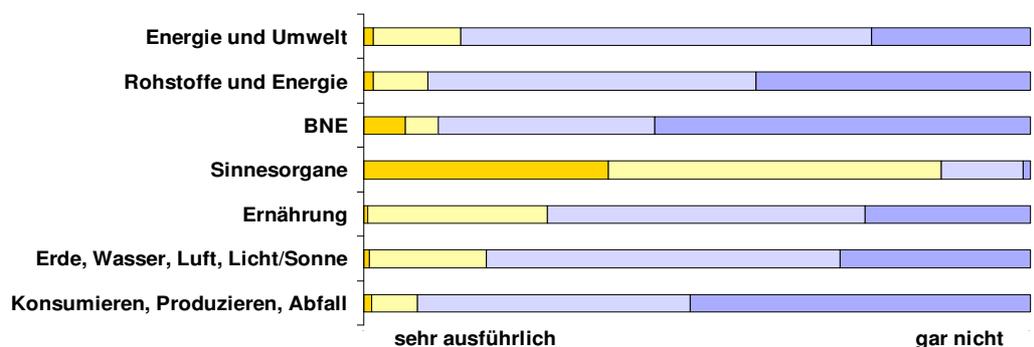


Abbildung 10: Fächerverbindende Inhalte auf der Sekundarstufe I. Weitere Themen wurden von den Lehrpersonen nicht (bzw. in vernachlässigbarer Anzahl) genannt.

3.1.2.4 Mathematische Fähigkeiten und Fertigkeiten im NaTech-Unterricht

Bei der Befragung der Gymnasiallehrpersonen (vor allem für Chemie und Physik) wurde immer wieder der Wunsch geäußert, dass die Schülerinnen und Schüler zu Beginn der Sekundarstufe II mehr Erfahrung im Anwenden mathematischer Fähigkeiten und Fertigkeiten in den Naturwissenschaften vorweisen könnten. Deshalb wurden die Lehrpersonen der Primar- und Sekundarstufe danach befragt, wie wichtig ihnen die Anwendung einiger ausgewählter mathematischer Fähigkeiten und Fertigkeiten ist.

Abbildung 11 zeigt, dass den Primarlehrpersonen nur das Formulieren von Gesetzmässigkeiten und in abgeschwächtem Mass das Lesen von Diagrammen wichtig ist. Die anderen Inhalte wurden als eher unwichtig beurteilt.

Den Lehrpersonen auf der Sekundarstufe I dagegen sind alle angegebenen Fähigkeiten und Fertigkeiten im „Natur und Technik“-Unterricht wichtig. Am wichtigsten sind ihnen das Lesen von Diagrammen sowie das Formulieren von Gesetzmässigkeiten (Abbildung 12).

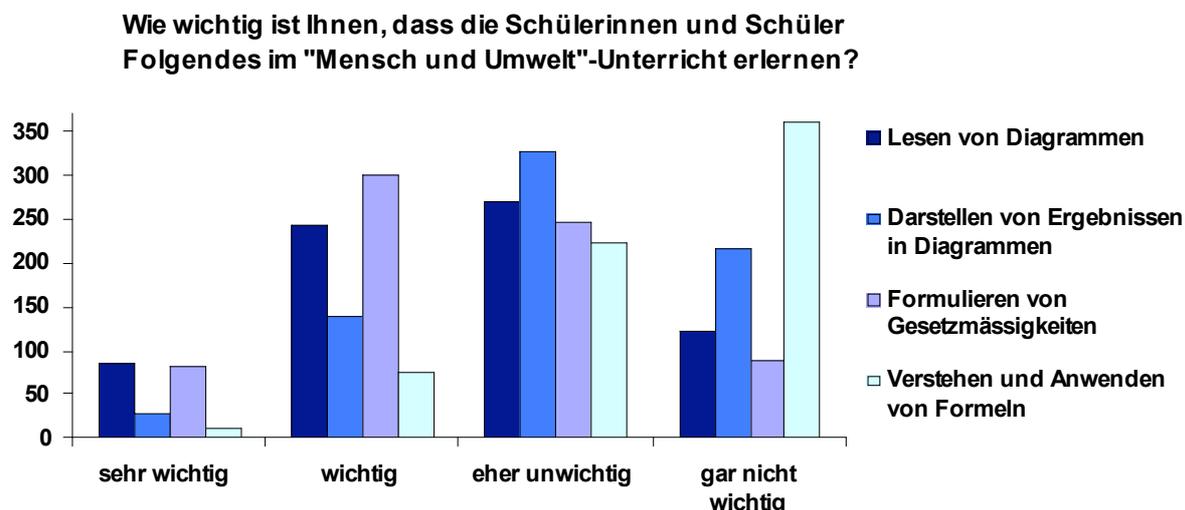


Abbildung 11: **Wichtigkeit des Erlernens von mathematischen Fähigkeiten und Fertigkeiten auf der Primarstufe**

Zusätzlich wurde auch danach gefragt, inwieweit der Computer im spezifisch naturwissenschaftlichen Sinn (z. B. für die Auswertung oder die Darstellung von Experimentierergebnissen) eingesetzt wird. Auf der Sekundarstufe I geschieht das noch am häufigsten – jedoch auch dort nicht oft (im Mittel 1- bis 5-mal pro Semester).

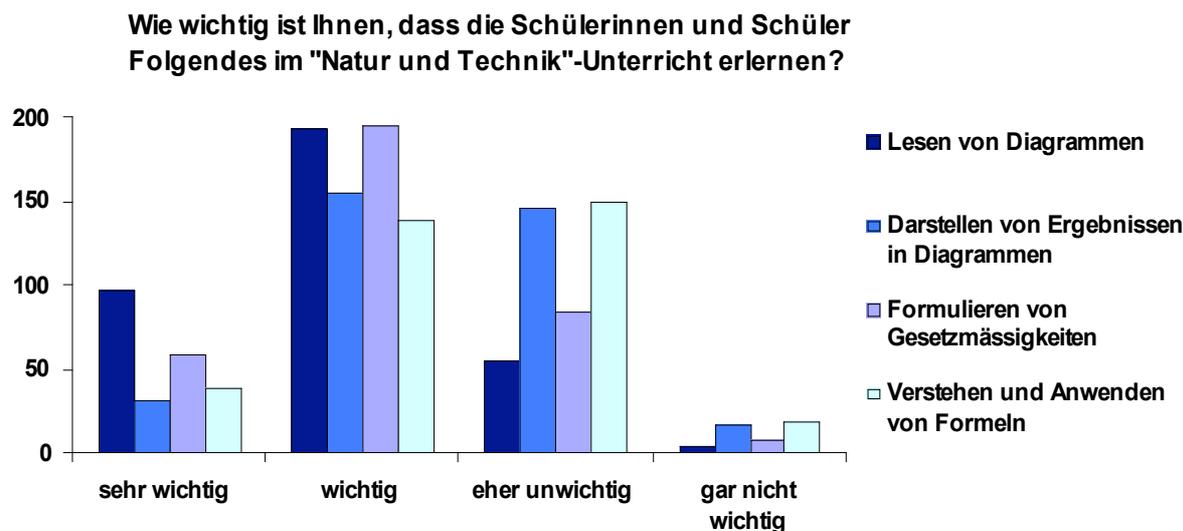


Abbildung 12: Wichtigkeit des Erlernens von mathematischen Fähigkeiten und Fertigkeiten auf der Sekundarstufe I.

3.1.2.5 Ausbildung von Lehrpersonen im Kanton Zürich

Bei der Frage nach der Vorbereitung auf die fachlichen und fachdidaktischen Inhalte während der Ausbildung zeigte sich bei allen Stufen die gleiche Tendenz: Die Lehrpersonen finden, dass sie sich am besten im Bereich der Biologie auskennen. Weniger gut fühlen sie sich auf physikalische und am wenigsten auf chemische Inhalte vorbereitet.

Aufgrund der kaum auf naturwissenschaftlich-technische Themen ausgerichteten Ausbildung der Vorschullehrpersonen wurden diese nach fachlichen und fachdidaktischen Inhalten in einem befragt. Bei den Primar- und Sekundarlehrpersonen wurden zunächst nur die fachlichen Kompetenzen und anschliessend die für das Unterrichten von naturwissenschaftlich-technischen Inhalten wichtigen fachdidaktischen Kompetenzen erfragt. Anzumerken ist dabei, dass es sich in allen Fällen um Selbsteinschätzungen der Lehrpersonen handelt.

Im Bezug auf die fachlichen Kompetenzen zeigt sich bei den Primarlehrpersonen das gleiche Bild wie bei den Vorschullehrpersonen: Sie fühlen sich nur auf biologische Inhalte gut vorbereitet, in den anderen beiden Fächern fühlen sie sich schlecht bis überhaupt nicht vorbereitet (Abbildung 13 und Abbildung 14). Im Unterschied dazu fühlen sich die Sekundarlehrpersonen in allen drei Teilbereichen relativ gut vorbereitet (Abbildung 15).

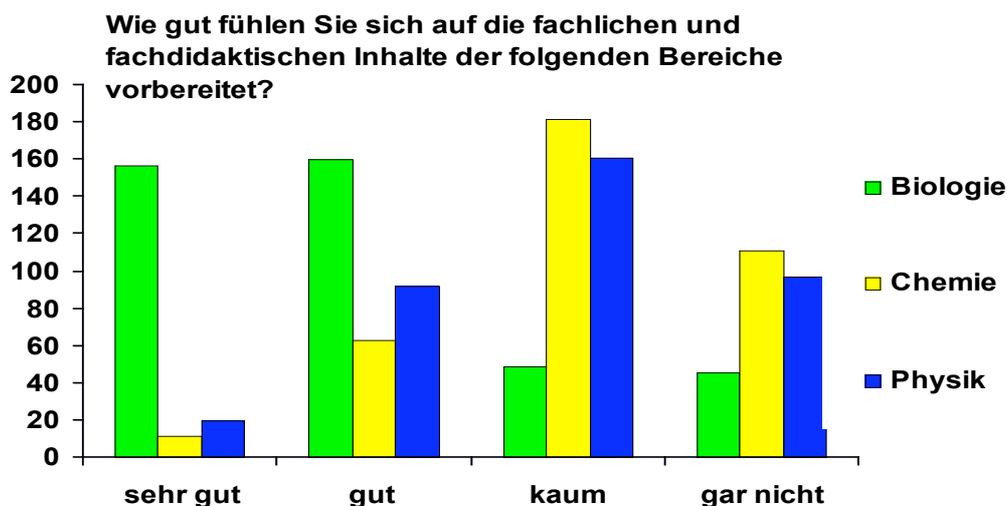


Abbildung 13: Fachliche und fachdidaktische Ausbildung der Vorschullehrpersonen.

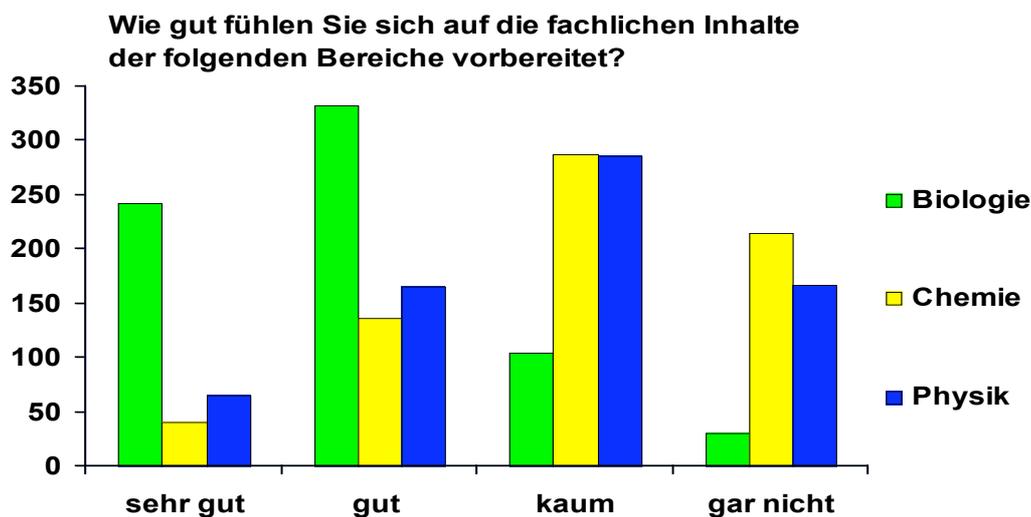


Abbildung 14: Fachliche Ausbildung der Primarlehrpersonen.

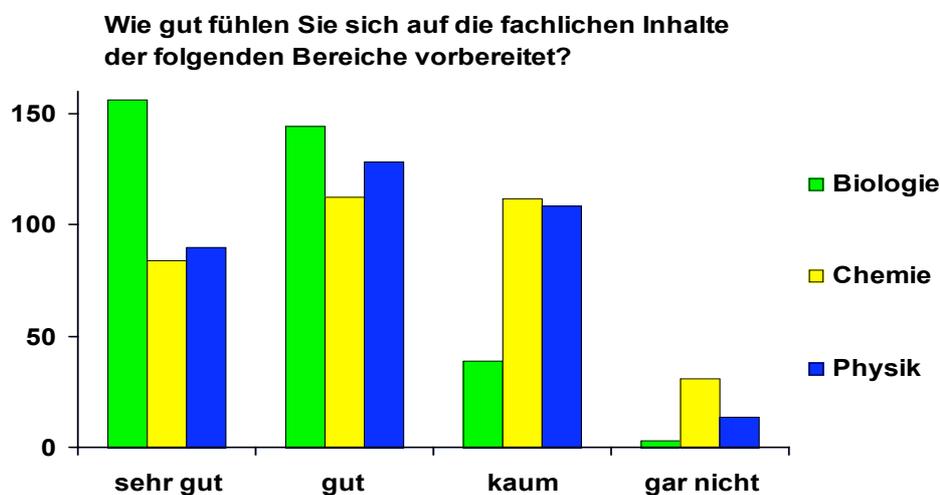


Abbildung 15: Fachliche Ausbildung der Sekundarschullehrpersonen.

Bezüglich der fachdidaktischen Kompetenzen fühlen sich die Primarlehrpersonen in allen Bereichen am besten in der Biologie, danach in der Physik und am wenigsten gut in der Chemie ausgebildet (Abbildung 16).

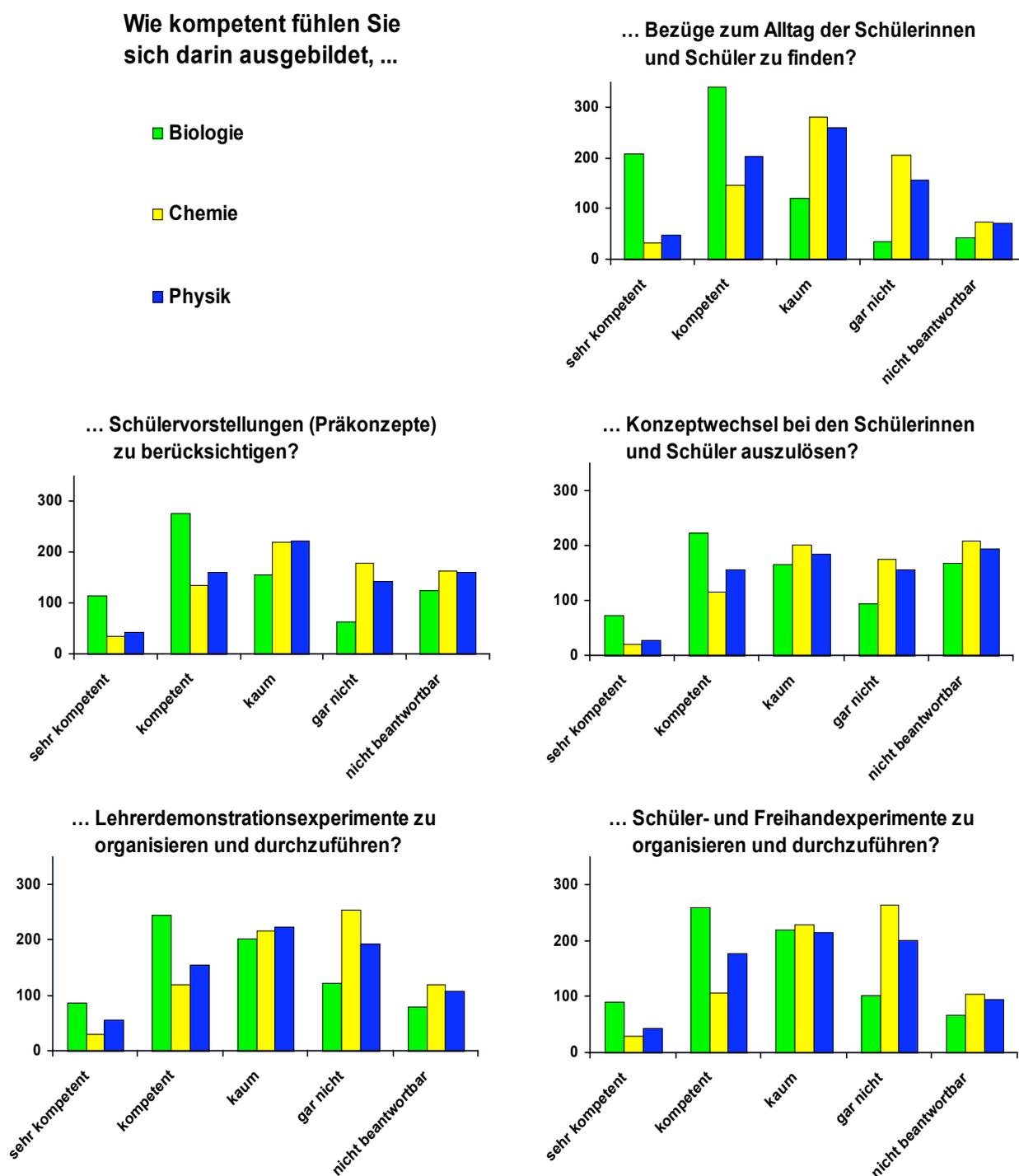


Abbildung 16: Fachdidaktische Ausbildung der Primarlehrpersonen.

Die Sekundarlehrpersonen finden bezüglich ihrer fachdidaktischen Kompetenzen ebenfalls, dass sie sich in der Biologie am besten auskennen, danach in der Physik und am schlechtesten in der Chemie. Eine Ausnahme bildet die Frage nach der Organisation und Durchführung von Lehrerdemonstrationsexperimenten. Hier fühlen sich die Sekundarlehrpersonen am kompetentesten in der Physik, dann in der Biologie und am wenigsten in der Chemie (Abbildung 17).

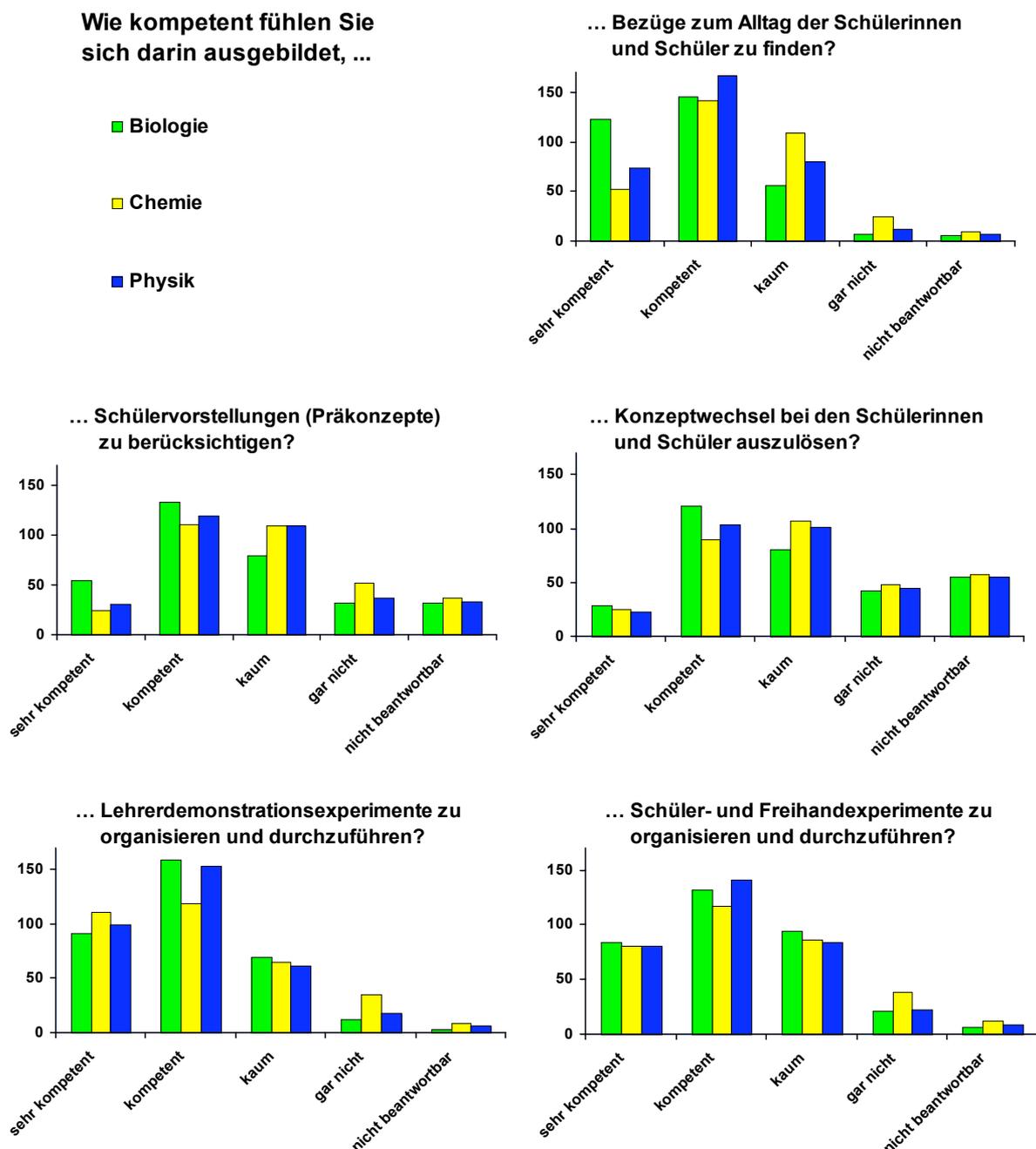


Abbildung 17: Fachdidaktische Ausbildung der Sekundarlehrpersonen.

