

Zusammenfassung

der 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).

Zusammenfassung der Expertise

„Naturwissenschaft und Technik in der Allgemeinbildung im Kanton Zürich“, eingereicht am 8. Juli 2009 durch das Zürcher Hochschulinstitut für Schulpädagogik und Fachdidaktik (ZHSF)

Ausgangspunkt der vorliegenden Expertise war der Wunsch der Bildungsdirektion im Kanton Zürich nach einer Optimierung der schulischen Allgemeinbildung in den Bereichen Naturwissenschaften und Technik (im Folgenden abgekürzt mit NaTech). In den von Wissenschaft und Technik geprägten Ländern herrscht Konsens darüber, dass in der Schule mehr Raum für eine bessere naturwissenschaftliche Allgemeinbildung geschaffen werden muss. Die Schülerinnen und Schüler sollen lernen, das in der Schule erworbene Wissen für ein besseres Verständnis ihrer eigenen Lebenswelt zu nutzen. Gleichzeitig sollte der Unterricht so ansprechend gestaltet sein, dass mehr Schülerinnen und Schüler als bisher ein nachhaltiges Interesse an den Inhalten aus den NaTech-Fächern aufbauen, welches auch bei der Berufs- und Studienfachwahl zum Tragen kommt. Wer eine solche Wahl getroffen hat, sollte in der Lage sein, sich auf der Grundlage des erworbenen Wissens selbstständig in neue Themengebiete einzuarbeiten.

Von dieser Idealvorstellung ist man nicht nur im Kanton Zürich weit entfernt. Naturwissenschaftlichen Fächern wird weniger Unterrichtszeit zugeteilt als sprachlichen Fächern und der Mathematik. Hinzu kommt, dass der naturwissenschaftliche Unterricht nicht immer die erwünschte Lernwirksamkeit zeigt, insbesondere wenn es um Themen aus der unbelebten Welt geht. Auch Schülerinnen und Schülern mit guten kognitiven Voraussetzungen fällt es oft schwer, ein Verständnis für physikalische und chemische Vorgänge und Prinzipien aufzubauen, selbst wenn diese ausgiebig im Unterricht behandelt wurden. Zwischen den Lernzielen und den tatsächlichen Leistungen klafft häufig eine sehr grosse Lücke. Diese zeigt sich insbesondere, wenn Aufgaben gestellt werden, die nicht explizit im Schulunterricht behandelt wurden, aber eigentlich auf der Grundlage des behandelten Wissens gelöst werden könnten.

Mit der vorliegenden Expertise sollten Handlungsbedarf im NaTech-Unterricht an allgemeinbildenden Schulen im Kanton Zürich identifiziert und darauf bezogen Empfehlungen entworfen werden, die wissenschaftlich abgestützt sind. Daraus ergab sich auch unsere Arbeit an der Expertise und ihre Gliederung: In Kapitel 1 werden unter dem Titel „Wie kann Lernen im NaTech-Bereich gelingen?“ ausgewählte Ergebnisse der Forschung zum Lernen in den Naturwissenschaften diskutiert. In Kapitel 2 wird das Ergebnis einer vergleichenden Recherche zu quantitativen und qualitativen Rahmenbedingungen des NaTech-Unterrichtes dargestellt; dabei wurden die Bedingungen im Kanton Zürich mit solchen anderer Regionen verglichen. In Kapitel 3 folgt eine Bestandesaufnahme an allgemeinbildenden Schulen aller Stufen im Kanton Zürich und im abschliessenden Kapitel 4 werden 16 Handlungsempfehlungen an die Verantwortlichen im Kanton Zürich ausgesprochen und begründet.

1 **Wie kann Lernen im NaTech-Bereich gelingen?“ Ausgewählte wissenschaftliche Ergebnisse**

Wissenschaftlich gestützte Überlegungen und Befunde zum Lernen im NaTech-Unterricht werden aus vier Perspektiven diskutiert: der Ziele, der Lernenden, der Lehrpersonen sowie der Inhalte und Aktivitäten im Unterricht.