Auf die Frage, was den Lehrpersonen rückblickend in ihrer Ausbildung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich am meisten gebracht hat, wurden von den *Vorschullehrpersonen* am häufigsten biologische Themen genannt. Ausserdem wurde erwähnt, dass sie durch das eigene Durchführen von Projekten und Experimenten am meisten gelernt und von konkreten Unterrichtsbeispielen und Ideensammlungen am meisten profitiert hätten. Einige Vorschullehrpersonen gaben an, dass sie (ausser Biologie) keine NaTech-Ausbildung erhalten hätten und somit die chemischen und physikalischen Anteile ganz vermisst hätten. Zudem haben vielen Lehrpersonen der Praxisbezug sowie konkrete Umsetzungsmöglichkeiten gefehlt.

Den *Primarlehrpersonen* haben rückblickend in ihrer Ausbildung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich das eigene Handeln, die eigenen Erfahrungen, die Exkursionen sowie das Kennenlernen von Lektionsreihen und Lehrmitteln am meisten gebracht. Zudem wurden (in erschreckender Weise) häufig ausschliesslich eine andere Ausbildung oder andere ausgeführte Berufe als wichtiger Beitrag für ihren NaTech-Unterricht genannt. Es wurde bemängelt, dass während ihrer Ausbildung oft ohne Praxis- oder Alltagsbezug unterrichtet wurde. Ausserdem wurden die stufengerechte Umsetzung sowie insbesondere chemische und physikalische Anteile vermisst. Die Lehrpersonen haben in ihrer Ausbildung anscheinend viel praxisfremde Theorie erlebt oder naturwissenschaftlich-technische Themen ohne Vernetzung kennen gelernt. Es war ihnen häufig zu wissenschaftlich und zu wenig fachdidaktisch.

Eigene Erfahrungen, praxisbezogener Unterricht sowie Praktika und Fachdidaktik sind die Inhalte, die den *Sekundarlehrpersonen* rückblickend in der Ausbildung am meisten gebracht haben. Nach ihren Aussagen gab es zu wenig Übungen, Experimente und Unterrichtsmaterialien, der Unterricht war zu wenig praxisorientiert und Alltagsbezüge fehlten. Zudem vermissen die Sekundarlehrpersonen Ideen für interdisziplinäre Themen.

3.1.2.5 Weiterbildung von Lehrpersonen im Kanton Zürich

Über alle Stufen hinweg zeichnet sich der Trend ab, dass Lehrpersonen sehr wenige Weiterbildungen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich besuchen (Abbildung 18) – obwohl ihnen zum Teil sehr wohl bewusst ist, dass sie Defizite gerade in diesem Bereich haben.

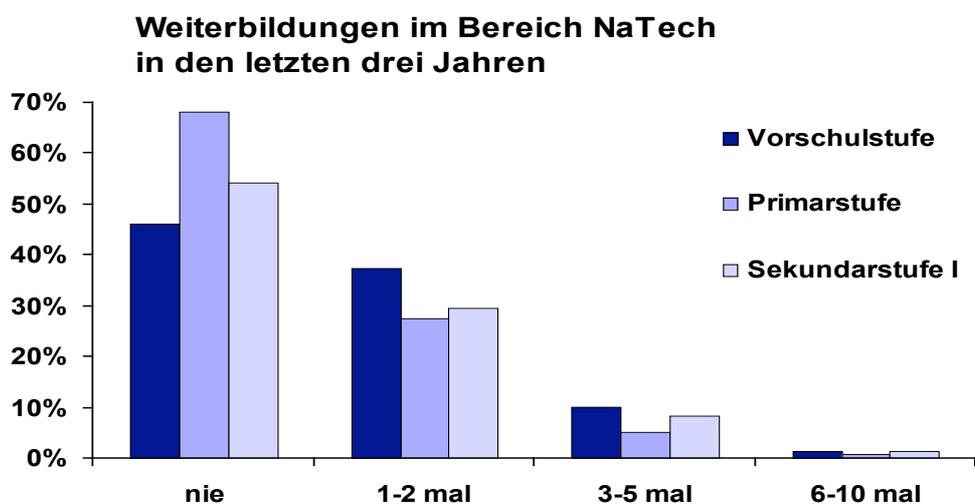


Abbildung 18: Besuch von NaTech-Weiterbildungen in den letzten drei Jahren

Die *Vorschullehrpersonen* haben von allen Stufen der Volksschule noch am meisten Weiterbildungen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich besucht. Die am häufigsten genannten Themen der besuchten Veranstaltungen sind: Experimentieren im Kindergarten, Wald, Tiere, Wasser und Pflanzen.

Bei den offenen Fragen wurde am häufigsten geantwortet, dass sich die Vorschullehrpersonen Weiterbildungen in stufengerechter Physik und Chemie sowie mehr konkrete Beispiele zum Experimentieren und Forschen wünschen. Ihnen ist wichtig, dass sie in der Weiterbildung lernen, wie die Themen stufengerecht umgesetzt werden können.

Von den *Primarlehrpersonen* hat die grosse Mehrheit (66 %) in den letzten drei Jahren an keiner Weiterbildung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich teilgenommen. Veranstaltungen, die besucht wurden, hatten die Inhalte: Experimentieren, Tiere/Zoo, Natur/Umwelt, Wasser oder Elektrizität. Als Wunsch-Themen für Weiterbildungen wurden am häufigsten „Physik und Chemie stufengerecht umsetzen“, „Experimentieren“ sowie „Alltagsbezug von naturwissenschaftlich-technischen Themen“ genannt.

Auch auf der *Sekundarstufe I* ist die Anzahl der Lehrpersonen, die in den letzten Jahren keine Weiterbildung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich besucht hat, sehr gross (57 %). Wenn Weiterbildungskurse besucht wurden, dann zu folgenden Themen (in der Reihenfolge der Anzahl der Nennungen): „Chemie“, „Energie“, „Physik“, „Elektronik“ und „Experimentieren“. Für Weiterbildungen würden sich die Lehrpersonen vor allem Experimente für den Chemie- und Physikunterricht wünschen, welche einen Alltagsbezug haben, schülernah und zeitgemäss sind.

3.1.3 Diskussion der Ergebnisse

Die Fragebogenerhebung war so angelegt, dass die Ergebnisse ein möglichst genaues Bild des naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts – inklusive seiner Randbedingungen wie Lehrmittel, Schulhausausstattungen oder Aus- und Weiterbildung der Lehrpersonen – im Kanton Zürich aufzeigen können. Die Diskussion der Ergebnisse erfolgt nun im Wesentlichen im Hinblick auf die auszusprechenden Empfehlungen im Rahmen dieser Expertise.

3.1.3.1 Naturwissenschaftlich-technische Themen im Unterricht

Die Ergebnisse zeigen, dass der Anteil der biologischen Themen über alle Stufen hinweg unverhältnismässig gross ist – auf Kosten der „harten“ Naturwissenschaften Chemie und Physik sowie der Technik. Dass letztere auf der Unter- und Mittelstufe im Verhältnis noch recht stark vertreten ist, kann man darauf zurückführen, dass die Lehrpersonen im Zusammenhang mit historischen Themen auch immer wieder auf technischen Fragestellungen, wie zum Beispiel die Wirkweise eines Katapults oder die Stabilität von Brücken, eingehen.

Interessant ist, dass Lehrpersonen des Kindergartens zwar angeben, dass sie deutlich am meisten biologische Inhalte thematisieren, dann aber bei den konkret angegebenen Themen sehr viele physikalischer Natur sind: Am meisten wurden „Wasser“, „Schwimmen und Sinken“, „Luft“, „Spiegel“ und „Magnetismus“ angekreuzt beziehungsweise genannt. Da im Rahmen der Experteninterviews die Sorge geäussert wurde, dass im Kindergarten (wie auch in der Primarstufe) zwar Themen wie Wasser und Luft behandelt würden, jedoch ohne auf die chemischen und physikalischen Aspekte einzugehen, wurde im Fragebogen zusätzlich zum Thema „Wasser“ explizit nach „Schwimmen und Sinken“ gefragt: Fast alle Lehrpersonen, die angeben, dass sie das Thema „Wasser“ mit den Kindern behandeln, kreuzen auch „Schwim-

men und Sinken“ an. Dies legt die Vermutung nahe, dass Vorschullehrpersonen das „Schwimmen und Sinken“ zwar thematisieren, dies aber nicht in der Ausführlichkeit geschieht, wie es vom Leistungsniveau der Kinder möglich und von den Expertinnen und Experten gewünscht wäre. Weiterbildungen mit konkreten Vorschlägen zur stufengerechten Umsetzung, der Durchführung im eigenen Kindergarten und einer anschliessenden Reflexion wären hier eine geeignete Massnahme.

Auch wenn sich die Lehrpersonen nicht in allen naturwissenschaftlich-technischen Teilbereichen sicher fühlen, möchte die grosse Mehrheit den Fächerverbund nicht aufgeben und weiterhin alle Anteile von „Mensch und Umwelt“ beziehungsweise „Natur und Technik“ unterrichten. Der Zusammenhang zwischen der (empfundene) Kompetenz in einem fachlichen Bereich und dem Unterrichten desselben sowie die starke Dominanz biologischer Themen in der Ausbildung (über alle Stufen hinweg, wobei die Studierenden für die Sekundarstufe I den Schwerpunkt selbst wählen) deuten darauf hin, dass ein Teil der Professionalisierung von Lehrpersonen in der Weiterbildung geschehen muss. Dies gilt insbesondere für fachliche und fachdidaktische Kompetenzen im Bereich der Chemie und der Physik.

3.1.3.2 Gestaltung des naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts

In Übereinstimmung mit aktuellen fachdidaktischen Forschungsergebnissen finden die Lehrpersonen aller Stufen, dass die naturwissenschaftlich-technischen Unterrichtsinhalte einen Bezug zum Alltag haben sollen und dass das konkrete Erleben eine grosse Rolle spielt. Häufig wurden Ideen für weitere Themen gewünscht, die praxisorientiert sind und eine stufengerechte Umsetzung ermöglichen. Eine viel zu wenig genutzte Chance sind in diesem Zusammenhang fächerverbindende Inhalte. Gerade auf der Sekundarstufe I im integrierten „Natur und Technik“-Unterricht böten sich diese an, um das vernetzte Denken zu fördern sowie fehlender Motivation und sinkendem Interesse an den Naturwissenschaften entgegenzuwirken. Leider werden aber gerade dort am wenigsten fächerverbindende Inhalte behandelt. Dies kann zum einen daran liegen, dass die Zahl der zur Verfügung stehenden, qualitativ hochwertigen, echt fächerübergreifenden Einheiten gering ist, zum anderen daran, dass sich die Lehrpersonen nicht in allen Bereichen kompetent genug fühlen, um Ergänzungen aus anderen Bereichen zu integrieren. Durch das geschickte Vernetzen der verschiedenen, unter den Lehrpersonen vorhandenen Kompetenzen könnte dem entgegengewirkt werden.

3.1.3.3 Lehrmittel im Kanton Zürich – Hilfsmittel für den Unterricht und dessen Vorbereitung

Die bestehenden Lehrmittel im Kanton Zürich werden – zum Teil im Gegensatz zu den Einschätzungen der Expertinnen und Experten – von den meisten Lehrpersonen als gut eingestuft. Trotzdem wünschen sich die Lehrpersonen mehr Unterrichtsmaterialien und -hilfen. Kurz-, mittel- und langfristig müssen also Entwicklungen im Bereich der naturwissenschaftlich-technischen Lehrmittel unternommen werden, wobei die „Lehrmittelplanung im Kanton Zürich“¹⁸ hierfür eine gute Grundlage bildet. Wichtig wäre, dass mit der Einführung des Lehrplans 21 entsprechende Lehr- und Hilfsmittel zur Verfügung stehen.

Für die Vorbereitung des Unterrichts nutzen die meisten Lehrpersonen das Internet – die konkret benutzten Seiten wurden leider nicht abgefragt. Die Nutzung des Internets scheint unter anderem damit zu tun zu haben, dass es überall verfügbar ist und eine grosse Fülle an Material bietet. Wie bereits in Kapitel 4 erwähnt, ist das Internet jedoch nur bedingt ein gutes Mittel

¹⁸ http://www.bi.zh.ch/internet/bi/de/BR/BRB_2008.html → Bericht Lehrmittelplanung Kanton Zürich.

für die Vorbereitung des Unterrichts, da im Netz viele fachlich sehr fragwürdige oder stark von einer bestimmten Lobby geprägte Seiten zu finden sind, so dass diese Angebote nicht unreflektiert im Unterricht eingesetzt werden sollten. Das heisst, um das Internet sinnvoll für den Unterricht nutzen zu können, müssen die Lehrpersonen schon einen gewissen Grad an fachlichem und fachdidaktischem Wissen mitbringen, um eine Auswahl treffen zu können.

3.1.3.4 Ausstattung der Schulhäuser im Kanton Zürich

Die Ausstattung der Schulhäuser der Volksschule im Kanton Zürich mit Materialien für den NaTech-Unterricht differiert sehr stark. Während die meisten Sekundarschulhäuser mehr oder weniger gut mit „Natur und Technik“-Räumen und Experimentiermaterial ausgestattet sind, fehlt es in vielen Primarschulhäusern an den einfachsten Dingen. In den Kindergärten behelfen sich die Lehrpersonen meist selbst mit Gegenständen des Alltags – was für diese Stufe auch durchaus angemessen ist – und bemerken den Mangel an Experimentiermaterialien dementsprechend nicht so stark wie Primarschullehrpersonen. Um einen flächendeckend anspruchsvollen naturwissenschaftlich-technischen Unterricht verwirklichen zu können, müsste an der einen oder anderen Stelle investiert werden. Es werden keine hochmodern ausgestatteten Naturwissenschaftszimmer mit allem nur erdenklichen Material benötigt, sondern sinnvoll eingerichtete Räume, die den Schülerinnen und Schülern eine direkte Begegnung mit möglichst vielen naturwissenschaftlich-technischen Bereichen ermöglichen.

3.1.3.5 Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen im Kanton Zürich

Die Einschätzungen der Lehrpersonen zur Ausbildung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich decken sich mit den Vermutungen, die die Zahlen zum Anteil der Ausbildung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich in Kapitel 4 nahe legen. Die Lehrpersonen fühlen sich – bis auf biologische Bereiche – weitgehend schlecht ausgebildet. Dabei fehlt es nach Einschätzung der Lehrpersonen nicht nur an fachlichen, sondern auch an fachdidaktischen Kompetenzen. Bei der Frage, wie kompetent sich die Lehrpersonen in verschiedenen fachdidaktischen Bereichen des NaTech-Unterrichts fühlen, kreuzen viele Lehrpersonen „nicht beantwortbar“ an. Bei der Frage, wie kompetent sie sich darin ausgebildet fühlen, Schülervorstellungen zu berücksichtigen, kreuzen für Biologie 18 %, für Chemie und Physik 22 % der Primarschullehrpersonen „nicht beantwortbar“ an, bei der Frage nach dem Auslösen von Konzeptwechseln sind es 30 % in der Biologie, 29 % in der Chemie und 27 % in der Physik. Dies ist deutlich mehr als bei allen anderen Fragen und sieht für die Sekundarstufe I sehr ähnlich aus. Eine mögliche Interpretation ist, dass die Lehrpersonen nichts mit den Begriffen Schülervorstellungen oder Konzeptwechseln anfangen können (wobei noch anzumerken ist, dass im Fragebogen sogar erläutert war, was mit dem Auslösen von Konzeptwechseln gemeint ist). Das ist – gerade im Hinblick auf die Wichtigkeit von Schülervorstellungen und Konzeptwechseln für das Lernen in den Naturwissenschaften – als tragisch einzustufen. Dass sich Lehrpersonen der Primar- und Sekundarstufe I in allen fachdidaktischen Fragen in der Biologie mit Abstand am kompetentesten fühlen, ist damit zu erklären, dass dem biologischen Bereich in der Ausbildung im Mittel die mit Abstand meiste Zeit zukommt. Die einzige Ausnahme – dass sie sich bei Lehrerdemonstrationsexperimenten in Physik und Chemie kompetenter fühlen als in Biologie – ist darauf zurückzuführen, dass diese Art des Experimentierens in der Biologie kaum Anwendung findet.

Obwohl die Lehrpersonen der Primar- und Sekundarstufe I selbst feststellen, dass sie nicht in allen Bereichen kompetent sind, besuchen sie so gut wie keine Weiterbildungen im naturwis-

senschaftlich-technischen Bereich. Man könnte damit argumentieren, dass kaum Weiterbildungen in diesem Bereich angeboten werden, jedoch ist das nur eine Folge davon, dass sie nicht besucht wurden. Die Gründe sind vielmehr in der ständigen Überlastung der Lehrpersonen sowie den vielen anderen verpflichtenden Weiterbildungen wie zum Beispiel zum neuen Volksschulgesetz, zu den Fremdsprachen oder zu „Religion und Kultur“ zu suchen.

Eine Ausnahme bilden die Vorschullehrpersonen: Sie besuchen am häufigsten Weiterbildungen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich, obwohl für diese Stufe am wenigsten angeboten werden. Dies entspricht der Tendenz, dass Vorschullehrpersonen öfter Weiterbildungen besuchen als Primar- oder Sekundarlehrpersonen.

Insgesamt müssten Anreize geschaffen und gute Weiterbildungsveranstaltungen angeboten werden, damit Lehrpersonen bereit sind, Weiterbildungen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich zu besuchen.

3.2 Gymnasium

In diesem Abschnitt wird die Situation der vier naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie, Geographie und Physik an Zürcher Gymnasien behandelt. Ausgebildet werden die Lehrpersonen in allen vier Fächern sowohl an der ETH Zürich als auch an der UZH. Beide Institutionen arbeiten unter dem Dach des ZHSF eng in der Aus- und Weiterbildung zusammen, was sich unter anderem in einer Arbeitsteilung bei der fachdidaktischen Ausbildung zeigt. Diese wird für Physik und Chemie ausschliesslich an der ETH und für die Fachdidaktik Geographie an der UZH angeboten. Die Fachdidaktik Biologie wird an beiden Hochschulen angeboten. Mit dem Life-Science Learning Center entsteht in diesem Fach eine enge Zusammenarbeit zwischen Universität und ETH Zürich.

Durch die didaktische Ausbildung an den Trägerhochschulen des ZHSF ergibt sich eine enge Verbindung zwischen den Zürcher Gymnasien und den beiden Universitäten. Ausgewählte Lehrpersonen aus den Gymnasien übernehmen in den Hochschulen einen Teil der Veranstaltungen in Fachdidaktik. Es handelt sich dabei um Gymnasiallehrerinnen und -lehrer, die noch mit mindestens einem Pensum von 50 % unterrichten. Ausserdem absolvieren die meisten Studierenden ihre von den Universitäten organisierten Praktika bei Lehrpersonen an Zürcher Gymnasien.

Da die Gymnasien weitgehend frei in der Auswahl der Themen und des Vorgehens im Unterricht sind, müsste man für ein repräsentatives Bild des naturwissenschaftlichen Unterrichtes alle Gymnasien in eine Befragung einbeziehen. Darauf haben wir hier verzichtet und stattdessen Lehrpersonen befragt, die am Standort Zürich in ihrem Fach eine markante Rolle einnehmen, zum Beispiel weil sie als Fachdidaktiker oder Praktikumslehrpersonen arbeiten. Die traditionell grosse Freiheit der einzelnen Gymnasien in der Schweiz hat neben vielen Vorteilen auch die Nachteile (a) der mangelnden Vergleichbarkeit und (b) von Schnittstellenproblemen wie beispielsweise dem Übertritt vom Gymnasium an die Universität.

Um diese Probleme anzugehen, wurde im Kanton Zürich durch die Gründung von Arbeitsgruppen – bestehend aus Dozierenden der Hochschulen und Lehrpersonen aus den Mittelschulen – der Versuch unternommen, die am Gymnasium behandelten Inhalte und die Lernziele miteinander abzustimmen. Für die vier im Folgenden dargestellten naturwissenschaftlichen Fächer wurden Gruppen gebildet, die Empfehlungen für den gymnasialen Unterricht abgegeben haben.

Die im Jahr 2009 fertig gestellten Berichte sind im Internet verfügbar¹⁹ und werden bei den Empfehlungen im Teil IV dieser Expertise zusätzlich zu den hier dargestellten zusammenfassenden Ergebnissen der Befragung berücksichtigt.

3.2.1 Geographie, Biologie: Lehrpersonenperspektive

Von Albert Zeyer, Freia Odermatt

Die im Herbst 2008 durchgeführten Befragungen von Lehrpersonen und Fachdidakterinnen und Fachdidaktiker der Hochschulen galten der Erfassung von Inhalten und Formen des gegenwärtig erteilten NaTech-Unterrichts im Kanton Zürich und der Aktivitäten und Einstellungen der verantwortlichen Lehrpersonen. Für die Befragungen wurde die Form offener Interviews gewählt. Die Interviewer behielten dabei die von der Kerngruppe festgelegten Fragestellungen im Auge. Die Gespräche wurden aufgezeichnet und ausgewertet. Im Folgenden sind die wichtigsten Argumentationszüge zusammengefasst und inhaltlich geordnet.

3.2.1.1 Geographie

Die Geographie (im Folgenden abgekürzt mit GG) partizipiert zu gleichen Teilen an den Natur- und den Geisteswissenschaften; Human-GG und physische (naturwissenschaftliche) GG machen je etwa 50 % des Faches aus. Wenn von der Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts gesprochen wird, darf die GG darum nicht vergessen werden.

Eine einseitige Konzentration auf den naturwissenschaftlichen Bereich der GG ist allerdings nicht angezeigt, weil die doppelte Ausrichtung des Faches eine Chance darstellt. Gerade von der GG kann man lernen, die Kluft zwischen Natur- und Humanwissenschaften zu überbrücken. So scheint die Gesteinskunde ein zunächst wenig attraktives Thema der physischen GG zu sein, worauf die Lernenden meistens mit einem unwilligen „Wozu das? Das brauche ich doch nie mehr in meinem Leben!“ reagieren. Kann die Lehrperson aber aufzeigen, wie Gesteine unseren Lebensraum strukturieren und wie zentral sie in unserem Alltagsleben sind (Strassenbau, Trinkwassergewinnung), dann sind die Lernenden durchaus für das Thema zu begeistern. Eine Betrachtung des Themas aus beiden Perspektiven führt sie zu einem umfassenderen Verständnis des Raumes, in dem wir leben.

In ähnlicher Weise wie bei der Gesteinskunde lässt sich bei jedem Thema der GG einerseits nach dem fragen, was „gegeben“, und andererseits nach dem, was „geschaffen“ ist – womit der Mensch ins Spiel kommt. Die Lernenden erleben, dass die naturwissenschaftlichen Grundlagen buchstäblich in der Lebenswelt „verortet“ werden können. Exkursionen und Experimente unterstützen diesen Lernprozess: Experimente in der GG beweisen nicht „nur“ die naturwissenschaftlichen Fakten, sondern zeigen immer auch die Bedeutung derselben für den Menschen auf. Sobald diese Bedeutung den Lernenden klar ist, sind sie auch bereit, sich mit den naturwissenschaftlichen Aspekten des Themas auseinanderzusetzen. Die Attraktivität des Faches wird neben diesem *human factor* auch durch die Themenvielfalt bestimmt: Kaum eine Schülerin ist für sämtliche Themen der GG ansprechbar, aber jeder Schüler findet zum einen oder anderen Thema einen Zugang.

Die unterschiedlichen fachlichen Ausrichtungen werden von den Schülerinnen und Schülern auch selbst wahrgenommen. Nicht alle reagieren auf alle Anforderungen gleich. Die jungen

¹⁹ Link: http://www.educ.ethz.ch/hsgym/HSGYM_langfsg_def.pdf.

Männer – gerade jene, die bewusst ein naturwissenschaftlich-mathematisches Gymnasium gewählt haben – haben eher einen Zugang zu den naturwissenschaftlichen Bereichen, während die jungen Frauen oft auf Distanz gehen, wenn es zu abstrakt wird. Dafür sind Letztere dort deutlich mehr engagiert, wo man mit einem argumentativen Für und Wider lebensweltliche Probleme zu erörtern hat (z. B. in der Bevölkerungs-GG). Dabei darf nicht übersehen werden, dass sowohl die Human- wie die physische GG sehr komplexe Themen enthalten. In beiden Bereichen ist die wissenschaftliche Diskussion vom alltäglichen Gespräch zu unterscheiden; die entsprechenden Fähigkeiten müssen erlernt und eingeübt werden. Komplexität schreckt die Schülerinnen und Schüler nicht per se ab, aber wichtig ist für alle (und vor allem für Erstere), im Lernstoff Sinn und Lebensbezüge entdecken zu können.

Zentral für die Zukunft des Faches ist ein (Wieder-)Ausbau der kontextuellen Aspekte. Viele Schulen haben in den letzten Jahren Exkursionen und Experimente aus den Lehrplänen gestrichen. Dabei gehören diese Aktivitäten zum Attraktivsten des Faches. Die Nähe der Unterrichtsgegenstände erleichtert es, Brücken zur Wissenschaft zu schlagen: Die Schülerinnen und Schüler sind zum Beispiel interessiert daran, zu erfahren, mit welchen wissenschaftlichen Methoden die ETH Gesteinsbewegungen erfasst, wenn entsprechende Studien in den Unterricht eingebracht und (soweit als möglich) nachvollziehbar gemacht werden. Auf diese Weise lässt sich die Faszination, die Naturwissenschaft und Technik ausüben, in die Schule bringen und mit konkreten Berufsbildern verknüpfen. Allerdings braucht jede praktische Anwendung Zeit und entsprechende Mittel. Die GG ist auf zusammenhängende Unterrichtsblöcke, genügend finanzielle Unterstützung (Materialbeschaffung, Weiterbildung der Lehrkräfte) und gegebenenfalls institutionelle Einrichtungen angewiesen. In der gegenwärtigen Situation hängt zu vieles an den persönlichen Kontaktnetzen der Lehrpersonen. Der Bezug zur Praxiswelt (Firmen, Hochschulen) sollte ausgebaut und institutionalisiert werden. Entsprechende Arbeiten sollten gerechte Anerkennung erhalten (unterstützt z. B. ein Mitarbeiter an der Uni einen Schüler bei dessen Maturaarbeit, darf dieses Engagement nicht als unproduktive Zeitverschwendung angesehen werden).

Die GG ist im Hinblick auf die naturwissenschaftlichen Inhalte und Methoden ein Modellfach für trans- und interdisziplinären Unterricht. Leider werden die entsprechenden Potenziale nur von einer Minderheit der Schulen umgesetzt. Der Aufwand ist gewaltig und lastet einseitig auf den Schultern der Lehrpersonen: Auch hier würde es mehr Ressourcen und geeignete Strukturen brauchen.

Naturwissenschaftliche Fächer leiden unter einem Blockadeeffekt von der Mathematik her. Ein stärker problemorientierter Unterricht in der Mathematik, wie man ihn auf der Unterstufe bereits kennt, wäre auch für die Sekundarstufe II wünschenswert und würde den Naturwissenschaftsfächern zugutekommen.

Ein Konzept wie das „Forschende Lernen“ kommt dem GG-Unterricht sehr entgegen, ist im Normalunterricht aber nur ansatzweise und nur dank aussergewöhnlichem Engagement von Lehrpersonen umsetzbar. Nach der Aufwertung zum Schwerpunktfach wäre auch die Wiedereinführung eines naturwissenschaftlichen Praktikums, an dem sich alle Naturwissenschaftsfächer beteiligen, zu prüfen.

Viele der angehenden Lehrpersonen, die in die Praktika kommen, haben zuerst grosse Schwierigkeiten. Zum einen mangelt es ihnen an jenen Kenntnissen, die im Unterricht tatsächlich benötigt werden; meist fehlt es überall ein wenig. Ein PH-Konzept, in dem von Anfang an Didaktik und Fachwissen miteinander vermittelt wird, ist nach Ansicht der befragten Personen für die Sekundarstufe II dennoch keine Lösung, weil die fachlichen Anforderungen

an Gymnasiallehrpersonen doch deutlich höher sind. Nötig sind mehr Vorlesungen wie die fachwissenschaftliche Vertiefung mit pädagogischem Fokus, die sowohl Lehrpersonen in der Aus- und in der Weiterbildung ansprechen. Zum anderen vermisst man bei den angehenden Lehrpersonen oft die Begeisterungsfähigkeit. Ihr Unterricht wirkt entsprechend trocken und angelernt. Auffallend sind schliesslich sprachliche Defizite, die beim Unterrichten mündlich und schriftlich sichtbar werden, und Unsicherheit im Auftreten. Beides wird von den Lernenden an Praktikantinnen und Praktikanten oft kritisiert.

3.2.1.2 Biologie

In der Arbeitsgruppe Hochschule-Gymnasium (HSGYM) sind die Erwartungen und Bedürfnisse der Hochschulen an die Gymnasien untersucht worden. Dabei hat sich gezeigt, dass Studierende der Biologie (im Folgenden abgekürzt mit BI) beim Übertritt an Universität und ETH über genügend fachliches Vorwissen verfügen, um den Anfangsvorlesungen folgen zu können. Das erlaubt den Schluss, dass sich die bestehenden Lehrpläne für den BI-Unterricht auf der Sekundarstufe II bewähren. Dennoch gibt es einige Punkte, bei denen Handlungsbedarf auszumachen ist.

BI nimmt unter den naturwissenschaftlichen Fächern eine Sonderstellung ein. Wenn die Lernenden an den Mittelschulen ein naturwissenschaftliches Fach wählen, so steht BI bei den meisten an erster Stelle. Die Entscheidung für BI dürfte zwar in einigen Fällen eine Negativwahl sein (nämlich eine Abwahl von CH und PH, da BI als „weicheres“ Fach mit weniger MA gilt), viel bedeutsamer für die grosse Attraktivität ist aber der bei vielen Themen unmittelbar einleuchtende Lebensbezug. Für die Lernenden ist vor allem das relevant, was sie mit ihrem eigenen Alltag in Verbindung bringen können. An vorderster Stelle steht hier die Humanbiologie. Die Jugendlichen sind in einem Alter, in dem sich ihr Körper stark wandelt; daraus ergeben sich von selbst Fragen. Themen wie Ernährung, Sexualität, Verhütung, Sucht etc. sind für sie von grossem Interesse. Die Jugendlichen wollen nicht nur über den gesunden Körper Bescheid wissen, sondern auch über Krankheiten wie Krebs. Die meisten der befragten Lehrpersonen berichten zudem, dass Lernende oft mit Fragen zu Medienberichten in die Schulen kommen; auch darin zeigt sich die Aktualität des Faches für die Lernenden.

Auffallend ist, dass die Lernenden im Fach selber oft Schwierigkeiten haben, mit der Überfülle zugänglicher Informationen zurechtzukommen. Es fehlen ihnen die Kristallisationspunkte, an denen sich biologisches Verständnis orientiert. Es ist eine wichtige Aufgabe des Gymnasiums, den Lernenden eine noch überblickbare Zahl von Basiskonzepten zu vermitteln, mit denen sie vielfältige biologische Probleme andeuten und diskutieren können (z. B. das Grundprinzip Mutation/Selektion in der Evolution). Es ist sinnvoller, dass die Lernenden sich auf eher weniger Elemente konzentrieren, sich diese aber so aneignen, dass sie damit selbstständig zu fachlich angemessenen Interpretationen gelangen können. Die Lehrkräfte wiederum sollten in der Aus- und Weiterbildung Methoden erlernen, wie sie solche Kernpunkte und Basisprinzipien im Unterricht herauschälen können. Auch erfahrene Lehrkräfte verlieren sich zu oft im Präsentieren einer Fülle von Details, die zwar in der Betrachtung exemplarischer Gegenstände interessant und relevant sind, die aber nicht als Werkzeuge für weiteres, selbstständiges Arbeiten taugen. In diesem Kontext ist auch der Einsatz von ICT bedacht zu planen, damit nicht bloss eine weitere Vermehrung von Informationen erreicht wird.

Die Möglichkeit, praktisch zu arbeiten, trägt wesentlich zur Attraktivität des Faches bei. Dabei geht es keineswegs nur um das Erlebnis. Mit dem Beobachten und Experimentieren lernen und trainieren die Schülerinnen und Schüler fachspezifisches, wissenschaftliches Denken,

indem sie Schritt für Schritt nach Lösungen suchen, Geduld haben üben und sich mit der Interpretation von Resultaten beschäftigen. Gerade Letzteres muss geübt werden, weil die Lernenden oft die Tendenz haben, vorschnell etwas als „bewiesen“ anzusehen. Praktische Arbeit ist allerdings sehr zeitintensiv, und es fehlen in vielen Schulen die dafür nötigen, spezifischen Unterrichtsgefässe (nötig sind mindestens Doppelstunden). Anspruchsvollere Aufgaben, wie etwa das Zerlegen eines Organs, können in Ganzklassen kaum sinnvoll angegangen werden. Oft können solche Arbeiten nur im Rahmen von Wahl-Projekten realisiert werden. Wenn aber nicht alle Lernenden teilnehmen, kann die Lehrperson in der Klasse nicht auf dem erworbenen Wissen aufbauen.

BI eignet sich besonders gut für fächerübergreifenden Unterricht – ist ganz eigentlich sogar darauf angewiesen. So werden Themen der Ökologie mit Vorteil von mehreren Seiten angegangen; die Lernenden schätzen entsprechende Initiativen. Interdisziplinäre Anliegen können aber oft nur im Schwerpunktfach BI-CH aufgenommen werden oder dann im Rahmen von eher selten stattfindenden Sonderveranstaltungen wie Projektwochen. Im Schulalltag gibt es zahlreiche Hindernisse: Die Stundendotation ist eng, die Aufgliederung der Fächer und der daraus abgeleitete dauernde Wechsel im Stundenplan schaffen künstliche Fächergrenzen. Schliesslich zeigen Lernende oft Abwehrreflexe gegenüber CH, PH und vor allem MA – und diese zeigen sich oft genauso bei Lehramtsstudierenden (und gar bei gestandenen Lehrpersonen). In Bezug auf MA beobachten die befragten Personen teils groteske Situationen: Den Lernenden fehlt nicht nur Grundwissen, sondern oft jegliche Bereitschaft, sich überhaupt auf mathematische Anwendungen einzulassen. Eine Förderung der Naturwissenschaftsfächer muss deshalb auch die MA in den Blick nehmen. Probleme ergeben sich schliesslich aus der mangelnden Abstimmung der Lehrpläne verwandter Fächer. Die BI könnte (und möchte) bei vielen Themen auf Kenntnisse aus der CH und PH zählen können, die aber noch nicht vorhanden sind.

Für die Förderung der Interdisziplinarität ist die Aus- und Weiterbildung gefordert: Die Lehrpersonen müssen Schülerinnen und Schülern zeigen – um nicht zu sagen: *vorleben* – können, dass es Verbindungen zwischen den Fächern gibt, so dass sie Ressourcen erkennen und nutzen lernen. Damit eine Zusammenarbeit über die Fächer hinweg realisiert werden kann, braucht es aber wiederum geeignete Unterrichtsgefässe, dies zeigen gerade die Erfahrungen mit dem Schwerpunktfach BI-CH.

Ausserschulische Lernorte werden von den Schülerinnen und Schülern gern besucht. Wenn die Exkursionen gut in den Lehrplan eingepasst sind, erweisen sich die erworbenen Kenntnisse als durchaus nachhaltig. Daneben ist für die Lernenden oft nicht „nur“ die Laborarbeit an sich wichtig, sondern genauso der Einblick in Berufswelten und die Möglichkeit, mit Berufsleuten zu sprechen und sie bei ihrer Arbeit zu beobachten.

Keine Einigkeit herrscht in der Frage, ob sich im Fach BI deutliche Interessensunterschiede zwischen den jungen Frauen und den jungen Männern zeigen. Alle befragten Personen beobachten deutliche Unterschiede im Kommunikationsverhalten: Die jungen Frauen beteiligen sich tendenziell aktiver an Diskussionen als die jungen Männer. Ebenfalls einig sind sich die Lehrpersonen darüber, dass ethische Fragen oft Türöffner für das Interesse am Fach sein können – und zwar bei beiden Geschlechtern. In Bezug auf die „harten“ naturwissenschaftlichen Fragestellungen beobachtet der eine Teil der befragten Lehrpersonen vorwiegend ein „Abhängen“ der jungen Frauen, der anderer Teil ein „Abhängen“ der weniger naturwissenschaftlich Interessierten *beider* Geschlechter.

Das bestehende Weiterbildungsangebot wird unterschiedlich beurteilt. Ein Teil der Lehrpersonen wünscht eher einen Ausbau des fachlichen Angebotes, der andere Teil vermisst spezifische pädagogisch-didaktische Veranstaltungen, etwa Workshops, die ganz einfache, aber anschauliche Experimente vorstellen, weil das von der Universität her Bekannte oft viel zu kompliziert für den Unterricht in der Mittelschule ist. Die Implementierung neuer Lehr- und Lernformen (z. B. SOL) sollte besser begleitet werden. Mit einem erweiterten Angebot werden allerdings nicht alle Probleme zu lösen sein: Ohne einen gewissen Druck geht es nicht. Statt weitere Obligatorien einzuführen, könnten mit einem Portfolio, in dem die Lehrperson eine Anerkennung für die geleisteten Weiterbildungen erhält, Anreize geschaffen werden, Lücken zu schliessen.

3.2.2 Physik, Chemie: Lehrpersonenperspektive

Von Peter Greutmann und Elsbeth Stern

Die Fächer Chemie und Physik sind Grundlagenfächer, Physik (zusammen mit Angewandter Mathematik) und Chemie (zusammen mit Biologie) können darüber hinaus als Schwerpunktfächer gewählt werden. Chemie und Physik werden auch als Ergänzungsfächer angeboten. Der Anteil dieser Fächer beträgt gemäss MAR-Vorgabe 15-25 % an der Gesamtlektionenzahl. Wie sieht der Unterricht im Kanton Zürich nun tatsächlich aus in diesen Fächern? Dazu haben wir mehrere Chemie- und Physik-Lehrerinnen und -Lehrer aus verschiedenen Zürcher Gymnasien in Einzelgesprächen befragt. Für die Befragungen wurde die Form offener Interviews gewählt, im Folgenden findet man eine Zusammenstellung der für diese Expertise relevanten Aussagen.

Bei allen Interviewten handelt es sich um langjährige, hoch motivierte Lehrpersonen. Die Freude am Erklären, an der Vielseitigkeit des Faches und an der Arbeit mit Jugendlichen wird mehrfach als Grund für die Berufswahl genannt. Wegen der grossen Übereinstimmung in den Antworten zwischen den Lehrpersonen in Chemie und Physik wurde auf eine getrennte Darstellung der Interviews verzichtet.

3.2.2.1 Institutionelle Aspekte des Chemie- und Physikunterrichtes

Immer wieder wurde das Thema des Lehrer-Mangels beziehungsweise das Problem der Anstellung von schlecht ausgebildeten Lehrerinnen und Lehrern im Bereich Naturwissenschaften angesprochen. Als Gründe dafür werden die geringeren Verdienstmöglichkeiten, das gesunkene Ansehen des Lehrerberufs und die kaum vorhandene Vereinbarkeit von Lehre und Forschung vermutet. Ausserdem wurde berichtet, dass die Arbeitsbelastung – vor allem bei einem 100%-Pensum – kaum mehr zu bewältigen ist und eine Entlastung die Attraktivität des Berufs (wieder) erhöhen würde.

Nach Meinung von einigen der Befragten ist die zu tiefe Stundendotation in den naturwissenschaftlichen Fächern dafür verantwortlich, dass die Lernziele – gerade auch im Hinblick auf die HSGYM-Empfehlungen – nicht erreicht werden können. Nur eine Erhöhung der Lektionenzahl könnte hier Abhilfe schaffen.

Von praktischerseits allen Befragten wurde die Schnittstellen-Thematik als problematisch bezeichnet. Die Schülerinnen und Schüler kommen ohne oder mit einer ungenügenden Vorbildung in den naturwissenschaftlichen Unterricht im Gymnasium. Oder noch schlimmer: Durch einen schlechten, nicht stufengerechten NaTech-Unterricht ist das Verhältnis zu den Fächern vorbe-

lastet, die Lehrpersonen sind so von Beginn an mit einem Widerstand ihren Fächern gegenüber konfrontiert.

3.2.2.2 Unterricht

Grundsätzlich sind die Lehrpersonen frei, was die Unterrichtsgestaltung betrifft, sowohl in inhaltlicher wie auch in didaktischer Hinsicht. Zwar gibt es Lehrpläne, welche die Inhalte grob festlegen, die konkrete Ausgestaltung der einzelnen Unterrichtseinheiten obliegt aber der jeweiligen Lehrperson. Diese Individualisierung zeigt sich auch darin, dass keine und keiner der befragten Lehrerinnen und Lehrer den Unterricht auf ein bereits bestehendes Lehrmittel abstützt.

Das führt dazu, dass zwar alle Befragten ähnliche Themengebiete behandeln (Beispiel Physik: Mechanik; Beispiel Chemie: Stöchiometrie), dass aber die konkrete Ausgestaltung der Unterrichtseinheiten sehr unterschiedlich ist. Dies gilt insbesondere auch für die Verknüpfung von naturwissenschaftlichen Theorien mit technischen Themen.

Einigkeit herrschte bei den Befragten darin, dass das Experiment (Lehrerexperiment, Schülerexperiment, Heimexperiment und Simulationen mit Hilfe des Einsatzes von ICT) eine zentrale Rolle im Chemieunterricht spielt.

Dabei geht es nicht nur um die Illustration von chemischen oder physikalischen Theorien, sondern auch darum, dass die Schüler selber etwas mit den Händen tun können, dass sie komplexe Planungsüberlegungen selbstständig durchführen müssen und dass Experimente die Freude am Erforschen von Naturphänomenen fördern.

Der Einbezug ausserschulischer Lernorte (Life Science Learning Center, PSI, Technorama) wird sehr unterschiedlich gehandhabt, einige der Befragten besuchen kaum je eine solche Institution, andere nutzen sie als Ausflugsort oder auch so, dass sie den Schülerinnen und Schülern konkrete Arbeitsaufträge abgeben.

Eine Chemie-Lehrperson gab in diesem Zusammenhang zu bedenken, dass Lehrkräfte ohne ausreichende Ausbildung die Kompetenz nicht haben, Experimente durchzuführen, wodurch dem Fach etwas Entscheidendes verloren gehe.

Grundsätzlich wird die infrastrukturelle Ausstattung für Experimente als gut bis sehr gut bezeichnet.

Die Aussagen zur Frage nach der Berücksichtigung von interindividuellen Unterschieden divergieren stark, haben aber grundsätzlich nur einen geringen Stellenwert bei der Unterrichtsgestaltung.

Punktuell differenziert wird zwischen eher leistungsstarken beziehungsweise leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern, etwa durch die Wahl entsprechender Aufgaben oder durch individuelle Förder- beziehungsweise Stützmassnahmen (meist im Rahmen des regulären Unterrichtes).

Zudem wird der Unterricht bei den Befragten kaum nach genderspezifischen Kriterien ausgerichtet. Zwar werden einzelne Themen bewusst im Hinblick auf Mädchen (Blutdruck messen) beziehungsweise im Hinblick auf Jungen (Motoren) gewählt, eine systematische Berücksichtigung dieses Aspektes hat aber niemand berichtet.²⁰

Auch was den Einsatz von Multimedia-Lernen betrifft, spiegelt sich die individuelle Freiheit der Lehrperson bei der Gestaltung des Unterrichtes. Zwar berichten alle Befragten, dass sie

²⁰ Interessant in diesem Zusammenhang ist die Feststellung, dass „der Frauenanteil an allen Tertiärabschlüssen (...) in NMT mit 17% eine der niedrigsten im internationalen Vergleich“ ist (Erlach, 2008: 6).

ICT einsetzen, allerdings in sehr unterschiedlichem Umfang und auf ganz unterschiedliche Art. Die Bandbreite reicht vom Erstellen von PP-Präsentationen, über das Auswertung von Messungsergebnissen mit EXCEL bis zum Einsatz von auf das Fach zugeschnittener Software. Lernplattformen (wie etwa Educenet2) oder Lernsoftware werden von den Befragten eher selten verwendet. Die IT-Ausstattung wird übereinstimmend als gut bis sehr gut bezeichnet.

3.2.2.3 Lehrmittel

Wie schon im vorangehenden Abschnitt erwähnt, verwendet keine der befragten Lehrpersonen ein Lehrmittel als konstitutiven Bestandteil des Unterrichts. Entsprechend gibt es keine verbindlichen Vorgaben durch die Lehrpläne und/oder durch die schulinternen Fachkreise. Das heisst: Die Lehrperson vermittelt den von ihr selbst aufbereiteten Stoff, Lehrbücher oder andere Lehrmittel spielen nur eine ergänzende Rolle (als Klassensatz, in der Bibliothek zum Nachschlagen, als persönliches Buch zum individuellen Repetieren oder als Übungsbuch). Die folgenden Lehrmittel wurden genannt:

- Chemie: Chemie. Lehrbuch für Sekundarstufe II. Cornelsen Verlag
- Chemie: Elemente Chemie. Ausgabe Schweiz. Klett & Balmer
- Physik: Physik anwenden und verstehen. Deutschschweizer Physikkommission

Einhellig vertreten die Befragten die Auffassung, dass es kein fertiges Lehrmittel braucht für den gymnasialen Chemie- beziehungsweise Physikunterricht. Vielmehr werden einzelne Bausteine gewünscht, kürzere Unterrichtseinheiten, die nach dem neusten Stand der Lehr-Lern-Forschung didaktisch aufbereitet und in der Praxis erprobt sind. Dabei sollen technische Themen eine zentrale Rolle einnehmen, insbesondere ein Repertoire an guten Einstiegsfragen sowie brauchbare Instrumente zur (Vor-)Wissensdiagnose wären von grossem Interesse. Diese Materialien sollten über das Internet frei zugänglich sein (etwa beim ETH-Bildungsserver EducETH), Lehrpersonen, welche an der Entwicklung solcher Materialien beteiligt sind, sollten entsprechend entschädigt werden.