Zunächst wird unter dem Titel *«Was soll im NaTech-Unterricht gelernt werden?»* der Frage nachgegangen, wie eines der zentralen Lernziele erreicht werden kann, nämlich das Verständnis grundlegender naturwissenschaftlicher Konzepte und deren Anwendung bei der Vorhersage und Erklärung von Ereignissen. Wissenschaftliche Disziplinen zeichnen sich durch ein Netzwerk an Konzepten aus, welche die Grundlage von Theorien sind. Diese Konzepte sind das Ergebnis des Austauschs unter Wissenschaftlern und haben sich über einen längeren Zeitraum entwickelt. Sie haben sich für die Beschreibung, Erklärung und Vorhersage von Ereignissen bewährt. Ziel des NaTech-Unterrichtes ist es, den Schülerinnen und Schülern einen Ausschnitt aus diesem konzeptuellen Netzwerk zu vermitteln. Dabei stehen Lehrpersonen vor der Herausforderung, normal begabten Kindern und Jugendlichen in wenigen Jahren Konzepte wie ‚Atom‘ oder ‚Galaxie‘ zu vermitteln, welche sich in Gruppen von überdurchschnittlich begabten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern über einen langen Zeitraum herausgebildet haben. Erschwerend kommt hinzu, dass viele der in der Wissenschaft gebrauchten Termini und Konzepte auch im Alltag verwendet werden, aber dort eine ganz andere Bedeutung haben – wie beispielsweise Kraft, Arbeit oder Beschleunigung.

Es herrscht Konsens unter Lehr- und Lernforschern, dass die Lernwirksamkeit des NaTech-Unterrichts mit der Arbeit am konzeptuellen Wissen steht und fällt. Schülerinnen und Schüler müssen sich der Grenzen ihres Alltagswissens bewusst werden und verstehen, worin der Vorteil wissenschaftlicher Konzepte und Erklärungen liegt. Dies geschieht nachweislich vor allen Dingen, wenn die Lernenden die Erfahrung machen, dass sie bisher nicht verstandene Vorgänge und Ereignisse in der realen Welt mit dem im Unterricht angebotenen Wissen erklären und vorhersagen können. Hier kommt der Lehrperson die Aufgabe zu, geeignete Anwendungsbeispiele und Themen zu finden. Dabei kann ein interdisziplinärer Zugang hilfreich sein und sollte stärker gefördert werden. Dass die Umstrukturierung von Konzepten oder konzeptuellem Wissen zeitaufwändig ist, sollte nicht nur bei der Planung und Durchführung von Unterricht berücksichtigt werden, sondern auch bei der Gestaltung der Schulzeit. Man sollte früher als bisher damit beginnen, den Erwerb von so genanntem anschlussfähigem Wissen zu unterstützen. Manche natürlichen Phänomene – zum Beispiel das Schwimmen und Sinken von Gegenständen im Wasser – können nach entsprechendem Unterricht bereits Primarschulkinder erklären. Dieses Wissen könnte später aufgegriffen und ausgebaut werden, um abstrakte physikalische Konzepte wie etwa den Kraftbegriff aufzubauen. Aus der Sicht der Lehr- und Lernforschung sollte NaTech-Unterricht deshalb über die gesamte Schulzeit hinweg als Spiralcurriculum geplant werden. Dabei wäre der Wissensaufbau über die Stufengrenzen hinaus koordiniert. Definitionen und Formalisierun-

gen sollten erst eingeführt werden, wenn ein tragfähiges konzeptuelles Netzwerk vorliegt, ansonsten sind sie isolierte Facetten und nicht integraler Bestandteil eines Wissenssystems.

In einem zweiten Schwerpunkt wird unter dem Titel *«Welche Voraussetzungen der Lernenden begünstigen gute Leistungen in den NaTech-Fächern?»* der Frage nach den Gründen für Leistungsunterschiede nachgegangen. Die Bereitschaft der Schülerinnen und Schüler zum Lernen im NaTech-Unterricht ist sehr unterschiedlich ausgeprägt. Ein Grund hierfür kann sein, dass die Welt der Wissenschaft nicht zur Kultur der Schülerinnen und Schüler passt, was unter dem Konzept des *cultural border crossing* thematisiert wird. Ein anderer Grund kann aber auch sein, dass anfängliches Interesse und die Lernbereitschaft bei den Schülerinnen und Schülern durch mangelndes Kompetenzerleben im Unterricht beeinträchtigt oder aber zerstört werden. Zu den wichtigsten Erkenntnissen der Lernforschung gehört, dass Lehrpersonen die Lernbereitschaft und die Motivation ihrer Schüler und besonders auch ihrer Schülerinnen durch auf das Vorwissen der Lernenden abgestimmten Unterricht stärker steuern können, als gemeinhin angenommen wurde. Nicht das anfängliche Interesse, das Schülerinnen und Schüler einem Thema entgegenbringen, ist für den weiteren Lernerfolg ausschlaggebend, sondern der erlebte Kompetenzzuwachs. Durch ansprechenden NaTech-Unterricht, der den Bezug zur Lebenswelt herstellt und Kompetenzerleben vermittelt, können hier Weichen gestellt werden. Für eine interdisziplinäre Herangehensweise an den Unterricht bietet sich die mittlere Schulzeit an.