Als Desiderat wurde auch vorgeschlagen, ein Sammlung von praktisch erprobten Unterrichtseinheiten/Experimenten zuhanden von neu in den Beruf einsteigenden Lehrpersonen anzulegen, um diesen den Berufseinstieg zu erleichtern und die Unterrichtsqualität zu sichern. Allerdings fehle es hier an Gefässen, in denen erfahrene Lehrpersonen Zeit hätten, einen solchen Leitfaden für Berufseinsteigerinnen und Berufseinsteiger zusammenzustellen.

3.2.2.4 Technische Themen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Im Hinblick auf die Fragestellung der vorliegenden Expertise besonders erfragt wurde die Einbettung technischer Themen in den Unterricht.

Dabei zeigte es sich, dass alle Befragten Themen aus dem Bereich der Technik aufgreifen. Im Fach Chemie sind dies Themen wie Herstellung von Aluminium, Benzin, Batterien und Galvanisieren; im Fach Physik Themen wie Verbrennungsmotoren, Raketentechnik, Dampfmaschine, Solarzellen.

Unsere Nachfrage ergab, dass diese Einbindung von technischen Themen oft ‚nur‘ in illustrierender Form geschieht, das heisst, dass in der Regel die physikalische Theorie und deren Mathematisierung und erst anschliessend der technische Gegenstand als Materialisierung präsentiert werden.

Keine der Lehrpersonen gestaltet den Unterricht konsequent nach dem Prinzip des „Reverse Engineering“, was heissen würde, ausgehend vom technischen Gegenstand und entsprechenden Fragen ein vertieftes, verständnisorientiertes Wissen über das jeweils angewandte naturwissenschaftliche Gesetz zu konstruieren.

3.2.2.5 Fächerübergreifender und interdisziplinärer Unterricht

Sowohl die Lehrpersonen in Chemie als auch in Physik stehen fächerübergreifendem und interdisziplinärem naturwissenschaftlichem Unterricht eher skeptisch gegenüber. Sie betonen den spezifischen Charakter ihres Faches, der im Schulunterricht zum Ausdruck kommen müsse. Insbesondere die Chemiker heben hervor, dass das konsistente Theoriegebilde sowie die eigenständige und differenzierte formale Sprache, in der dieses dargestellt werde, ein wesentliches Merkmal ihres Fachs sei, das sich auch im Unterricht widerspiegeln müsse.

Optimierungsbedarf sahen die Lehrpersonen in der Abstimmung zum Mathematikunterricht, da die Schülerinnen und Schüler Probleme hätten, ihre mathematischen Kenntnisse auf den Physik- und Chemieunterricht zu übertragen.

3.2.2.6 Weiterbildung von Lehrpersonen

Unbestritten ist die Wichtigkeit von Weiterbildung aller Art (fachlich, didaktisch, bildungspolitisch usw.). Dabei sind die befragten Lehrpersonen weit gehend autonom bei der Wahl von Weiterbildungsveranstaltungen.

Das Angebot wird im Allgemeinen als gut bezeichnet, ebenso die Unterstützung durch die Schulleitungen.

Von zwei der Befragten wurde moniert, dass gerade fachlich hoch stehende Weiterbildung im Ausland zu wenig unterstützt wird, zum Teil müssen die Kosten sogar selber bezahlt werden. Eine grosszügige(re) finanzielle Unterstützung würde die Attraktivität des Lehrberufs (wieder) steigern.

3.2.2.7 Fazit und mögliche Empfehlungen

Aufgrund der in Teil 1 referierten Befunde und der in den Interviews gewonnenen Erkenntnisse werden sich die Empfehlungen, die das Gymnasium betreffen, auf die folgenden Punkte konzentrieren:

- Massnahmen zur Behebung des Lehrer-Mangels
- Massnahmen zur Verbesserung der Schnittstellen-Problematik durch Förderung des NaTech-Unterrichtes auf den Stufen Primarschule und Sek I
- Massnahmen zum vertieften Einbezug technischer Themen in den naturwissenschaftlichen Unterricht im Rahmen des MINT-Lernzentrums durch Erstellen von prototypischen Unterrichtseinheiten
- Massnahmen zur Aufwertung des NaTech-Unterrichts durch Erhöhung der Lektionenzahl

3.2.3 Alle Fächer: Perspektive der Schülerinnen und Schüler

Von Albert Zeyer, Freia Odermatt

Die Befragungen der Schülerinnen und Schüler wurden in zwei offen gestalteten Fokus-Interviews durchgeführt. Am ersten Interview nahmen Lernende eines Gymnasiums mit

sprachlichem Profil, am zweiten Interview Lernende eines Gymnasiums mit mathematisch-naturwissenschaftlichem Profil teil. Befragt wurden insgesamt acht Schülerinnen und sechs Schüler. Die Lernenden beider Gymnasien waren zufällig ausgewählt worden. Die folgende Zusammenfassung beschränkt sich auf die wichtigsten Diskussionspunkte.

3.2.3.1 Zum Verhältnis der NWS und MA und der NWS-Fächer untereinander

MA und NWS wurden von den Lernenden beider Schulen stets in einem Atemzug genannt: Die Lernenden sehen die Grundkonzepte der MA sehr eng mit jenen der NWS verknüpft. Vorwissen in der MA ist vor allem für den Zugang zur PH entscheidend: Eine negative Einstellung zur MA oder Kenntnislücken werden hier rasch zur unüberwindlichen Hürde.

In der Wertschätzung der einzelnen NWS-Fächer sind grosse Unterschiede zu beobachten. Dabei war eine deutliche Zweiteilung wahrzunehmen: Eine Gruppe von Lernenden sieht sich mehr zu BI und CH hingezogen, eine zweite eher zu PH und MA (und AM). Tendenziell ergibt sich eine Rangfolge der Wertschätzung von BI, CH, PH zu MA oder umgekehrt.

3.2.3.2 Anforderungen der NWS und MA

Die Lernenden unterscheiden die intellektuellen Anforderungen, die in den GWS-Fächern an sie gestellt werden, deutlich von jenen der NWS-Fächer. Es herrscht insbesondere die Meinung vor, dass man NWS und MA nur bedingt „lernen“ könne. Man habe eine Begabung dafür, logische Probleme zu lösen, oder man habe diese Begabung nicht. Sprachen könne man „lernen“, NWS und MA müsse man „verstehen“. Diese Einschätzung beeinflusst auch die Leistungserwartungen. Bei den Sprachen gehen die Lernenden von graduellen Leistungsunterschieden aus: Jemand kann mehr oder weniger gut Französisch und kann sich also mehr oder weniger gut in dieser Fremdsprache durchschlagen. Bei der MA und den stark auf MA aufbauenden Fächern der NWS sehen sie dagegen prinzipielle Leistungsunterschiede: Lernende mit einem Flair für Logik sind in der MA und in den stark auf MA aufbauenden NWS-Fächern erfolgreich, die anderen haben keine Chance.

Das Bild von den „schwierigen NWS“ wird von den Lernenden auf die entsprechenden Studienfächer übertragen. Eine Schülerin brachte es wie folgt auf den Punkt: „Ein naturwissenschaftliches Studium ist anspruchsvoll, dauert enorm lang und verlangt einen so grossen Aufwand, dass man nichts anderes mehr daneben machen kann.“ Diese Einschätzung wirkt sich unterschiedlich auf die Motivation, gegebenenfalls ein solches Studium in Angriff zu nehmen, aus: Bei Lernenden, die sich eher unsicher fühlen, verursacht sie einen eigentlichen Einschüchterungseffekt. Fehlende Erfolge in der Schule lasten solche Schülerinnen und Schüler dem für sie „zu schwierigen“ Fach an und nehmen deshalb keine Durststrecke in Kauf. Wenn ihre Begabungen (auch) eine andere Fächer- oder Studienwahl zulassen, zögern sie, NWS und MA zu wählen und weichen lieber aus. Besonders gefürchtet sind offenbar die frühen Selektionsprüfungen in den NWS-Fächern. Unsichere Lernende zweifeln daran, dass sie mit einer Begabung für MA und Naturwissenschaft, mit der sie in der Mittelschule noch genügend bis gute Resultate erzielten, auch im Studium erfolgreich sein können.

Auf der anderen Seite stehen Lernende, die sich von der Herausforderung der „schwierigen“ NWS und MA nicht abschrecken, sondern gar motivieren lassen: Mehrere der Lernenden des math.-naturwiss. Gymnasiums konnten zwar noch nicht angeben, welches Studienfach sie wählen möchten, wussten aber, dass sie an „die ETH gehen wollen“ – also an jene Institution, die im Gespräch mehrmals (und von denselben Lernenden) als besonders anspruchsvoll bezeichnet worden war.

3.2.3.3 *Frauen und NWS*

Alle der befragten Schülerinnen und Schüler gehen davon aus, dass das bei den Geschlechtern unterschiedliche Interesse an NWS und MA vor allem kulturell bedingt ist, dass nämlich Buben anders erzogen und gefördert werden als Mädchen. Ihrer Meinung nach bestimmt nicht das Geschlecht, ob Lernende Interesse an MA und NWS haben und darin erfolgreich seien, entscheidend sei vielmehr die Fähigkeit logisch zu denken, und die habe man oder man habe sie nicht.

Unter den befragten Lernenden hat sich die Erwartung, dass sich fast nur die jungen Männer für MA und NWS begeistern, nicht bestätigt. Präsent sind entsprechende Annahmen allerdings allen. Vor allem Schülerinnen, die sich in Bezug auf MA und NWS für weniger begabt einschätzen, sehen sich durch diese Annahmen auch beeinflusst: Stossen sie auf Schwierigkeiten, geben sie rasch auf und probieren es kein zweites Mal. Auf diese Weise würden (vermeintliche oder tatsächlich vorhandene) Veranlagungen in der Schule sehr rasch verstärkt. Dieselben Erwartungen äusserten die Lernenden auch mit Blick aufs zukünftige Studium.

Eine sehr deutliche geschlechterabhängige Akzentuierung zeigte sich in der unterschiedlichen Wertschätzung der einzelnen NWS-Fächer: Für die BI, deren Lebensbezug sehr deutlich ist, sind junge Frauen (wie junge Männer) leicht zu begeistern, aber je abstrakter die Fächer werden, desto mehr wenden sich die jungen Frauen ab. Diese Differenz wirkt sich ebenfalls deutlich auf die angestrebten Studienziele aus. In diesem Zusammenhang formulierten gerade Schülerinnen den Wunsch, mehr und früher Einblick in Studien- und Berufsfelder zu erhalten.

3.2.3.4 *Der Unterricht der NWS im Untergymnasium*

Die befragten Schülerinnen und Schüler sprechen sich einhellig für einen früheren Beginn des NWS-Unterrichts in den Schulen aus. Sie beklagen, dass sie zu einem Zeitpunkt, da sie noch kaum Unterricht in PH oder CH gehabt haben, sich für oder gegen ein NWS-Gymnasium entscheiden müssen. Zumal an den nicht math.-naturwiss. Gymnasien beginnt der NWS-Unterricht sehr spät und fällt damit in eine für die Lernenden sehr dichte Zeit. Die NWS-Fächer werden zudem oft in Blöcken unterrichtet, die erratisch im Curriculum stehen. Die Lernenden wünschten sich einen kontinuierlicheren Unterricht, ähnlich wie bei den Sprachen. Mehrfach erwähnt wurde, dass der NWS-Unterricht am Untergymnasium oft wenig strukturiert und einheitlich sei, so dass in den oberen Klassen nicht darauf aufgebaut werden könne.

Ambivalent wurde schliesslich der integrierte Unterricht auf der Unterstufe beurteilt. Ein Teil der Lernenden hatte Mühe, die Inhalte richtig zu verorten; für fächerübergreifender Unterricht sollte erst ein Bild vom Fach vorhanden sein. Ein anderer Teil berichtete von Erfahrungen gelungenen MTU-Unterrichts, wo alltagsnahe Themen wie Wetter, Astronomie, Gesundheit/Krankheit sie fasziniert hätten. Daraus sei ein Interesse an BI, CH und PH erwachsen.

3.2.3.5 *Die Frage nach dem Nutzen*

Die Frage „Was bringt mir das?“ oder „Wozu brauche ich das?“ wird auch an die NWS-Fächer gestellt – und von den Lernenden sehr unterschiedlich beantwortet. Für einen Teil der Lernenden sind NWS von sich aus attraktiv, weil sie ihnen die Vorgänge des täglichen Lebens erklären: In jeder PH-Stunde, so ein Schüler, verstehe er wieder etwas mehr von der Welt. Ein anderer Teil der Lernenden beklagt dagegen, dass die NWS (v. a. PH und CH) ge-

rade nichts mit ihrer Welt zu tun hätten. Englisch vermittele Zugang zu einer anderen Sprachgemeinschaft und sei also anwendbar, PH nütze im täglichen Leben nichts.

3.2.3.6 Die Wahl der Studienrichtung

In den beiden Fokus-Interviews fiel auf, dass die Schülerinnen und Schüler des Gymnasiums mit sprachlichem Profil sehr viel unentschiedener waren in Bezug auf die anstehende Studienwahl als jene des math.-naturwiss. Gymnasiums. Bei den Letzteren war eine deutliche Korrelation zwischen gewähltem Profil und gewünschter Studienrichtung zu beobachten; mit einer Ausnahme wünschten alle der befragten Lernenden eine naturwissenschaftliche oder mathematische Studienrichtung einzuschlagen. Unter den Schülerinnen und Schülern des Gymnasiums mit sprachlichem Profil fehlte diese Korrelation. Die Interessen dieser Lernenden waren sehr breit gefächert, so dass die meisten Lernenden Studienrichtungen mehrerer Fakultäten prüfen wollten. Einzelne schlossen ein NWS-Studium kategorisch aus, andere – ebenso kategorisch – ein Studium der Sprachen.

Manche Schülerinnen und Schüler erwägen nach eigener Aussage die Wahl einer NaTech-Studienrichtung deshalb nicht, weil ihnen die entsprechenden Berufsbilder fehlen. Ohne ein attraktiv wirkendes Berufsziel sind die Lernenden kaum bereit, ein als streng geltendes Studium ins Auge zu fassen.

Die in der Schule gelehrte PH und CH prägen die Erwartungen ans Studium. Wer mit dem Unterricht an der Schule Mühe hatte, wählt – wenn überhaupt ein NWS-Fach – lieber Medizin oder Psychologie, das verspricht anders zu sein. Bei der überwiegenden Mehrzahl der befragten Schülern – und vor allem Schülerinnen – haben die ausgeprägt abstrakten Studienfächer schlechte Karten. Für die meisten ist eine Studienrichtung umso attraktiver, je klarer der Bezug zum Menschen ist. Aus Interesse am Menschen erwägen auch Lernende, die sich nicht per se zu NWS-Fächern hingezogen fühlen, etwa ein Studium der Medizin. Lernende, die klar ein bestimmtes Berufsfeld anvisieren, sind offensichtlich bereit, dafür auch einiges, was ihnen nicht liegt, in Kauf zu nehmen.

Generell wünschen sich die Schülerinnen und Schüler, mehr in die Berufswelt hineinblicken zu können. Wer nicht von Haus aus Zugang zu naturwissenschaftlichen oder technischen Berufsfeldern habe, könne sich kein richtiges Bild machen und stelle sich vor, dass CH nur im Labor stattfinde und der Informatiker nur vor dem Computer sitze.

3.2.3.7 The Teacher is the Key

Die Wertschätzung eines Faches hängt bei den Lernenden stark von der Wertschätzung des jeweiligen Fachlehrers ab. Die meisten der befragten Schülerinnen und Schüler finden, dass alle NWS-Fächer spannend sein könn(t)en; ein grundsätzliches Interesse fehlt also nicht. Die überwiegende Mehrheit ist auch der Meinung, von fachlich gut ausgebildeten Lehrpersonen unterrichtet zu werden. Das Problem sei aber, dass es vielen Lehrpersonen nicht gelinge, den Lernenden jene Freude am Fach weiterzugeben, die sie selber zum Studium dieses Fachs bewogen hätte. Diese Fähigkeit auf Seiten der Lehrpersonen halten vor allem jene Schülerinnen und Schüler für sehr wichtig, die eher schwer Zugang zu MA und NWS finden.

Wodurch zeichnet sich eine „gute“ NWS-Lehrperson aus? Als wichtigsten Punkt nannten die befragten Lernenden, dass eine Lehrperson anschaulich und kontextbezogen unterrichte. Dies sei vor allem in CH und PH wichtig, wo der Lebensbezug weniger offensichtlich ist als in der GG oder BI. Zudem wünschen sich die Schülerinnen und Schüler von den Lehrpersonen, dass

sie ihnen den Nutzen der Fächer für die Berufswelt aufzeigen. Weiter sollte eine Lehrperson gut erklären können, und dies vor allem auch gern tun. Die Lernenden beklagen, dass es Lehrpersonen gebe, die sich offensichtlich nicht vorstellen können, dass jemand eine Sache nicht versteht. Dies widerspiegeln sich in einer mit abstrakten Begriffen aufgeblähten Sprache. Lehrpersonen fragen oft zu wenig nach dem vorhandenen Vorwissen der Lernenden. So kommt es vor, dass eine PH-Lehrperson an der Tafel eine Aufgabe „vor sich her löst“, obwohl die Lernenden die mathematischen Kenntnisse, die fürs Verständnis des Dargelegten nötig wären, noch nicht hätten. In anderen Fällen konzentrieren sich die Lehrpersonen auf jene (meist wenigen) Schülerinnen und Schüler in einer Klasse, die noch mitkommen, und lassen alle anderen links liegen. Haben Lernende den Eindruck, eine Lehrperson interessiere sich sowieso nicht für sie, hängen sie ab. Lehrpersonen müssten deshalb auch besonders auf jene eingehen, die Mühe haben mit dem Fach.

Schliesslich erwarten die Lernenden von den Lehrpersonen, dass sie selbst engagiert für den Unterricht eintreten. Wer seine eigene Arbeit nicht ernst nimmt, werde auch von den anderen nicht ernst genommen. Ein rechtes Engagement zeige sich in (vermeintlich) kleinen Dingen wie dem fristgerechten Korrigieren und Zurückgeben von Prüfungen.

4 Empfehlungen zur Verbesserung der schulischen Allgemeinbildung im NaTech-Bereich im Kanton Zürich

In diesem Teil der Expertise stellen wir gestützt auf die im ersten Teil dargestellten wissenschaftlichen Befunde und die in den folgenden Teilen identifizierten spezifischen Potenziale und Schwächen im Kanton Zürich 16 Empfehlungen zur Optimierung der schulischen Allgemeinbildung im NaTech-Bereich vor. Unstrittig in der Lehr- und Lernforschung ist, dass deren Erfolg von fachwissenschaftlich und pädagogisch gut ausgebildeten Lehrpersonen abhängt. Vor diesem Hintergrund steht die Professionalisierung von Lehrpersonen in der Aus- und Weiterbildung im Mittelpunkt unserer Empfehlungen. Auf allen Schulstufen und in allen Fächern wird der zukünftige Erfolg der NaTech-Bildung davon abhängen, ob es gelingt, eine ausreichende Zahl von Lehrpersonen gut auszubilden sowie das Potenzial der bereits verfügbaren Lehrpersonen durch Weiterbildungsangebote zu optimieren. Ohne qualifizierte Lehrpersonen würde eine flächendeckende Erhöhung der Stundenzahlen in den naturwissenschaftlichen Fächern ihre Wirkung verfehlen.

Gegliedert sind die Empfehlungen in vier Bereiche, wobei sich die ersten drei auf die Schulstufen beziehen. Im vierten und letzten Bereich werden Empfehlungen für die Förderung von inhaltlichen Schwerpunktthemen ausgesprochen, für die im Kanton Zürich besonders gute Voraussetzungen mitgebracht werden. Zu jeder Empfehlung werden die Konsequenzen für die betroffenen Stakeholders ausgeführt, ausserdem finden sich Hinweise für die Bildungsdirektion, was den zeitlichen Horizont für die Umsetzung betrifft.

4.1 Empfehlungen für die obligatorische Schulzeit mit Schwerpunkt auf Primarschule und Sekundarschule 1

Als grösstes Problem in der Primarschule und der Sekundarstufe I wurde der zu geringe Anteil an Themen zur Chemie und Physik im NaTech-Unterricht gesehen, da es an qualifizierten Lehrpersonen mangelt. Die sechs Empfehlungen zielen darauf ab, mehr Lehrpersonen für den Unterricht in Themen der Physik und Chemie zu qualifizieren. Den grössten Handlungsbedarf, aber auch die grössten Chancen auf eine schnelle Verbesserung sehen wir in der Primarschule. Wenn es gelänge, in den kommenden Jahren in dieser Schulstufe die Fundamente für ein besseres Verständnis in den Fächern Physik und Chemie zu legen, könnte der in den oberen Schulstufen erteilte Unterricht besser seine Wirkung entfalten. Vor diesem Hintergrund ist Empfehlung 1, die auf eine solche Weiterbildung abzielt, unsere wichtigste Empfehlung überhaupt. Wichtig ist uns auch zu betonen, dass sich die Aktivitäten der Bildungsdirektion zunächst stärker auf die Primarschule als auf den Kindergarten konzentrieren sollten. Wir sehen Ansatzpunkte, wie man bereits im Kindergarten das naturwissenschaftliche Verständnis fördern könnte, sehen aber gleichzeitig noch grossen methodischen Entwicklungsbedarf, wie in Empfehlung 2 zum Ausdruck kommt. Wichtig ist es, das Lernpotenzial jüngerer Kinder nicht zu überschätzen, was derzeit in einigen Kindergartenprogrammen geschieht.

4.1.1 Empfehlung 1: Anreize zur Weiterbildung von Lehrpersonen

Es sollen Anreize geschaffen werden, um Weiterbildungen für Lehrpersonen im Bereich der NaTech-Fächer attraktiv zu machen.

Begründung der Empfehlung 1

Der NaTech-Unterricht beziehungsweise die chemischen und physikalischen Anteile spielen in den Stufen der obligatorischen Schulzeit fast immer eine Nebenrolle und sind nicht nur von der Stundendotation her, sondern auch in inhaltlicher sowie didaktischer Hinsicht optimierbar. Entscheidend ist, dass auch Lehrpersonen, die über keine ausreichende fachliche und fachdidaktische Ausbildung im Bereich der Naturwissenschaften verfügen, befähigt werden, einen fachlich und didaktisch qualitativ guten NaTech-Unterricht zu erteilen.

Für viele Bereiche existieren bereits ausgearbeitete Unterrichtsmodelle, die einen stufengerechten NaTech-Unterricht auch in der Primarschule und zum Teil im Kindergarten ermöglichen. Um diese Unterrichtsmodelle kompetent in ihrem Unterricht einsetzen zu können, müssen Lehrpersonen sie in einer Weiterbildung kennen lernen. Daher sollen Anreize geschaffen werden, damit Lehrpersonen vermehrt an Weiterbildungen zu naturwissenschaftlich-technischen Themen teilnehmen.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 1

Eine Möglichkeit für Anreize wäre zum Beispiel, dass jede Schule Gutscheine speziell für NaTech-Weiterbildungen bekommt, die eingelöst werden können oder eben verfallen. Langfristig wäre denkbar, dass jede Schule verpflichtet wird, zu verschiedenen, von der Bildungspolitik vorgegebenen Themen wie „Naturwissenschaftlich-technischer Unterricht“, „Gesundheitsförderung“, „Integration“ oder „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ je zwei „Spezialist/-innen“ stetig weiterzubilden. Diese könnten dann an der Schule eine Multiplikatorenfunktion einnehmen. Bei der Entscheidung, in welchem Bereich sich die Schule zuerst beziehungsweise vermehrt engagieren möchte und welche Lehrpersonen dafür speziell weitergebildet werden sollen, sollten die Schulleitungen eine zentrale Rolle spielen. Speziell für den NaTech-Bereich könnten neben dem Einbringen neuer, fachdidaktisch abgesicherter Einheiten und der Schulung der Kolleginnen und Kollegen der Aufbau und die Pflege einer guten Naturwissenschaftssammlung zu den Aufgaben der NaTech-Spezialist/-innen gehören. Auch für die Übernahme dieser Aufgaben müssten Anreize an den Schulen geschaffen werden.

Für die Schulen hätte diese Empfehlung die Konsequenz, dass sie zwar zunächst Zeit in die Weiterbildung investieren müssten, dann aber über besser ausgebildete NaTech-Lehrpersonen und besser ausgestattete NaTech-Sammlungen verfügen würden. Dies käme nicht zuletzt den Schülerinnen und Schülern zugute. Den Schulleitungen würde die Verantwortung für die Entwicklung ihrer Schule zum Beispiel im Bereich Naturwissenschaft und Technik übertragen. Die Lehrpersonen hätten die Möglichkeit, sich zu spezialisieren und so zu einer Qualitätssteigerung des naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts an ihrer Schule beizutragen. Gleichzeitig wären die Weiterbildungsinstitutionen aufgefordert, qualitativ hochwertige Weiterbildungen anzubieten.

Für die politischen Entscheidungsträger würde die Umsetzung der Empfehlung zunächst bedeuten, dass sie einen Modellversuch gutheissen sowie finanziell und ideell unterstützen. Langfristig wäre eine Verpflichtung für entsprechende Spezialistinnen und Spezialisten an

allen Schulen auszusprechen. Die entsprechende Umsetzung in den Schulen – zunächst an solchen, die sich freiwillig dafür zur Verfügung stellen – sollte begleitend auf ihre Wirksamkeit hin evaluiert werden.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 1

Wir erachten die Umsetzung dieser Empfehlung als dringlich, die Massnahmen für ihre Umsetzung sollten kurz- bis mittelfristig in die Wege geleitet werden (innerhalb eines Jahres). Langfristig müsste ein Konzept ausgearbeitet werden, wie man eine flächendeckende Umsetzung realisieren könnte.

4.1.2 Empfehlung 2: Entwicklung von geeigneten Unterrichtsmaterialien

Für die obligatorische Schulzeit – insbesondere für die ersten beiden Zyklen²¹ – sollen geeignete Unterrichtsmaterialien zusammengestellt beziehungsweise entwickelt werden.

Begründung der Empfehlung 2

Gerade Lehrpersonen, die nicht optimal für einen NaTech-Unterricht vorbereitet sind, wünschen sich Materialien für den Unterricht. Für viele Bereiche existieren bereits ausgearbeitete Unterrichtsmodelle, die einen stufengerechten NaTech-Unterricht auch in der Vorschul- und Primarstufe gewährleisten, leider sind diese zu wenig bekannt.

Es wäre eine gute Unterstützung für den NaTech-Unterricht der ersten beiden Zyklen, wenn auch dafür Materialien zusammengestellt beziehungsweise entwickelt würden. Idealerweise sollte die Entwicklung in Zusammenarbeit zwischen Lehrpersonen der Zielstufen und Fachpersonen der Fachdidaktik geschehen.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 2

Konkret würde das heissen, dass Teams aus Lehrpersonen des ersten und zweiten Zyklus mit der Unterstützung von Fachpersonen der Naturwissenschaftsdidaktik (fächerübergreifende) Unterrichtseinheiten entwickeln mit dem Ziel, dass diese Einheiten flächendeckend von vielen Lehrpersonen eingesetzt werden. Für deren Weiterbildung müsste dann wiederum Empfehlung 1 greifen. Für die zu entwickelnden NaTech-Unterrichtseinheiten ist auch hier wichtig, dass diese an die Erfahrungen der Kinder anknüpfen und in Kontexte ihrer Lebenswelt eingebunden sind. Hilfreich ist es, wenn der Ausgangspunkt eine für die Kinder relevante Frage wie zum Beispiel „Warum schwimmt ein Schiff?“ ist und im Rahmen der Einheit auch die konkrete technische Umsetzung realisiert wird (z. B. das Bauen von Schiffen mit vorgegebenen Materialien, so dass sie möglichst viel Ballast laden können, ohne unterzugehen).

Zur Umsetzung dieser Empfehlung müssten zunächst Lehrpersonen der Zielstufen freigestellt sowie Fachpersonen aus den Naturwissenschaftsdidaktiken engagiert werden, um die Einheiten zu entwickeln. Die beteiligten Lehrpersonen würden von der Expertise der anderen Involvierten profitieren, was sich wiederum positiv auf ihren Unterricht und die Entwicklung ihrer Schule im naturwissenschaftlich-technischen Bereich auswirken würde. Dies käme nicht zuletzt auch wieder den Schülerinnen und Schülern zugute.

²¹ Zyklus1: 4-8-jährige Schülerinnen und Schüler; Zyklus 2: 8-12-jährige Schülerinnen und Schüler.

Für die politischen Entscheidungsträger würde die Umsetzung der Empfehlung bedeuten, dass sie zunächst die Entwicklung der Unterrichtseinheiten finanziell und ideell unterstützen und später für einen vermehrten Einsatz werben. Die Entwicklung und der Einsatz der fächerübergreifenden Einheiten könnte begleitend evaluiert werden.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 2

Wir erachten die Umsetzung dieser Empfehlung als dringlich, die Massnahmen für ihre Umsetzung sollten kurz- bis mittelfristig in die Wege geleitet werden. Langfristig müsste beraten werden, wie man einen flächendeckenden Einsatz der entwickelten Unterrichtseinheiten realisieren könnte.

4.1.3 Empfehlung 3: Beteiligung an neuen Lehrmitteln zum Lehrplan 21

Der Kanton Zürich sollte sicherstellen, dass passend zu den Inhalten des Lehrplans 21 aktuelle naturwissenschaftlich-technische Lehrmittel zur Verfügung stehen und diese obligatorisch werden.

Begründung der Empfehlung 3

Die Befragung von Expertinnen und Experten sowie die Bestandeserhebung im Kanton Zürich haben gezeigt, dass die Lehrmittel zum Teil veraltet und didaktisch nicht gut aufbereitet sind und dass sie zum Teil kaum noch benutzt werden. Dagegen ist es gerade für Lehrpersonen, die sich fachlich und fachdidaktisch nicht sicher fühlen, sehr wichtig, dass sie Lehrmittel zur Verfügung haben, die nicht nur fachdidaktische und lernpsychologische Erkenntnisse berücksichtigen, sondern sie in ihrer Arbeit optimal unterstützen. Dazu gehört zum Beispiel, dass es einen Lehrerteil mit Lösungen und didaktischem Kommentar, Vorschläge für Arbeitsblätter und klare Angaben zum Schwierigkeitsgrad gibt. Wenig hilfreich sind hingegen zu viele Informationen ohne Veranschaulichungen und ohne Vorschläge, wie man das Expertenwissen in schülergerechten Stoff umsetzen kann.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 3

Solche Lehrmittel existieren im Moment nicht für alle Stufen und müssen entwickelt werden – sinnvollerweise passend zum Lehrplan 21. Um nicht auf wenig passende oder qualitativ nicht hochwertige Lehrmittel zurückgreifen zu müssen, sollte dem Kanton daran gelegen sein, aktiv an der Entwicklung neuer Lehrmittel beteiligt zu sein – zum Beispiel über den kantonalen Lehrmittelverlag. Zudem ist zu überlegen, ob der Begriff „obligatorische Lehrmittel“ im Kanton Zürich für den naturwissenschaftlich-technischen Bereich nicht auf konkrete Experimentiermaterialien ausgeweitet werden sollte.

Die Konsequenzen dieser Empfehlung betreffen vor allem den kantonalen Lehrmittelverlag (auch im Verbund mit anderen Verlagen) sowie die Fachpersonen (im Wesentlichen Naturwissenschaftsdidaktiker/-innen und Lehrpersonen), die an der Entwicklung beteiligt wären; die Ressourcen dafür müssten zur Verfügung gestellt werden.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 3

Die Umsetzung dieser Empfehlung ist äusserst dringlich, da in anderen Kantonen bereits Bemühungen zur Erstellung neuer Lehrmittel unternommen werden.

4.1.4 Empfehlung 4: Themen-Empfehlungen für Lehrpersonen

Es sollen konkrete Empfehlungen für Lehrpersonen ausgesprochen werden, welche anderen Themen in „Mensch und Umwelt“ zu Gunsten von naturwissenschaftlich-technischen Inhalten weggelassen werden können.

Begründung der Empfehlung 4

Die Zahl der möglichen Inhalte im Fach „Mensch und Umwelt“ auf der Primarstufe ist sehr gross. Darunter sind viele traditionelle Themen, die „schon immer in der Primarstufe gemacht wurden“ (Kapitel 5.1). Dies ist eine zusätzliche Hürde für Primarschullehrpersonen, mehr naturwissenschaftlich-technische Themen in ihren „Mensch und Umwelt“-Unterricht einzubringen. Wenn nun von Seiten der Bildungsbehörden Vorschläge gemacht würden, was gegebenenfalls auch weggelassen werden könnte, hätten Lehrpersonen, die NaTech-Inhalte auf Kosten anderer Themen integrieren, bessere Argumentationsmöglichkeiten gegenüber eventuellen Widerständen von Seiten der Eltern oder der Schulleitung.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 4

Die Umsetzung dieser Empfehlung wäre vergleichsweise günstig zu realisieren. Es müsste „lediglich“ eine Kommission eingesetzt werden, welche Themen vorschlägt, die nicht mehr verpflichtend im „Mensch und Umwelt“-Unterricht zu behandeln sind. Gleichzeitig müssten konkrete naturwissenschaftlich-technische Themen vorgeschlagen werden. Dies würde direkt mit den Empfehlungen 1 und 2 zusammenhängen. Diese Empfehlungen würden für Primarlehrpersonen eine grosse Entlastung darstellen, wie bei der Expertentagung am 27. 02. 2009 deutlich wurde.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 4

Wir erachten die Umsetzung dieser Empfehlung als dringlich und sehr schnell realisierbar. Sie sollte kurzfristig in die Wege geleitet werden – quasi als Übergangslösung, bis der Lehrplan 21 in Kraft tritt.

4.1.5 Empfehlung 5: Erhöhung des NaTech-Anteils in der Ausbildung

Der naturwissenschaftlich-technische Anteil in der Ausbildung zur Vorschul-, Primar- und Sekundarstufenlehrperson soll erhöht werden.

Begründung der Empfehlung 5

Um zu vermeiden, dass der NaTech-Unterricht beziehungsweise die chemischen und physikalischen Anteile in der obligatorischen Schulzeit weiterhin eine Nebenrolle spielen (Kapitel 4.1 und 5.1), und um zu erreichen, dass flächendeckend fachlich und fachdidaktisch guter NaTech-Unterricht gegeben wird, muss die Stundendotation im Rahmen der Ausbildung deutlich erhöht werden – schliesslich bildet die PH Zürich bezüglich der NaTech-Ausbildungsanteile national wie international das Schlusslicht (Kapitel 4.1). Es ist also kein Wunder, dass sich Zürcher Lehrpersonen schlecht ausgebildet fühlen und entsprechend wenig naturwissenschaftlich-technische Anteile unterrichten (Kapitel 5.1).

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 5

Uns ist durchaus bewusst, dass die Bildungsdirektion keinen direkten Einfluss auf die Gestaltung der Ausbildung an den Hochschulen ausüben kann. Jedoch könnte es langfristig ein Umdenken – weg von der stark pädagogisch und allgemeindidaktisch geprägten Ausbildung hin zu einer Ausbildung mit mehr Akzenten auf der Fachlichkeit und vor allem der Fachdidaktik – unterstützen, wenn diese Forderung nicht nur von Seiten der Expertinnen und Experten aus den Fachdidaktiken, sondern auch von Seiten der Bildungspolitik an die Hochschulen – vor allem die Pädagogische Hochschule Zürich – herangetragen würde. Dies gilt insbesondere für den Bereich der Naturwissenschaften und der Technik, da dieser Fächerverbund, welcher aus immerhin vier Einzeldisziplinen besteht, von der Stundendotation her wie ein Fach behandelt wird.

Diese Empfehlung hätte vor allem die Konsequenz, dass es an den Züricher Schulen der obligatorischen Stufen fachlich und fachdidaktisch besser ausgebildete Lehrpersonen gäbe.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 5

Wir erachten die Umsetzung dieser Empfehlung eigentlich als dringlich, eine rasche Umsetzung wird jedoch wahrscheinlich schwierig werden. Dieses Anliegen sollte dennoch nicht aus den Augen verloren werden – gemäss dem Motto: „Steter Tropfen höhlt den Stein“.

4.1.6 Empfehlung 6: Fachbachelor als möglicher Zugang zum Sek I-Master

Der Fachbachelor in einer Naturwissenschaft soll ein möglicher Zugang zum Sekundarlehrpersonen-Master werden.

Begründung der Empfehlung 6

Der Mangel an (vor allem im Bereich der Chemie und Physik) fachlich und fachdidaktisch gut ausgebildeten Lehrpersonen an den Zürcher Sekundarschulen ist offensichtlich. Das liegt unter anderem daran, dass sich Studierende, welche sich für ein Studium zur Sekundarlehrperson entscheiden, nicht in erster Linie für Chemie oder Physik interessieren. Hingegen müssten Studierende, welche sich in erster Linie für die Vermittlung von Naturwissenschaften an Jugendliche interessieren, noch drei weitere Fächer studieren, um an der Pädagogischen Hochschule Zürich einen Abschluss als Sekundarlehrperson zu erhalten. Dadurch gehen möglicherweise qualifizierte Lehrpersonen verloren. Eine Möglichkeit, dem entgegenzuwirken, wäre, Studierenden mit ausgeprägtem Vorwissen in den Naturwissenschaften einen Abschluss zur Sekundarlehrperson mit zwei Fächern zu ermöglichen.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 6

Konkret würde das bedeuten, dass Studierenden mit einem (Uni- oder ETH-)Bachelor in einer der Naturwissenschaften ermöglicht würde, einen Sekundarlehrperson-Master an der PHZH zu machen, um dann als Fachlehrperson an der Sekundarstufe zu unterrichten. Das heisst, die Personen müssten an der Pädagogischen Hochschule nicht alle vier Fächer studieren, sondern vielleicht nur „Mathematik“ und „Natur und Technik“, und könnten dann als Fachlehrpersonen mit vollem Lohn an einer Sekundarschule angestellt werden. Dies würde dem Mangel an fachlich und fachdidaktisch gut ausgebildeten NaTech-Lehrpersonen an Züricher Sekundarschulen entgegenwirken.

Auch in Bezug auf diesen Punkt ist uns durchaus bewusst, dass die Bildungsdirektion keinen direkten Einfluss auf die Gestaltung der Ausbildung an den Hochschulen ausüben kann. Jedoch sehen wir auch hier die Möglichkeit des indirekten Einflusses durch die politischen Entscheidungsträger.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 6

Die Diskussion dieser Empfehlung in Gang zu bringen, sehen wir als dringlich an, die Umsetzung wird sicher erst mittel- bis langfristig möglich sein.

4.2 Empfehlungen zur Schnittstellenproblematik in den Schuljahren 7 und 8: Angleichung von Untergymnasium und der Sekundarstufe I

Die Schuljahre 7 und 8 werden im Kanton Zürich entweder in der Sekundarschule I einer Volksschule verbracht oder im Untergymnasium eines Langzeitgymnasiums, wo traditionell sprachliche Fächer im Mittelpunkt stehen. Unabhängig davon, welchen Schultyp die Kinder besuchen, gibt es kein klares Konzept für den naturwissenschaftlichen Unterricht in diesen Klassenstufen. Das heisst, der für die psychologische Entwicklung wichtige Altersabschnitt, in dem der Grundstein für die Interessensentwicklung gelegt wird, wird derzeit im Kanton Zürich nicht optimal für die Ausbildung von Kompetenzen im NaTech-Bereich genutzt. Hier müssen speziell auf die heterogene Schulsituation im Kanton Zürich zugeschnittene Lösungen gefunden werden. Da auch an Gymnasien qualifizierte Lehrpersonen in Chemie und Physik fehlen, würde eine Forderung nach mehr Stunden in Physik und Chemie im Untergymnasium ihre Wirkung verfehlen. Zudem bleibt das Problem, dass Schülerinnen und Schüler, die von der Sekundarstufe I auf das Kurzzeitgymnasium wechseln, meist kaum in den Inhalten der Physik und Chemie unterrichtet wurden. In unseren Empfehlungen zielen wir deshalb auf eine stärkere Zusammenarbeit zwischen Sekundarstufe I und Untergymnasium ab und schlagen auch für das Untergymnasium fächerübergreifenden Unterricht vor.

4.2.1 Empfehlung 7: Entwicklung und Einsatz von fächerübergreifenden Unterrichtseinheiten

Von Teams aus Sekundar- und Gymnasiallehrpersonen sollen fächerübergreifende NaTech-Unterrichtseinheiten für die Sekundarstufe I und das Untergymnasium entwickelt werden, welche dann flächendeckend eingesetzt werden können.

Begründung der Empfehlung 7

Während im Gymnasium die naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik als einzelne Fächer von Fachlehrpersonen unterrichtet werden, erfolgt der Unterricht auf der Sekundarschulstufe I integriert. Da Sekundarlehrpersonen im Kanton Zürich zwar das Fach „Natur und Technik“ studieren, sie aber nur in einer der Naturwissenschaften (meist Biologie) fachlich vertieft ausgebildet sind, werden auf der Sekundarstufe I hauptsächlich biologische Inhalte vermittelt. Es wäre eine Chance für die Naturwissenschaften, wenn fächerübergreifende naturwissenschaftliche Unterrichtseinheiten entwickelt und sowohl in der Sekundarstufe I als auch im Untergymnasium eingesetzt würden. Bei der Entwicklung sollen – neben den

Ergebnissen der fachdidaktischen Forschung – die fachliche Expertise von Gymnasiallehrpersonen und naturwissenschaftlich ausgebildeten Sekundarlehrpersonen mit Erfahrung im integrierten Unterrichten genutzt werden. Das Ziel wäre also nicht eine „Nachhilfe“ der Gymnasial- an die Sekundarlehrpersonen, sondern eine Zusammenarbeit auf gleicher Augenhöhe.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 7

Konkret würde das heissen, dass Teams aus Gymnasial- und Sekundarlehrpersonen mit der Unterstützung von Fachpersonen der Naturwissenschaftsdidaktik fächerübergreifende Unterrichtseinheiten entwickeln. Ziel ist es, diese Einheiten flächendeckend einzusetzen, wobei die unterrichtenden Lehrpersonen von den an der Entwicklung beteiligten Personen unterstützt werden. Für die zu entwickelnden NaTech-Unterrichtseinheiten ist zum einen wichtig, dass diese in die lebensweltlichen Kontexte der Jugendlichen eingebunden sind und so jeweils mit dem Thema verknüpfte Berufsfelder erschliessen. Zum anderen ist entscheidend, dass neben den naturwissenschaftlichen Inhalten vor allem auch Fertigkeiten des naturwissenschaftlichen Arbeitens erlernt beziehungsweise gefestigt werden. Dabei soll auch die Nutzung von Ressourcen und Angeboten aus Wissenschaft und Industrie im Sinne ausserschulischer Lehr- und Lernorte bereits systematisch eingeplant werden.

Zur Umsetzung dieser Empfehlung müssten zunächst von Seiten der Gymnasien und der Sekundarschulen Lehrpersonen für die Entwicklung der Unterrichtseinheiten freigestellt sowie Fachpersonen aus den Naturwissenschaftsdidaktiken engagiert werden. Die Bereitschaft zur Zusammenarbeit wurde bereits signalisiert. Die beteiligten Lehrpersonen würden von der Expertise der anderen Involvierten profitieren, was sich wiederum positiv auf ihren Unterricht und die Entwicklung ihrer Schule im naturwissenschaftlich-technischen Bereich auszahlen würde. Dies käme nicht zuletzt auch wieder den Schülerinnen und Schülern zugute.

Für die politischen Entscheidungsträger würde die Umsetzung der Empfehlung bedeuten, dass sie zunächst die Entwicklung der Unterrichtseinheiten finanziell und ideell unterstützen und später für einen vermehrten Einsatz werben. Die Entwicklung und der Einsatz der fächerübergreifenden Einheiten könnten begleitend evaluiert werden.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 7

Wir erachten die Umsetzung dieser Empfehlung als dringlich, die Massnahmen für ihre Umsetzung sollten kurz- bis mittelfristig in die Wege geleitet werden. Langfristig müsste beraten werden, wie man einen flächendeckenden Einsatz der entwickelten Unterrichtseinheiten realisieren könnte und ob dies sinnvoll wäre.

4.2.2 Empfehlung 8: Im Untergymnasium fächerübergreifenden Unterricht anbieten, der sich am Lehrplan 21 orientiert

Um Kontinuität und Anschlussfähigkeit der NaTech-Bildung im Untergymnasium zu gewährleisten, sollte ein fächerübergreifendes Unterrichtsangebot gemacht werden, das sich am Lehrplan 21 orientiert und in dem die gemeinsam von Lehrpersonen des Gymnasiums und der Sek I-Stufe entwickelten Unterrichtseinheiten (s. Empfehlung 6) umgesetzt werden.

Begründung der Empfehlung 8

Im Untergymnasium kommt dem naturwissenschaftlichen Unterricht eine eher untergeordnete Bedeutung zu. So wird in Chemie und Physik jeweils für ein halbes Jahr in zwei Wochenlektionen Fachunterricht erteilt, der nicht wirklich mit anderen Schulstufen abgestimmt ist und dessen Nachhaltigkeit optimiert werden könnte. Fächerübergreifender Unterricht, in dem auch die Gelegenheit besteht, Themen der Biologie und Geographie in einen zeitgemässen naturwissenschaftlichen Bezug zu stellen, könnte sich positiv auf die Interessensentwicklung und Lernmotivation auswirken. Dies wird umso mehr der Fall sein, als Schülerinnen und Schüler des Untergymnasiums in einem Alter sind, in dem eine eigenständige Interessensentwicklung voranschreitet. Die Inhalte sollen eine Brücke bilden zwischen dem phänomenorientierten Unterricht in der Primarschule und dem fachspezifischen Unterricht in den späteren Jahren am Gymnasium. Der fächerübergreifende Unterricht könnte von Lehrpersonen aus der Biologie und der Geographie erteilt werden, wenn sichergestellt ist, dass die Inhalte aus der Chemie und der Physik adäquat vermittelt werden. Vor dem Hintergrund des Lehrpersonenmangels in diesen Fächern würde das eine Entlastung bedeuten.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 8

Diese Empfehlung ist eng an die Empfehlung 3 gebunden und bedeutet eine Fortführung der Arbeit in den dort vorgeschlagenen Teams. Der Bildungsdirektion käme die Aufgabe zu, für die Akzeptanz der Empfehlung an den Gymnasien zu sorgen und eventuell eine Veränderung der rechtlichen Grundlagen anzustossen. Im Gegensatz zu den Lehrpersonen für Geographie und Biologie stehen Lehrpersonen in Physik und Chemie fächerübergreifendem Unterricht im Gymnasium sehr skeptisch gegenüber. Für die Lehrpersonen aus diesen Fächern muss ersichtlich werden, dass ein fächerübergreifender Unterricht im Untergymnasium den Zugang zu den spezifischen chemischen und physikalischen Inhalten in den höheren Jahrgangsstufen erleichtert.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 8

Mit der Umsetzung der Empfehlung sollte parallel zu der Umsetzung der Empfehlungen 2 und 3 begonnen werden.

4.2.3 Empfehlung 9: Naturwissenschaftlicher Schwerpunkt im Untergymnasium

Langzeitgymnasien sollten die Chance erhalten, mit einem naturwissenschaftlichen Schwerpunkt zu beginnen. Kurzzeitgymnasien sollten die Chance erhalten, Langzeitgymnasien mit einem naturwissenschaftlichen Schwerpunkt zu werden.

Begründung der Empfehlung 9

Derzeit kann man sich im Kanton Zürich erst in den letzten vier Jahren vor der Matura auf Naturwissenschaften spezialisieren. Dass die sprachlichen Fächer auf dem Langzeitgymnasium zumindest in den ersten Jahren dominieren, wird immer häufiger kritisiert. Schülerinnen und Schüler, deren Interessen und Begabungen schon früh in eine eher mathematisch-naturwissenschaftliche Richtung gehen, werden nicht (optimal) gefördert. Dafür sprechen auch die Befunde von Benbow und Lubinski (Kapitel 3.6), wonach Schülerinnen und Schüler mit einem ausgeprägten räumlich-visuellen Begabungsprofil ihre Ressourcen durch frühe Lernangebote im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich besser nutzen konnten.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 9

Bereits bestehenden Langzeitgymnasien sollte die Chance gegeben werden, von Anfang an einen naturwissenschaftlichen Schwerpunkt zu bilden. Andererseits sollten Kurzzeitgymnasien mit einem naturwissenschaftlichen Schwerpunkt die Möglichkeit bekommen, sich in ein Langzeitgymnasium zu verwandeln. Die Bildungsdirektion könnte die Trägerhochschulen des ZHSF zur Unterstützung ausgewählter Modellschulen heranziehen. Das MINT-Lernzentrum und das Life-Science-Learning-Center (LSLC) verpflichten sich, eigens für die Langzeitgymnasien im Bereich der „Naturwissenschaften“ Lerngelegenheiten bereitzustellen.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 9

Mit einer interessierten Schule (am besten einem etablierten Langzeitgymnasium) könnte zeitnah mit der Einrichtung einer Naturwissenschaftsklasse in der Jahrgangsstufe 7 begonnen werden. In Abhängigkeit des Erfolgs und der Machbarkeit dieses Pilotprojektes könnten andere Klassen und Schulen einbezogen werden.

4.3 Empfehlungen zum NaTech-Unterricht in der Sekundarstufe II (Gymnasium)

Am Gymnasium stellt sich die Situation des NaTech-Unterrichtes vielfach positiver dar als in den unteren Schulstufen. Die Lehrpersonen sind fachwissenschaftlich sehr gut ausgebildet und sie sind mit der Ausstattung ihrer Schulhäuser für die Durchführung von Experimenten zufrieden. Zudem wird von den Lehrpersonen positiv erlebt, dass ihre Planung und Gestaltung des Unterrichts kaum reglementiert werden, weshalb es ausreichend Spielraum für die Erprobung innovativer Vorgehensweisen gibt. Halten Lehrpersonen beispielsweise einen zeitweilig nach Geschlechtern getrennten Unterricht für sinnvoll, können sie dies schulintern regeln, ohne dass es behördlicher Regelungen bedarf. Solche Freiheiten werden von allen Lehrpersonen geschätzt und sollten auch in Zukunft aufrechterhalten werden.

Auch für das Gymnasium zielen die meisten unserer Empfehlungen auf Weiterbildungsmaßnahmen ab, die sich nachhaltig auf den Unterricht auswirken. Hier sehen wir grossen Handlungsbedarf: Das gegenwärtige durch fachwissenschaftliche und pädagogische Kurse dominierte Weiterbildungsangebot sollte stärker auf längerfristig angelegte unterrichtsbegleitende Weiterbildungsmöglichkeiten ausgerichtet werden, bei denen die Lehrpersonen an der Wahrnehmung von und dem Umgang mit Lern- und Verständnisschwierigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler arbeiten. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollten möglichst schnell weiteren Lehrpersonen zur Verfügung gestellt werden. Der Vorteil von unterrichtsbegleitenden Weiterbildungsmaßnahmen besteht auch darin, dass kein schwer zu substituierender Unterricht ausfallen muss. Eine Trennung von Weiterbildung und Unterrichtsentwicklung ist mit dem modernen Professionsverständnis von Lehrpersonen nicht länger vereinbar.

Bei den folgenden Empfehlungen wurde auch berücksichtigt, dass sich die Situation für die vier naturwissenschaftlichen Fächer unterschiedlich darstellt. So sind für Biologie eher günstige Rahmenbedingungen gegeben: Das Fach ist bei den Schülerinnen und Schülern recht beliebt, es wird über die gesamte Schulzeit hinweg angeboten, und es stehen qualifizierte Lehrpersonen in ausreichender Zahl zur Verfügung. Die EVAMAR-Studie zeigt, dass es den Gymnasien im Kanton Zürich schweizweit überdurchschnittlich gut gelingt, Kompetenzen im Fach Biologie zu vermitteln. Ähnlich sieht es für die Geographie aus. Deutlich anders ist die

Situation in den Fächern Chemie und Physik. Diese Fächer sind unter Schülerinnen und Schülern traditionell eher unbeliebt, weil sie als besonders schwer gelten. Dieses Urteil wird durch die Realität gestützt: In beiden Fächern muss vergleichsweise viel Stoff in wenig Unterrichtszeit untergebracht werden. Der Bezug naturwissenschaftlicher Konzepte zum Alltag – wie zum Beispiel bei der Anwendung in der Technik – wird nicht deutlich. Da die Ausbildung der Lehrpersonen in Physik und Chemie im Kanton Zürich im Verantwortungsbereich der ETH liegt, fühlt sich diese Trägerhochschule des ZHSF für eine Verbesserung der schulischen Lernsituation verantwortlich. Das grösste Problem für die Fächer Chemie und Physik stellt aber der Mangel an qualifizierten Lehrpersonen dar. Dieses Problem wird sich nicht kurzfristig lösen lassen, aber es erfordert sofortige Massnahmen.

4.3.1 Empfehlung 10: *Science for all* im Unterricht und ergänzende ausserschulische Angebote für besonders Interessierte

Lehrpersonen sollten darin ermutigt werden, ihren gesamten Unterricht – auch im Grundlagenfach der gymnasialen Oberstufe – auf eine Allgemeinbildung auszurichten. Sie sollen ihre Aufgabe nicht darin sehen, Elemente eines naturwissenschaftlichen und technischen Studiums vorwegzunehmen. Damit dies guten Gewissens geschehen kann, sollte besonders interessierten und leistungsbereiten Jugendlichen der Zugang zu ausserschulischen Lerngelegenheiten erleichtert werden, in denen sie bestimmte Interessen vertiefen können.

Begründung der Empfehlung 10

Es muss das vordringliche Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts sein, den Lernenden eine naturwissenschaftliche Bildung zu vermitteln, welche die grundlegenden Erklärungen zur materialen Welt aufnimmt, die die Naturwissenschaften zu bieten haben. Zugleich muss vermittelt werden, *wie* die Naturwissenschaften arbeiten, um zu diesen Erklärungen zu kommen. Alle Lernenden, auch die zukünftigen Studierenden der Bereiche Naturwissenschaften und Technik, sollten zu einer kritisch-konstruktiven Haltung gegenüber Wissenschaft und Technik erzogen werden. Bürgerinnen und Bürger der Zukunft sollen verstehen, was Wissenschaft und Technik für sie selbst und für die Gesellschaft zur Lösung von Problemen beitragen können.

Allerdings sollten besonders interessierte und leistungsbereite Jugendliche darin unterstützt werden, Lerngelegenheiten zu nutzen, in denen sie über den Schulunterricht hinaus Spezialkenntnisse erwerben können.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 10

Im Kanton Zürich gibt es von Seiten der Hochschulen, aber auch von Firmen zahlreiche Möglichkeiten, die besser bekannt gemacht werden sollten. Auf diese Weise könnte eine fruchtbare Koexistenz zwischen allgemeinbildendem Unterricht und spezieller Förderung hergestellt werden und die Lehrpersonen könnten sich auf ihren Kernbereich der Allgemeinbildung konzentrieren. Der finanzielle Beitrag der Bildungsdirektion würde sich auf die Etablierung einer Informationsstelle beschränken, welche die ausserschulischen Angebote sammelt und den Schulen kommuniziert. Für eine solche Stelle liesse sich möglicherweise auch ein privater Träger finden.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 10

Diese Empfehlung kann sofort umgesetzt werden, indem die Bildungsdirektion entscheidet, aus welchen Quellen die Informationsstelle finanziert werden soll.

4.3.2 Empfehlung 11: Weiterbildungsmaßnahmen für Lehrpersonen in Chemie und Physik im Umgang mit Lernschwierigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler

In den als schwierig geltenden Fächern Chemie und Physik sollten die Lehrpersonen gezielte, auf bestimmte Inhaltsbereiche abgestimmte nachhaltige Weiterbildungsangebote erhalten, in denen sie die Lernschwierigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler besser verstehen lernen und den Einsatz von Massnahmen zum Umgang mit diesen erproben.

Begründung der Empfehlung 11

In den Interviews mit den Lehrpersonen für Physik und Chemie wurde deutlich, dass die Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Kanton Zürich ähnlich gelagert sind, wie in der Forschungsliteratur beschrieben wird: Die wissenschaftlichen Konzepte werden häufig nur oberflächlich verstanden. Es können Definitionen wiedergegeben und Rechenregeln auf bekannte Aufgaben angewendet werden, aber sobald Transferleistungen gefordert werden, scheitern sie. Aufgrund der hohen fachwissenschaftlichen Anforderungen an Gymnasiallehrpersonen in der Schweiz ist deren Distanz zum Schülerwissen besonders gross. Es besteht die Gefahr, dass Lehrpersonen sich „hinter der Wagenburg ihres Fachwissens“ verschanzen und die meisten Schüler für undankbar oder unfähig halten. Die Lehrpersonen konzentrieren sich auf die wenigen Interessierten, die von sich aus viel mitbringen und darum wenig Förderung brauchen, wie Nicolas Lienert, Rektor am Realgymnasium Rämibühl, bei der Expertentagung am 27. 02. 2007 treffend bemerkte.

Lehrpersonen in Chemie und Physik müssen verstehen, dass auch für weit überdurchschnittlich intelligente Schülerinnen und Schüler der Stoff sehr schwierig ist und deshalb nicht nach einer einmaligen Erklärung – und sei sie auch noch so gut – verstanden werden kann. Die in der Lehr- und Lernforschung entwickelten Instrumente zur formativen Leistungsbeurteilung und zu kognitiv aktivierenden Lernformen können hier weiterhelfen und sollten zentraler Bestandteil unterrichtsbegleitender Weiterbildungsangebote sein.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 11

Lehrpersonen in Physik und Chemie sollten Gutscheine für eine Weiterbildung in formativer Leistungsbeurteilung und dem Einsatz kognitiv aktivierender Lernformen in einem von ihnen als besonders schwierig erlebten Unterrichtsgebiet erhalten. Die Weiterbildung würde sich über mehrere Monate erstrecken, da sie auf den aktuellen Unterricht zugeschnitten sein soll und diesen begleitet. Lehrpersonen, die ähnliche Inhaltsgebiete gewählt haben, würden in Kleingruppen (ca. 5 Personen) in der Weiterbildung zusammenarbeiten, die von einer Wissenschaftlerin oder einem Wissenschaftler aus der Fachdidaktik beziehungsweise der Lehr- und Lernforschung geleitet würde und von der Bildungsdirektion finanziert würde. Diese Person würde sich für einige Monate ausgiebig mit dem zu behandelnden Thema aus der Perspektive der Lernforschung befassen und beim Einsatz von Diagnoseinstrumenten und darauf abgestimmten pädagogischen Massnahmen beratend zur Seite stehen.

Die Anzahl der Lehrpersonen in Physik und in Chemie im Kanton Zürich ist überschaubar. Deshalb ist es nicht unrealistisch, dass in einem auf einige Jahre angelegten Programm der überwiegende Teil der Lehrpersonen bei einem solchen Programm mitmachen kann.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 11

Mit der Empfehlung kann sofort in kleinem Rahmen begonnen werden. Das Programm kann abgestimmt auf die Nachfrage und die zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Berater ausgedehnt werden.

4.3.3 Empfehlung 12: Entwicklung eines Massnahmenkatalogs zum Umgang mit dem Mangel an qualifizierten Lehrpersonen in Chemie und Physik

Der eklatante Mangel an qualifizierten Lehrpersonen in Chemie und Physik wird mittelfristig nicht zu beheben sein und erfordert deshalb die Entwicklung eines Massnahmenkatalogs zur Schadensbegrenzung.

Begründung der Empfehlung 12

Trotz der eigentlich guten Voraussetzungen für guten fachwissenschaftlichen Unterricht an Schweizer Gymnasien muss aufgrund des eklatanten Mangels an ausgebildeten Lehrpersonen in den Fächern Physik und Chemie die Qualität des Unterrichtes vielerorts infrage gestellt werden. Der Unterricht in diesen Fächern wird nicht selten gerade in unteren Klassen von Lehrpersonen erteilt, die weder ihre didaktische Ausbildung abgeschlossen haben noch Praxisexpertise mitbringen. Fast alle Studierenden im Studiengang „Lehrdiplom für Maturitätsschulen“ in den Fächern Physik, Chemie und Mathematik unterrichten bereits, fühlen sich aber häufig überfordert, wie sie den Dozierenden an den Hochschulen offen bekennen. Suboptimaler Unterricht ist die Folge – und damit auch die Gefahr, dass sich noch mehr Schülerinnen und Schüler von den naturwissenschaftlichen Fächern abwenden. Man wird sich auf diesen Mangel in den nächsten Jahren einstellen müssen und sollte einen Katalog an Massnahmen zur Schadensbegrenzung treffen.

Vorschläge zur Umsetzung von Empfehlung 12

Wir empfehlen ein Vorgehen in folgenden Schritten:

1) Bestandesaufnahme: Zunächst geht es um eine Erhebung der tatsächlichen Verhältnisse, das heisst darum herauszufinden, welches Ausmass der Lehrermangel in den Fächern Chemie und Physik an den Maturitätsschulen im Kanton Zürich erreicht hat, welche Qualifikationen die beschäftigten Lehrpersonen mitbringen und in welchen Klassen sie eingesetzt werden. Empfohlen wird, auch Informatik und Mathematik in diese Bestandesaufnahme mit einzubeziehen, da hier vergleichbare Probleme wie in Physik und Chemie zu erwarten sind. Allein die Tatsache, dass die neue EVAMAR-Studie dem Kanton Zürich zwar gute Leistungen in Biologie (wo es keinen eklatanten Mangel an qualifizierten Lehrpersonen gibt), aber schwache Leistungen in Mathematik bescheinigte, weist darauf hin, dass nicht in erforderlichem Masse qualifizierter Unterricht in diesem Fach angeboten werden kann. In der Bestandesaufnahme sollte auch in Erfahrung gebracht werden, welche Massnahmen zur Qualitätssicherung des von nicht ausgebildeten Lehrpersonen erteilten Unterrichtes derzeit vorgenommen werden und wo Schulleitungen Unterstützung wünschen.

2) Konzept ausarbeiten: Liegt die Bestandesaufnahme vor, sollte eine Arbeitsgruppe bestehend aus Vertretern der Mittelschulen, der Bildungsdirektion und den Universitäten ein Konzept erarbeiten, wie man die Qualifikation von didaktisch nicht oder zu wenig ausgebildeten Lehrpersonen erfassen und auch verbessern kann. Von Seiten der Universitäten kann die Entwicklung von Assessment- und Beratungsverfahren zur Qualitätssicherung von Unterricht angeboten werden für Lehrpersonen, die noch kein Lehrdiplom erworben haben.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 12

Mit der Umsetzung kann sofort begonnen werden. Der Aufwand für die Bestandesaufnahme ist gering, da lediglich die 20 Gymnasien im Kanton Zürich involviert sind. Die Arbeitsgruppe könnte in einigen Monaten ihre Arbeit aufnehmen.

4.3.4 Empfehlung 13: Entwicklung eines Massnahmenkataloges zur Steigerung der Attraktivität des Studiengangs „Lehrdiplom für Maturitätsschulen“

An der ETH Zürich und an der Universität Zürich sollte ein Katalog von Massnahmen entwickelt werden, der den Studiengang „Lehrdiplom für Maturitätsschulen“ in den naturwissenschaftlichen Fächern für Studierende attraktiver macht. Insbesondere in den Mangelfächern Chemie und Physik sollte schon während des Fachstudiums potenziellen Lehrpersonen Möglichkeiten geboten werden, sich auf das Lehren am Gymnasium vorzubereiten.

Begründung der Empfehlung 13

Seitdem im Herbst 2006 der neue Studiengang für ein *Lehrdiplom an Maturitätsschulen* an der ETH Zürich und der Universität Zürich eingeführt wurde, haben sich deutlich mehr Studierende für das Fach Sport als für die Fächer Physik, Chemie, Mathematik und Informatik eingeschrieben. Zumindest bis zum letzten Jahr waren die Chancen für Absolventen dieser Fächer ausserhalb von Schule und Universität sehr gut und die Verdienstmöglichkeiten waren ungleich besser als im Lehrberuf. Die Annahme, dass unter solchen Konditionen entweder Personen mit einer ganz besonderen Passion für den Lehrerberuf die Ausbildung wählen, oder aber solche, für die der Lehrerberuf eine Verlegenheitslösung ist, wird auch durch Eindrücke der Lehrenden gestützt. Es drängt sich also auf, bereits an der Hochschule Massnahmen zu treffen, um potenzielle Lehrpersonen gezielt zu fördern.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 13

In einem ersten Schritt sollte an der ETH Zürich und der Universität Zürich eine Bestandesaufnahme gemacht werden hinsichtlich der Anzahl der eingeschriebenen Studierenden in den NaTech-Fächern. Auch ihre Motivation, den Lehrberuf zu wählen, sollte erhoben werden. Bei dieser Bestandesaufnahme sollte die Akzeptanz folgender Vorschläge geprüft werden:

a) Studierenden mit deutlich überdurchschnittlichen Leistungen im Grundstudium wird ein Fast-Track-Studiengang für ein Lehrdiplom angeboten. Durch gezielte Studienberatung und spezielle Lehrveranstaltungen soll ausgewählten Studierenden ein schneller Abschluss ermöglicht werden und finanzielle Anreize gegeben werden, indem sie z. B. als Assistenten in fachdidaktischen Projekten mitarbeiten.

b) An der ETH Zürich wird geprüft, welche Möglichkeiten es gibt, Studierende, die an einem schnellen Abschluss interessiert sind, gezielt bei der Auswahl von Lehrveranstaltungen zu unterstützen. Ein erster Schritt in diese Richtung könnte an der ETH ein Angebot im Pflichtwahlfach sein. Mit Veranstaltungen zu Themen wie „So lernt der Mensch“ könnte bei Studierenden schon recht früh das Interesse an einer Lehrtätigkeit geweckt werden.

c) Vermeidung von Zielkonflikten bei Studierenden: Eine Promotion und die Absolvierung des Studiengangs „Lehrdiplom für Maturitätsschulen“ sind nur schwer miteinander vereinbar, weshalb man sich für eine der beiden Optionen entscheiden muss. Wegen der hohen Arbeitsbelastung im Lehrdiplom-Studiengang weigern sich viele Professoren, die Studierenden als Doktoranden anzustellen. An der ETH Zürich wird geprüft, ob Professoren, die Doktoranden einstellen, welche den Erwerb eines Lehrdiploms mit besonderem Interesse verfolgen, eine Bonuszahlung für ihren Personalfonds erhalten können.

d) Aus der Not eine Tugend machen: Nutzung der Lehrtätigkeit bei Studierenden. Die Tatsache, dass die meisten Studierenden bereits regulär an Schulen lehren, stellt für Schulen und Hochschulen eine Herausforderung dar, die produktiv genutzt werden sollte. Erfahrungen im Umgang mit dem Unterrichten können in Leistungsnachweisen für Lehrveranstaltungen eingebaut werden. Ausserdem sollten Regelungen gefunden werden, wie und in welchem Ausmass die eigene Unterrichtserfahrung als Praktikum angerechnet werden kann. Es ist wenig sinnvoll, Personen, die bereits seit mehreren Jahren unterrichten, bei den Praktika Studierenden gleichzustellen, die zum ersten Mal vor einer Klasse stehen. Die Regelungen der ETH Zürich und der Universität Zürich gehen hier auseinander. Im Rahmen des ZHSF wird zwischen UZH und ETH eine einheitliche Regelung getroffen, die den Studierenden unnötige Arbeit erspart.

e) Berufliche Abwechslung für Lehrpersonen anbieten: Auch passionierte Lehrpersonen haben zuweilen das Bedürfnis nach einer Unterbrechung der Unterrichtstätigkeit. Insbesondere wenn man an einem Kurzzeitgymnasium ein einziges Fach unterrichtet, kann der Beruf aufgrund der häufigen Wiederholungen eintönig werden. Vor dem Hintergrund der sehr intensiven Fachausbildung der Lehrpersonen ergäben sich an den Universitäten zumindest drei Optionen für eine Unterbrechung der Tätigkeit an der Schule: (i) bezahlte Mitarbeit in einem Forschungsprojekt am Fachdepartement; (ii) Mitarbeit in didaktischen Projekten; (iii) Übernahme von so genannten Brückenkursen, in denen Studierende Stoff nachholen können, den sie am Gymnasium entweder nicht durchgenommen oder nicht verstanden haben.

Nächster Schritt: An der ETH Zürich und der Universität Zürich werden Möglichkeiten geprüft, um Lehrpersonen vorübergehend Arbeitsmöglichkeiten zu bieten, bei denen sie sich auch weitere Anregungen für ihre Lehrtätigkeiten holen können.

Nach Abschluss der Bestandesaufnahme wird ein für die Hochschulen verbindlicher Massnahmenkatalog erstellt. Bei der Umsetzung dieser Empfehlung sind zunächst die Hochschulen gefragt, aber da einige Massnahmen sich auch auf den Schulalltag beziehen, sollte die Bildungsdirektion in die Diskussion involviert sein.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 13

An der ETH Zürich wird mit der Bestandesaufnahme im kommenden Herbstsemester begonnen und über das ZHSF soll diese auch auf die Universität Zürich ausgeweitet werden. Sobald ein Massnahmenkatalog entwickelt wurde, werden involvierte Institutionen einbezogen.

4.4 Empfehlungen für themenbezogene Schwerpunkte im NaTech-Unterricht

Die drei folgenden Empfehlungen zielen darauf ab, das besondere Potenzial im Kanton Zürich für eine Optimierung des NaTech-Unterrichtes auf allen Schulstufen zu nutzen. An allen drei Trägerhochschulen des ZHSF wird mit unterschiedlichen thematischen Ausrichtungen Forschung zum Lernen im NaTech-Bereich betrieben. So wurde von der UZH und der ETH vor einigen Jahren das *Life Science Learning Center* (LSLC) gegründet, welches Schülerinnen und Schülern aller Schulstufen Möglichkeiten zum forschenden Lernen im Bereich der Genetik bietet.²² Themen zur Umwelt und Gesundheit nehmen im IGB der UZH einen grossen Stellenwert ein. Das neu gegründete MINT-Lernzentrum²³ an der ETH arbeitet in Kooperation mit der PHZH und dem Technorama Winterthur daran, Themen zur Technik in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren. Wie Lehrpersonen des Kantons Zürich so in die Entwicklungsarbeit einbezogen werden können, dass möglichst zeitnah positive Auswirkungen auf den Unterricht zu erwarten sind, wird im Folgenden erörtert. Die ETH ist bereit, den von ihr finanzierten Bildungsserver EducETH für die Dokumentation von Unterrichtsmaterialien zur Verfügung zu stellen.

4.4.1 Empfehlung 14: Lehrpersonen dabei unterstützen, ausgewählte Themenbereiche auf *Inquiry-based Science Education* (IBSE) umzustellen

In allen NaTech-Fächern sollte es Weiterbildungsmassnahmen geben, welche es Lehrpersonen ermöglichen, lernwirksamen Unterricht zum forschenden Lernen im Sinne von „Inquiry-based Science Education“ anzubieten. Zudem sollten die Entwicklung und Dokumentation von Unterrichtsmaterial unterstützt werden, welches zukünftig die Durchführung von IBSE erleichtert.

Begründung der Empfehlung 14

Inquiry-based Science Education (IBSE) ist in der internationalen Naturwissenschaftsdidaktik zu einem Schlüsselwort des naturwissenschaftlichen Unterrichts geworden. Unter *inquiry* werden allgemein Zugänge zum naturwissenschaftlichen Unterricht verstanden, durch die die Schülerinnen und Schüler selbstständig naturwissenschaftliche Themen erforschen und sich in selbstgesteuertem Lernen naturwissenschaftliche Konzepte beziehungsweise Wissen aneignen können. Auf diese Weise kann auch die Entstehung von naturwissenschaftlichem Wissen besser nachvollzogen werden, was auch zu den Lernzielen des NaTech-Unterrichtes gehört. Dabei versucht IBSE einen Mittelweg zu finden zwischen einem rein nachvollziehenden Lernen einerseits, bei dem durch die Lehrperson Wissen auf die Schülerinnen und Schüler transferiert

²² Link: <http://www.lslc.ch>.

²³ Link: <http://www.educ.ethz.ch/mint>.

wird, und so genannt explorativem Vorgehen andererseits, bei dem die Lernenden völlig frei sind in der „Exploration“ des naturwissenschaftlichen Inhaltes. Bei letzterem besteht nachweislich die Gefahr, dass sehr viel Zeit mit wenig lernwirksamen Aktivitäten verbracht wird. Um dieser unerwünschten Tendenz entgegenzuwirken, müssen Arbeitsaufträge und Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler sehr sorgfältig auch unter Berücksichtigung von Methoden und Befunden der Lehr- und Lernforschung geplant werden.

Die Empfehlung ist nicht einseitig aus einer Defizit-Perspektive zu verstehen: Es geht nicht darum, in Zürich etwas nachzuholen, was anderenorts bereits gängige Praxis ist. Eine sinnvolle Ausrichtung des NaTech-Unterrichtes auf IBSE steckt noch in den Anfängen und angesichts der guten Sachausstattung der Gymnasien und der hohen fachlichen Qualifikation der Lehrpersonen kann in Zürich innovative Arbeit geleistet werden. Insbesondere von den Gymnasiallehrpersonen für Geographie und Biologie wurde die klare Bereitschaft signalisiert, fächerübergreifende Themen auch unter dem Aspekt des forschenden Lernens zu behandeln. Positive Auswirkungen auf die Kompetenzen in den Problemfächern Chemie und Physik können erwartet werden.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 14

Mit IBSE muss das Rad nicht völlig neu erfunden werden. In vielen Fällen wird es möglich sein, Themen, die bereits im Unterricht behandelt wurden, auf IBSE auszurichten. Es kann erwartet werden, dass sich Lehrpersonen aller Fächer und Schulstufen darin unterscheiden, wie gut sie auf die Durchführung von IBSE vorbereitet sind. Einige werden bereits positive Erfahrung gesammelt haben, die sie nutzbar machen können, während andere Unterstützung brauchen bei der Umstellung ihres Unterrichtes. Die Umstellung des Unterrichtes auf IBSE sollte zentral am LSLC koordiniert werden. Für die Umsetzung des Projektes müsste eine Projektleitung im LSLC im Umfang von ca. 30 Prozent von der Bildungsdirektion finanziert werden (ca. 50'000 CHF), die sowohl Koordinations- und Betreuungsaufgaben im LSLC als auch in den beteiligten Schulen übernimmt.

- Unterstützung von Lehrpersonen, die ihre Erfahrung mit IBSE für andere nutzbar machen können: Lehrpersonen, die bereits Unterrichtseinheiten zum forschenden Lernen entwickelt und erprobt haben, sollten die Gelegenheit erhalten, ihren Unterricht zu dokumentieren und weniger erfahrene Lehrpersonen bei der Durchführung des Unterrichtes zu beraten. Dafür werden sie teilweise vom Unterricht freigestellt. Die Dokumentationen des Unterrichtes können auf dem Bildungsserver EducETH veröffentlicht werden.
- Unterstützung von Teams aus Lehrpersonen, die Themen, welche sie bisher konventionell unterrichtet haben, auf IBSE umstellen möchten. Sie werden teilweise vom Unterricht freigestellt, wenn sie sich verpflichten, Material zu erstellen, das zukünftig Lehrpersonen die Durchführung von IBSE erleichtert.
- Finanzierung von wissenschaftlicher Beratung, um Lehrpersonen bei der Umstellung auf IBSE zu unterstützen, insbesondere beim Einsatz kognitiv aktivierender Lernformen.

Es wird empfohlen, bei der Umsetzung von IBSE mit dem Gymnasium zu beginnen, da alle Lehrpersonen aufgrund ihres fachwissenschaftlichen Hintergrundes einen Zugang zur Forschung haben, der ihnen den Einsatz von IBSE erleichtern sollte. Für die Umsetzung des Projektes müsste eine Projektleitung im LSLC im Umfang von ca. 30 Prozent eingesetzt werden,

die sowohl Koordinations- und Betreuungsaufgaben im LSLC als auch in den beteiligten Schulen übernimmt. Dafür ist mit Kosten von ca. Fr. 50'000.- zu rechnen. Eine Evaluation des Projektes würde sich auf ca. Fr. 20'000.- belaufen. In der Primar- und Sek-I-Stufe würden sich eher Inhalte der Biologie und Geographie anbieten, da die Lehrpersonen sich hier besser ausgebildet fühlen.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 14

Mit der Umsetzung dieser Empfehlung sollte sofort begonnen werden, indem Lehrpersonen ermutigt werden, ihren Unterricht vermehrt an IBSE zu orientieren.

4.4.2 Empfehlung 15: Re-Orientierung der Inhalte und Methoden im naturwissenschaftlichen Unterricht

Bestehende Lehrplan-Inhalte sollen zusammen mit Lehrpersonen in ihren Schulen exemplarisch unter den Aspekten Umwelt, Gesundheit und Nachhaltige Entwicklung re-orientiert und fachdidaktisch rekonstruiert werden. Bildungs- und Richtziele sowie Kompetenzmodelle, wie sie im Rahmen von HarmoS, des Modell-Lehrgangs Bildung für Nachhaltige Entwicklung (Publikation in Vorbereitung) und des geplanten Deutschschweizer Lehrplans mit dem Teil BNE⁺ entwickelt wurden beziehungsweise werden, sind zentral einzubeziehen.

Begründung der Empfehlung 15

Die Bemühungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf der Sekundarstufe II sollen nicht in erster Linie auf die Förderung von naturwissenschaftlich/technischem Nachwuchs ausgerichtet sein, sondern auf die Förderung der allgemeinen naturwissenschaftlichen Bildung bei allen Schülerinnen und Schülern (*science for all*). Das bedeutet insbesondere auch, dass der naturwissenschaftliche Unterricht mädchengerecht sein soll und dass er Umwelt- und Gesundheitsthemen als Türöffner nutzen soll. Alle Schülerinnen und Schüler, auch die zukünftigen Studierenden der Naturwissenschaften und Technik, sollten zu *critical consumers of scientific knowledge* erzogen werden. Bürgerinnen und Bürger der Zukunft sollen sich in sozio-wissenschaftlichen Fragestellungen (*socio-scientific issues*) zu orientieren wissen und so für sich und für die Gesellschaft zur Lösung von Problemen beitragen können. Umwelt- und Gesundheitsthemen sind in diesem Zusammenhang zentral und fördern die Motivation für den naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere auch bei Mädchen. Diese empirisch gesicherten Erkenntnisse werden auch durch unsere Interviews mit Lehrpersonen und Schülerinnen und Schülern betont und verstärkt.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen der Empfehlung 15

In vorerst vier oder fünf Gymnasien im Kanton Zürich könnte ein Team aus Lehrpersonen vor Ort mit Unterstützung von Fachpersonen der Naturwissenschaftsdidaktik in den schuleigenen Lehrplänen die exemplarischen Aspekte Umwelt, Gesundheit und Nachhaltige Entwicklung einer Re-Orientierung und fachdidaktischen Rekonstruktion unterziehen, unter Berücksichtigung der oben genannten Bildungs- und Richtziele und Kompetenzmodelle. So würden in begleiteten Pilotprojekten neue Lehrplaninhalte festgelegt, die den Unterricht in der Zukunft systematisch beeinflussen könnten.

Es ist sehr wichtig, dass die Lehrplaninhalte in einem *bottom up*-Prozess gemeinsam von Lehrpersonen und Fachdidaktikern festgelegt würden; dies ist entscheidend für die Akzeptanz und eine organische Implementation.

Die Pilotprojekte müssten von den politischen Entscheidungsträgern lanciert werden, ebenfalls der anschliessende Implementierungsauftrag für sämtliche Schulen. Die Schulleitungen müssten bereit sein, im Rahmen der allgemeinen Schulentwicklung solche Rekonstruktionsprozesse in der eigenen Schule zu fördern und die Lehrpersonen ebenfalls zu unterstützen. Die Lehrplanarbeiten müssten zudem mit den laufenden Projekten SOL und HSGYM verbunden werden.

Für die Durchführung der Re-Organisation der Lehrpläne müssten die beteiligten Lehrpersonen von anderen Pflichten entlastet werden können. Für diese Entlastung und die Koordination der Projekte ist mit einem Aufwand von ca. Fr. 50'000.- pro Schule zu rechnen.

Die Ergebnisse der Pilotprojekte könnten direkt in die Aus- und Weiterbildung naturwissenschaftlicher Lehrkräfte einbezogen werden. Für die notwendige wissenschaftliche Begleitung und Evaluation der Pilotprojekte ist von einem Aufwand von insgesamt ca. Fr. 80'000.- bei fünf beteiligten Schulen auszugehen.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung der Empfehlung 15

Die Empfehlung kann kurzfristig umgesetzt werden. Für die Planung und Lancierung der Pilotprojekte ist mit einer Vorlaufzeit von etwa einem Jahr zu rechnen; die Pilotprojekte sind in Jahresfrist durchführbar. Für die Auswertung ist schliesslich ein halbes Jahr zu veranschlagen.

4.4.3 Empfehlung 16: Entwicklung von Unterrichtsmaterial, welches Lehrpersonen bei der Behandlung von Themen zur Technik unterstützt

In Zusammenarbeit mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Zürcher Hochschulen sollten Lehrpersonen aller Schulstufen Material erarbeiten, welches Lehrpersonen darin unterstützt, mit Hilfe von Themen und Fragen zur Technik die Lernwirksamkeit ihres NaTech-Unterricht zu erhöhen.

Begründung der Empfehlung 16

In einer von technischen Einrichtungen geprägten Lebenswelt gehört ein grundlegendes Technikverständnis zur Allgemeinbildung und damit auch in den Schulunterricht. Darüber hinaus kann erwartet werden, dass insbesondere in den Fächern Chemie und Physik auf allen Schulstufen viele wissenschaftliche Begriffe und Gesetzmässigkeiten besser verständlich gemacht werden können, wenn sie an Funktionsweisen technischer Vorrichtungen erklärt werden. Technische Themen sollten nicht losgelöst von den übrigen Themenfeldern im NaTech-Unterricht behandelt, sondern in diese integriert werden.

Die Integration der Technik ist allerdings einfacher gesagt als getan. Auch wenn es im Internet und in anderen Medien unzählige Vorschläge gibt, wie man den Na-Tech-Unterricht durch die Behandlung technischer Themen interessanter machen könnte, und immer mehr Firmen und andere Einrichtungen Schülerinnen und Schülern Hands-on-Erfahrungen bieten, garantiert dies noch keine lernwirksamen Erfahrungen. Das Gegenteil könnte sogar der Fall sein, denn eine genaue Analyse solcher Angebote ist mehr als ernüchternd. Entweder wird in den Vorschlägen zu technischen Themen kein Bezug zu dem wissenschaftlichen Begriffsy-

stem hergestellt oder dieser Bezug ist falsch. Dass zudem Hands-on-Erfahrungen in neuen Umgebungen als kurzfristig interessant erlebt werden, aber nur selten in den Köpfen der Lernenden neue Erkenntnisse auslösen, ist vielfach belegt. Zu meinen, eine einzelne Lehrperson könne auf der Grundlage solcher Angebote einen lernwirksamen Unterricht gestalten, ist unrealistisch. Auch Gymnasiallehrpersonen sind nach eigener Auskunft in ihrem Fachstudium nicht so gut auf technische Themen vorbereitet, dass sie diese souverän im Unterricht umsetzen könnten. Die Schwerpunkte eines Studiums in Physik, Biologie und Chemie sind anders gelagert. Vor diesem Hintergrund muss noch grundlegende Entwicklungsarbeit geleistet werden, damit Themen der Technik auf lernwirksame Weise in den NaTech-Unterricht integriert werden können. Der Standort Zürich bringt allerdings gute Voraussetzungen mit, einen Beitrag zu dieser Entwicklungsarbeit zu leisten.

Vorschläge zur Umsetzung und mögliche Konsequenzen von Empfehlung 16

Die ETH Zürich hat – so wie sie ihren Auftrag versteht – grosses Interesse an einer Verbesserung der schulischen Allgemeinbildung in Bezug auf die Technik und ist bereit, Ressourcen zur Verfügung zu stellen. Dies wurde bereits mit der Gründung des MINT-Lernzentrums für die Schule signalisiert²⁴. Hier sollen Lehrpersonen aller Schulstufen zusammen mit Wissenschaftlern (Lernforscher, Fachdidaktiker, Fachwissenschaftler) Modelle für einen stärker technikorientierten Unterricht in Physik und Chemie entwickeln. Die Arbeit wurde bereits von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der ETH und PHZH aufgenommen. Eine schrittweise Umsetzung im Unterricht ist geplant und mittelfristig ist ein flächendeckender Einsatz vorgesehen, wenn Modelle der Weiterbildung entwickelt wurden. Die Bildungsdirektion kann die Arbeit unterstützen, indem sie Lehrpersonen freistellt, die an der Entwicklung und Umsetzung der Unterrichtsmodelle sowie bei Weiterbildungsmaßnahmen mitarbeiten.

Die ETH, die am Standort Zürich die Hauptverantwortung für die Ausbildung der zukünftigen Lehrpersonen in Physik und Chemie trägt, wird nach Möglichkeiten suchen, mehr Themen zur Technik in die Ausbildung zu integrieren. Der Teil „Fachwissenschaftliche Vertiefung mit pädagogischem Fokus“ des Studiengangs „Lehrdiplom für Maturitätsschulen“ bietet sich an, da hier das Ziel verfolgt wird, Fachinhalte nachzuholen, die im Studium zu kurz gekommen sind, aber für die Schule relevant sind. In Physik und Chemie sollen zukünftig vermehrt Veranstaltungen zu Themen der Technik angeboten werden, die auch als Weiterbildungsveranstaltungen besucht werden können.

Um das Technikverständnis auch in den Stufen der obligatorischen Schulzeit möglichst optimal zu fördern, muss eine bessere Verknüpfung der in „Mensch und Umwelt“ beziehungsweise „Natur und Technik“ und der im Fach „Technisches Gestalten“ behandelten Themen stattfinden. Eine von NaTech Education²⁵ initiierte Arbeitsgruppe arbeitet einen Vorschlag für ein entsprechendes Spiralcurriculum aus, welches dann möglichst bei der Erarbeitung der Inhalte des Lehrplans 21 berücksichtigt wird. Falls der Vorschlag im Lehrplan 21 nicht in ausreichendem Mass berücksichtigt wird, sollte man prüfen, ob die Umsetzung und Zusammenarbeit zwischen den beiden Fachbereichen „Mensch und Umwelt“/„Natur und Technik“ und „Technisches Gestalten“ nicht zumindest den Schulen beziehungsweise den Lehrpersonen im Kanton Zürich empfohlen werden.

²⁴ Mehr Informationen dazu unter <http://www.educ.ethz.ch/mint>.

²⁵ <http://www.natech-education.ch/>.

Zeitlicher Horizont für die Umsetzung von Empfehlung 16

Mit der Umsetzung dieser Empfehlung wurde bereits im MINT-Lernzentrum und in der Arbeitsgruppe zum Technikverständnis im Lehrplan 21 begonnen. Mit der zeitnahen Freistellung zunächst einzelner Lehrpersonen für das MINT-Lernzentrum durch die Bildungsdirektion könnte die Arbeit beschleunigt werden. Zu einem späteren Zeitpunkt (1-2 Jahre) könnte die Bildungsdirektion durch die Unterstützung von Weiterbildungsmassnahmen die lernwirksame Umsetzung von Themen zur Technik voranbringen.

5 Literaturverzeichnis

Für die vorliegende Expertise unterscheiden wir die Forschungsarbeiten und -berichte nach Printliteratur und Onlinequellen.

5.1 Literatur

- Aikenhead, G. (2000). Renegotiating the culture of school science. In J. L. R. Millar & J. Osborne (Ed.), *Improving Science Education*. Philadelphia: Open University Press.
- Autorenteam. (2005). *Karussell. Natur und Technik. Themenheft, Kommentar und Klassenmaterial*. Bern: Schulverlag bmv AG.
- Batz, O. (2008). Nawi – Der Lernbereich „Naturwissenschaften“ an der Luise-Büchner-Schule.
WWW: <http://www.lbs-gg.de/nawi.php> [09.10.08]
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A. & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 487-509.
- Berthold, K., Eysink, T. H. S. & Renkl, A. (2008). Assisting self-explanation prompts are more effective than open prompts when learning with multiple representations. *Instructional Science*, 36.
- Bildungsdirektion des Kantons Zürich. (2004). *Lehrplan für die Volksschule des Kantons Zürich*. Zürich: Lehrmittelverlag des Kantons Zürich.
- Blumberg, E, Hardy, I. & Möller, K. (2008). Anspruchsvolles naturwissenschaftsbezogenes Lernen im Sachunterricht der Grundschule – auch für Mädchen? *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 1(2), 59-72.
- Brandt, A., Möller, J. & Kohse-Höinghaus, K. (2008). Was bewirken ausserschulische Experimentierlabors? Ein Kontrollgruppenexperiment mit Follow up-Erhebung zu Effekten auf Selbstkonzept und Interesse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(1), 5-12.
- Bransford, J. D., Sherwood, R. D., Hasselbring, T. S., Kinzer, Ch. K. & Williams, S. M. (1990). Anchored instruction: Why we need it and how technology can help. In D. Nix & R. Spiro (Ed.), *Cognition, education and multimedia*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.
- Bundesamt für Statistik. (2009). *PISA 2006: Analysen zum Kompetenzbereich Naturwissenschaften*. Neuchâtel;Bern: BFS/EDK.
- Ceci, S. & Williams, W. (2006). *Why aren't more women in science?: Top researchers debate the evidence*: Washington, D.C.: American Psychological Association Books.
- Centre for Educational Research OECD. (2007). *Education at a glance. OECD indicators*. Paris: OECD.
- Chi, M. T. H. (2000). Self-Explaining: The dual processes of generating inferences and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (pp. 161-238). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chi, M. T. H., Roy, M. & Hausmann, R. G. M. (2008). Observing Tutorial Dialogues Collaboratively: Insights About Human Tutoring Effectiveness From Vicarious Learning. *Cognitive Science*, 32, 301-341.

- Dähnhardt, D., Sommer, K. & Euler, M. (2007). Lust auf Naturwissenschaft und Technik. Lernen im Schülerlabor. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie, 18 (99)*, 4-10.
- Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG). (2006). *Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik*. Bad Honnef: Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V.
- Duit, R. (2006). Initiativen zur Verbesserung des Physikunterrichts in Deutschland. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 2/5*, 83-96.
- Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? – Ergebnisse der ROSE-Erhebung aus Österreich und Deutschland. *Plus Lucius, 14(3)*, 2-8.
- EVAMAR II. (2008). Schlussbericht. WWW: www.sbf.admin.ch/evamar2.htm [02.07.09]
- Faulstich, H. (2004). *Mädchen und Naturwissenschaften in der Schule*. Weinheim: Beltz.
- Fries, A. V. (1998). Lehrplantypen in der Schweiz. Vergleichende Darstellung der Lehrpläne in sieben Kantonen. In R. Künzli & S. Hopmann (Hrsg.), *Lehrpläne. Wie sie entwickelt werden und was von ihnen erwartet wird. Forschungsstand, Zugänge und Ergebnisse aus der Schweiz und der Bundesrepublik Deutschland* (S. 239-259). Zürich; Chur: Rüegger.
- Furtak, E. M. & Seidel, T. (2008). *Recent experimental studies of inquiry-based teaching: A conceptual review and meta-analysis*. Paper presented at the National Association of Research in Science Teaching Conference, March 30-April 2, Baltimore, Maryland.
- Geschäftsstelle der deutschsprachigen EDK-Regionen. (2009). *Grundlagen für den Lehrplan 21. Bericht zur Vernehmlassung* (28.1.2009–31.5.2009).
WWW:http://www.lehrplan.ch/dokumente/vernehmlassung/Bericht_zur_Vernehmlassung.pdf [02.07.09]
- Gräsel, C. (2000). *Ökologische Kompetenz: Analyse und Förderung*. Unveröffentlichte Habilitationsschrift. Fakultät für Psychologie und Pädagogik der Ludwig-Maximilian-Universität München. München.
- Hackl, R. & Mikelskis-Seifert, S. (2007). Nano im Unterricht? Neue Themen für die Sekundarstufe I durch die Integration moderner Technologien in den Physik-Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik, 18(98)*, 36-43.
- Hardy, I., Stern, E., Jonen, A. & Möller, K. (2006). Effects of Instructional Support within Constructivist Learning Environments for Elementary School Students' Understanding of "Floating and Sinking". *Journal of Educational Psychology, 98(2)*, 307-326.
- HarmoS-Konsortium Naturwissenschaften. (2008). *Kompetenzmodell HarmoS Naturwissenschaften+*.
WWW: <http://www.harmos.phbern.ch/> > Kompetenzmodell [12.08.08]
- Hascher, T. (2005). Die Erfahrungsfalle. *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 1*, 39-45.
- Hausherr, C. & Edthofer, S. (2006). *Tüfteln, forschen, staunen (Band 2)*: Verlag Kg.CH.
- Hausherr, C., Lück, G. & Sörensen, B. (2007). *Tüfteln, forschen, staunen (Band 1)*: Verlag Kg.CH.
- IPN. (2004). *SINUS-Transfer Grundschule. Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts an Grundschulen. Gutachten des Leibnitz-Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)*. Kiel; Bonn: BLK.

- Kahlert, J. & Demuth, R. (2007). *Wir experimentieren in der Grundschule*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Kahlert, J. & Demuth, R. (2008). *Wir experimentieren in der Grundschule. Einfache Versuche zum Verständnis physikalischer und chemischer Zusammenhänge. Teil 2*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengiesser, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – ein Rahmen für naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3-18.
- Keselman, A., Kaufman, D. R. & Patel, V. L. (2004). “You can exercise your way out of HIV” and other stories: The role of biological knowledge in adolescents’ evaluation of myths. *Science Education*, 88(4), 548-573.
- Keselman, A., Kaufman, D. R., Kramer, S. & Patel, V. L. (2007). Fostering conceptual change and critical reasoning about HIV and AIDS. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(6), 844-863.
- Kircher, E., Girwitz, R. & Häussler, P. (2000). *Physikdidaktik. Eine Einführung in Theorie und Praxis*. Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg Verlag.
- Koch, A. (2001). *Training in metacognition and comprehension of physics texts*. Learning, 758-768.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. & Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100, 716-725.
- Kyburz-Graber, R. (2004). Welches Wissen, welche Bildung? Aktuelle Entwicklungen in der Umweltbildung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 22(1), 83-94.
- Kyburz-Graber, R., Hofer, K. & Wolfensberger, B. (2006). Studies on a socio-ecological approach to environmental education – a contribution to a critical position in the education for sustainable development discourse. *Environmental Education Research*, 12(1), 101-114.
- Labudde, P. (2008). *Horizontal vernetzen - Naturwissenschaften integrieren*. Seelze: Kallmeyer Verlag.
- Largo, R. & Beglinger, M. (2009). *Schülerjahre*. München: Piper.
- Lohmar, B. & Eckhardt, T. (2007). *Das Bildungswesen in der Bundesrepublik Deutschland 2006. Darstellung der Kompetenzen, Strukturen und bildungspolitischen Entwicklungen für den Informationsaustausch in Europa*. Bonn: KMK.
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 10, 1301-1320.
- Lubinski, D. & Benbow, C. P. (2006). Study of Mathematically Precocious Youth (SMPY) after 35 years: Uncovering antecedents for the development of math-science expertise. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 316-343.
- Lubinski, D., Benbow, C. P., Webb, R. M. & Bleske-Rechek, A. (2006). Tracking exceptional human capital over two decades. *Psychological Science*, 17, 194-199.
- Lück, G. (2003). *Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung. Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen*. Freiburg, Breisgau: Herder-Verl.

- Mähler, C. & Stern, E. (2006). Transfer. In D. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 782-793). Weinheim: Beltz.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59(1), 14-19.
- Metzger, S. (2007). In der Schweiz ist alles besser!? In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. 33. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP) vom 18. bis 21. September 2006 in Bern*. Berlin: Lit.
- Metzger, S. (in Druck). Didaktische Rekonstruktion: Fachsystematik und Lernprozesse in der Balance halten. In P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft*. Bern: Huber.
- Mevarech, Z. R. & Fridkin, S. (2006). *The effects of IMPROVE on mathematical knowledge, mathematical reasoning and meta-cognition*. *Metacognition and Learning*, 1, 85-97.
- Ministry of Education, Culture and Science. (2007). *The education system in the Netherlands*. The Hague: Dutch Eurydice Unit.
- Minstrell, J. & Hunt, E. (1994). A cognitive approach to the teaching of physics. In McGilly, K. (Ed.), *Classroom. Lessons*. Cambridge, MA: MIT Press, 51-74.
- Möller, K. (2008). *Klasse(n)kisten*.
WWW:<http://www.uni-muenster.de/Sachunterrichtsdidaktik/werkstatt/klassenkisten/index.html> [13.08.08]
- Müller, H. & Adamina, M. (2008). *Lernwelten*. Bern: Schulverlag bmv AG.
- Neubauer, A. & Stern, E. (2007). *Lernen macht intelligent. Warum Begabung gefördert werden muss*. München: DVA.
- Nickel, J. & Reid, A. (2006). Environmental education in three German countries: tensions and challenges for research and development. *Environmental Education Research*, 12(1), 129-148.
- Oberhauser, J. & Freeman, C. (2005). Characteristics of professional development that effect change in secondary science teachers' classroom practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 668-690.
- Oelkers, J. (2008). *Die Qualität der Schweizer Gymnasien. Eine Expertise zuhanden der Bildungsdirektion des Kantons Zürich*. Bern: h.e.p.
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections. A report to the Nuffield Foundation*. London: King's College.
- Pellegrino, J. W. & Goldman, S. R. (in press). Beyond rhetoric: Realities and complexities of integrating assessment into teaching and learning. In C. Dwyer (Ed.), *The future of assessment: Shaping teaching and learning*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Peschel, M. (2007). *Wer unterrichtet unsere Kinder?*
WWW:http://didaktik.physik.fuberlin.de/%7Enordmei/Netzwerk_Grundschule/Beitraege/Peschel/Peschel.pdf [06.08.08]
- PISA. (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD.
- ProKiga. (2008). *ProKiga-Lehrmittelshop: Themenmappen und Werkstätten*.
WWW: www.prokiga.ch > Themenmappen bzw. Werkstätten [13.08.08]

- Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen vom 9. Juni 1994. Empfehlungen an die Kantone gemäss Art. 3 des Schulkonkordats vom 29. Oktober 1970. Mit Handreichungen zur Umsetzung. Bern: Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren 1994.
- Reglement über die Anerkennung von gymnasialen Maturitätsausweisen (Maturitäts-Anerkennungsreglement MAR) vom 16. Januar 1995 mit den Änderungen vom 14. Juni 2007.
- Reid, A. & Scott, W. (2006). Special Issue: Researching education and the environment: Retrospect and prospect. *Environmental Education Research*, 12(3-4).
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Science education NOW: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brüssel: European Commission, Directorate-General for Research, Science, Economy and Society.
- Ruby, A. (2001). *Hands-on-Science and Student Achievement*. Santa Monica, Calif.: Rand Corporation.
WWW: http://www.rand.org/pubs/rgs_dissertations/RGSD159/ [02.07.09]
- Ruiz-Primo, M. A. & Furtak, E. M. (2006). Informal formative assessment and scientific inquiry: Exploring teachers' practices and student learning. *Educational Assessment*, 11(3 & 4), 237-263.
- Ruiz-Primo, M. A. & Furtak, E. M. (2007). Exploring teachers' informal formative assessment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 57-84.
- Rumann, S. (2005). *Kooperatives Arbeiten im Chemieunterricht. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik. Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos-Verlag.
- Schiefele, U. (2008). Lernmotivation und Interesse. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Handbuch der Psychologie, Bd. 10: Pädagogische Psychologie* (S. 38-49). Göttingen: Hogrefe.
- Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). *Sowing the Seeds of Rose. Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (The Relevance of Science Education) – a comparative study of students' views of science and science education (Vol. 4)*.
- Schwengeler, C. A. (2007). *Phänomenal. Naturbegegnung, Energie - Materie. Themenheft, Kommentar und Klassenmaterial*. Bern: Schulverlag blmv AG.
- Seidel, T. & Prenzel, M. (2006). Stability of teaching patterns in physics instruction: Findings from a video study. *Learning and Instruction*, 16(3), 228-240.
- Siegler, R. (2002). Microgenetic studies of self-explanation. In N. Granott & J. Parziale (Hrsg.), *Microdevelopment. Transition processes in development and learning* (pp. 31-58). Cambridge: Cambridge University Press.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
- Spinath, B. (2005). Development and modification of motivation and self-regulation in school contexts. *Special issue for Learning and Instruction*, 15, 85-86.
- Staub, F. & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 93, 144-155.

- Stern, E. (2005). Je früher desto besser?. In: *Glanzlichter der Wissenschaft. Ein Almanach.* (S.123-129). Saarwellingen: Lucius.
- Stern, E. & Möller, K. (2004). Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichtes. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 25-36.
- Stern, E. (2009). Implizite und explizite Lernprozesse bei Lehrerinnen und Lehrern. In O. Zlatkin-Troitschanskaia, K. Beck, D. Sembill, R. Nickolaus, & R. Mulder (Hrsg.), *Lehrprofessionalität. Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung.* Weinheim: Beltz.
- Stevenson, R.B. (2007). Revisiting schooling and environmental education: Contradictions in purpose and practice. *Environmental Education Research*, 13(2).
- Sumfleth, E., Nicolai, N. & Rumann, S. (2004). Schulische und häusliche Kooperation im Chemieanfangsunterricht. In J. Doll & M. Prenzl (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 84-302). Münster: Waxmann.
- Szlovak, B. (2005). HARMOS. *Lehrplanvergleich - Naturwissenschaften.* Bern: EDK.
- Taasoobshirazi, G. & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics. *Educational Research Review*. 3, 155-167.
- UNESCO. (2006). *Promotion of a Global Partnership for the UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014): The International Implementation Scheme for the Decade in brief, ESD.* Paris: UNESCO.
- WWW: www.unesco.org/education/desd
- Vosniadou, S. (2006). The international handbook of research on conceptual change. New York: Routledge.
- Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219-241.
- Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2007). Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 181-198.
- Webb, R. M., Lubinski, D. & Benbow, C. P. (2002). Mathematically facile adolescents with math/science aspirations: New perspectives on their educational and vocational development. *Journal of Educational Psychology*, 94, 785-794.
- Webb, R. M., Lubinski, D. & Benbow, C. P. (2007). Spatial ability: A neglected dimension in talent searches for intellectually precocious youth. *Journal of Educational Psychology*, 99, 397-420.
- Weiss Sampietro, T. & N. Ramsauer (2008). Gendergerechte technische Fachhochschulstudiengänge. Ein Entwicklungsprojekt in den Studiengängen Elektrotechnik, Unternehmensinformatik und Biotechnologie der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften. Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (Hrsg.), *Beiträge zur Nachhaltigen Entwicklung Nr. 9/2008.*
- White, B. & Frederiksen, J. (2005). A theoretical framework and approach for fostering metacognitive development. *Educational Psychologist*, 40(4), 211-223
- Wolfensberger, B., Piniel, J., Canella, C. & Kyburz-Graber, R. (under review). *The challenge of involvement in reflective teaching: Three case studies from a teacher education project*

on conducting classroom discussions on socio-scientific issues. Teaching and Teacher Education.

- Wyssen, H.-P., Bringold, B. & Kiener, J. (2005). *Riesenrad. Natur und Technik. Schülerbuch, Kommentar und Klassenmaterial*. Bern: Schulverlag bmv AG.
- Zeyer, A. (2006). Medizin – Fundgrube für Integrierte Themen. In A. Zeyer & M. Wyss (Hrsg.), *Interdisziplinarität im Unterricht auf der Sekundarstufe II* (Vol. 3, S. 65-85). Zürich: Pestalozzianum.
- Zeyer, A. & Welzel, M. (2006). Lernen, um das Gelernte zu kommunizieren. Didaktische Miniaturen als methodische Alternative im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(5), 54-61.
- Zeyer, A., Adamina, M., Gingins, F. & Labudde, P. (2007). *HarmoS – the development, implementation and assessment of standards in science education in Switzerland*. Paper presented at the ESERA Conference Sweden 2007, Malmö.
- Zeyer, A. & Odermatt, F. (im Druck). *Gesundheitsbildung und naturwissenschaftlicher Unterricht – eine Win-win-Situation. Prävention und Gesundheitsförderung*.
- Zimmermann, M. (im Druck). *Erzieherinnen und naturwissenschaftliche Frühförderung. Untersuchung zur Kompetenzentwicklung im Rahmen eines Fortbildungs- und Coachingprojektes*. Unpublished Dissertation, PH Heidelberg, Heidelberg.

5.2 Onlinequellen

Informationen zum Bildungssystem in Deutschland <http://www.bildungsserver.de> [15.07.08].

Informationen zum Bildungssystem in Österreich <http://www.bmukk.gv.at> [15.07.08].

Linksammlung zum Bildungswesen (Lehrpläne der Schweiz, elektronische Version). Verfügbar unter: http://edkfmpro-8.unibe.ch/fmi/xsl/linkliste/linkliste_d.xml?-db=Linksammlung&-lay=web&-max=all&-sortfield.1=site&kategoriedeutsch=122&-find [02.07.08].

Informationen zu den Pädagogischen Hochschulen: <http://www.educa.ch/DYN/166820.asp> [14.07.08].

Informationen zu Lehrmitteln: <http://www.ilz.ch/> [10.07.08].

Projekt „Grundlagen Deutschschweizer Lehrplan“: <http://www.lehrplan.ch/> [07.07.08].

Informationen zum Bildungssystem in den Niederlanden:

http://www.eurydice.org/ressources/eurydice/eurybase/pdf/section/NL_EN_C5.pdf [28.08.08],

http://www.eurydice.org/ressources/eurydice/pdf/047DN/047_NL_EN.pdf [28.08.08].

Anhang

1 Interviewpartnerinnen und -partner

Für die Bestandesaufnahme (Kapitel 3) wurden Fachdidaktikerinnen und -didaktiker sowie Lehrpersonen befragt. Sie werden in den unten stehenden Kapiteln aufgeführt. Wir danken Ihnen herzlich für die Mitwirkung.

1.1 Obligatorische Schulzeit

- Batz, Olaf; Luise-Büchner-Schule Gross-Gerau
- Bazzigher, Luigi; Pädagogische Hochschule Zürich
- Birkhahn, Jörg; www.kindergartenlabor.de
- Brovelli, Dorothee; Pädagogische Hochschule Zentralschweiz – Luzern
- Burkhard, Maja; Pädagogische Hochschule Zürich
- Egloff, Judith; Pädagogische Hochschule Zürich
- E., N.; Lehrperson Unterstufe Wettingen
- Jetzer, Arthur; Pädagogische Hochschule Zürich
- Koch, Sabine; Luise-Büchner-Schule Gross-Gerau
- Korneck, Friedericke; Universität Frankfurt
- Peschel, Markus; Universität Duisburg-Essen
- Pietzner, Verena; Technische Universität Braunschweig
- Rehm, Markus; Pädagogische Hochschule Zentralschweiz – Luzern
- Reinfried, Sibylle; Pädagogische Hochschule Zentralschweiz – Luzern
- Tardent, Josiane; Pädagogische Hochschule Zürich
- Tuggener, Dorothea; Pädagogische Hochschule Zürich
- Welzel-Breuer, Manuela; Pädagogische Hochschule Heidelberg
- Wilhelm, Markus; Pädagogische Hochschule Zentralschweiz – Luzern
- Wilhelm, Thomas; Universität Würzburg
- Wodzinski, Rita; Universität Kassel
- Z., S.; Lehrperson Unterstufe Baden
- Zach, Ernst; Pädagogische Hochschule Zürich
- Zimmermann, Monika; PH Heidelberg

1.2 Gymnasium

Biologie

- Bütikofer, Brida; Kantonsschule Limmattal, Urdorf
- Faller, Patrik; Kantonsschule Rychenberg, Winterthur
- Leumann, Lorenz; Life Science Learning Center, Zürich
- Noser, Thomas; Kantonsschule Örlikon, Zürich
- Rutz, Guido; Kantonsschule Rychenberg, Wintherthur/IGB, Universität Zürich

Geographie

- Burri, Klaus; Kantonsschule Enge, Zürich

- Hesse, Stefan; Kantonsschule Sargans/IGB, Universität Zürich
- Vettiger, Barbara; AME, Aarau/IGB, Universität Zürich
- Weiss, Monika; MNG Rämibühl, Zürich
- Zehnder, Ursula; Kantonsschule Hohe Promenade, Zürich

Chemie

- Toggenburger, Gerhard; Kantonsschule Rämibühl
- Eckard, Christophe; Kantonsschule Oerlikon
- Bärtsch, Amadeus; Kantonsschule Freudenberg
- Marti, Lorenz; MNG Rämibühl

Physik

- Grentz, Wolfgang; Kantonsschule Zürcher Oberland
- Mohr, Martin; Kantonsschule Zürcher Oberland
- Prieur, Anna; Kantonsschule Oerlikon
- Prim, Christian; Kantonsschule Oerlikon
- Rubin, Herbert; Kantonsschule Rämibühl

1.3 Schülerinnen und Schülern

Alle Fächer aus den letzten beiden Jahrgängen vor der Matura des Schuljahres 2008/09 folgender Gymnasien:

- Kantonsschule Hohe Promenade, Zürich
- MNG Rämibühl, Zürich

2 Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Expertentagung vom 27. Februar 2009 (ETH Zürich), in alphabetischer Reihenfolge

- Dr. Olaf Batz, Luise-Büchner-Schule, Gross-Gerau
- Hans-Martin Binder, Bildungsdirektion, Bildungsplanung, Zürich
- Dr. Michael Bleichenbacher, Bildungsdirektion, Mittelschul- und Berufsbildungsamt, Abt. Mittelschulen, Zürich
- Dr. Michael Dischl, Bildungsdirektion, Hochschulamt, Zürich
- Roland Fischer, Bildungsdirektion, Volksschulamt, Abteilung Pädagogisches, Zürich
- Prof. Fredy Fischli, Pädagogische Hochschule, Sekundarstufe I, Zürich
- Mariann Hadad, Schulleitung Schule Manegg, Zürich
- Prof. Dr. Ernst Hafen, ETH, Zürich
- Daisy Hartmann-Brenner, Kantonsschule Enge, Zürich
- Prof. Dr. Michael Hengartner, UZH, Zürich
- Joseph Hildbrand, Bildungsdirektion, Bildungsplanung, Zürich
- Prof. Dr. Judith Hollenweger, ZHSF/Pädagogische Hochschule, Zürich

- Prof. Dr. Peter Labudde, Pädagogische Hochschule FHNW, Zentrum für Naturwissenschaften- und Technikdidaktik, Basel
- Hans-Ulrich Leemann, Schulhaus Leeacher (VS/PS), Ebmatingen
- Nicolas Lienert, Rektor LG Rämibühl, Zürich
- Andreas Möckli, ETH, Zürich
- Martin Mohr, KZO, Wetzikon
- Hanspeter Ogi, Schulleiter Sekundarschule Schmittewies, Niederweningen
- Stefan Rubin, ZHSF Weiterbildung, Zürich
- Dr. Henrik Saalbach, ETH, Zürich
- Daniel Schafroth, Schulhaus Lavater (Sek I), Zürich
- Prof. Dr. Peter Sieber, ZHSF/Pädagogische Hochschule, Zürich
- Prof. Felix Stauffer, KZO, Wetzikon
- Erich Stutz, Rektor BBW Winterthur, Winterthur
- Prof. Dr. Alois Suter, Pädagogische Hochschule/Weiterbildung, Zürich
- Prof. Dr. Antonio Togni, ETH, Zürich
- Prof. Dr. Andreas Vaterlaus, ETH, Zürich
- Prof. Claude Walther, Pädagogische Hochschule, Zürich
- Prof. Dr. Paul Weymuth, Pädagogische Hochschule, Zürich
- Prof. Dr. Heidi Wunderli-Allenspach, Rektorin der ETH Zürich, Zürich
- Dr. Urs Wuthier, Kantonsschule Zug, Zug
- Monika Zimmermann, Pädagogische Hochschule Heidelberg, Heidelberg