Leistungen im NaTech-Bereich werden neben der Qualität des Unterrichtes auch durch individuelle Variablen wie Intelligenz der Schülerinnen und Schüler, ihr Vorwissen und auch durch das Geschlecht bestimmt. Für eine möglichst umfassende Förderung und Leistungs-optimierung stellt sich die Frage nach einem differentiellen Angebot. Sollten beispielsweise Jungen und Mädchen getrennt unterrichtet werden, damit Letztere sich besser entfalten können, wie man lange Zeit dachte? Die inzwischen vorliegenden Evaluationsstudien stimmen eher pessimistisch. Erfolgversprechender scheint es zu sein, bei der Auswahl der Themen und Beispiele, anhand derer die naturwissenschaftlichen Konzepte behandelt werden, die Vielfalt an Interessen zu berücksichtigen. Allerdings sollte man sich vor Stereotypen („Mädchen wollen wissen, wie der Küchenmixer funktioniert“) hüten.

Eine Gruppe, die besonderer Förderung bedarf, sind Schülerinnen und Schüler, bei denen die – für Kompetenzen im NaTech-Bereich nachweislich wichtigen – räumlich-visuellen Kompetenzen stärker ausgeprägt sind als ihre sprachlichen Kompetenzen. Im selektiven und gleichzeitig sehr sprachbezogenen Schulsystem der Schweiz besteht die Gefahr, dass Kinder und Jugendliche mit diesem Begabungsprofil zu kurz kommen.

Im dritten Abschnitt wird unter dem Titel *«Was müssen NaTech-Lehrpersonen können?»* betont, dass lernwirksamer Unterricht nur gelingen kann, wenn engagierte Lehrpersonen auf wissenschaftlich fundierte Arbeiten zur didaktischen Aufbereitung der Unterrichtsinhalte zurückgreifen können. Welche Inhaltsgebiete in welcher Schulstufe behandelt werden, welche Lernziele formuliert werden sollten und welche Aufgaben und Übungen die Schülerinnen und Schüler benötigen, damit sie das gewünschte Ziel erreichen, sind Fragen, die hierher gehören. Hier hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass die Aufbereitung eines In-

haltsgebietes für den Einsatz im Schulunterricht mehr sein muss als eine vereinfachte Darstellung der Fachinhalte. Lernen kann nur gelingen, wenn Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit erhalten, das im Unterricht dargebotene Inhaltswissen in ihre Erfahrungswelt und in ihr bestehendes Wissen aktiv zu integrieren. Dazu gehört es auch, bestimmte Fehler der Schülerinnen und Schüler nicht als unerwünschte Begleiterscheinungen, sondern als einen notwendigen Schritt im Lernprozess zu sehen. Voraussetzung dafür, dass Lehrpersonen bei der Planung und Durchführung von NaTech-Unterricht die Schülerperspektive einbeziehen, sind aber nachweislich gute fachwissenschaftliche Kenntnisse, die weit über den Schulstoff hinausgehen. Nur wer die zu unterrichtenden Inhalte souverän beherrscht, kann die Flexibilität aufbringen, die ein schülerzentrierter Unterricht erfordert – und zwar auf allen Schulstufen. Die Integration von Fachwissen und pädagogisch-psychologischem Wissen über das Lernen und Denken der Schülerinnen und Schüler macht das eigentliche Professionswissen von Lehrpersonen aus und wird als *fachspezifisches pädagogisches Wissen* bezeichnet. Auf der Grundlage dieses Wissens können Lehrpersonen angemessen auf die zuvor diagnostizierten Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler mit dem Lernstoff reagieren – eine professionelle Handlungskompetenz, für die sich das Konzept der *formativen Leistungsbeurteilung* etabliert hat. Der Erwerb und die Umsetzung dieses Wissens gelingen nachweislich am besten in kooperativen Lernarrangements mit anderen Lehrpersonen und Wissenschaftlern und sollten im Mittelpunkt der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen aller Schulstufen stehen. Weiterbildung darf nicht länger als schmückendes Beiwerk, Unterbrechung der Unterrichtsroutine oder als Nachhilfestunde für schlechte Lehrpersonen gesehen werden, sondern muss selbstverständlicher Teil der Schulkultur und der professionellen Entwicklung werden.

Schliesslich werden unter dem Titel «*Wie kann im NaTech-Unterricht gelernt werden?*» in vier Unterkapiteln Aspekte diskutiert, die den Unterricht auf allen Schulstufen und in allen Schulformen stärker bestimmen sollten. Begonnen wird mit einer Einführung in die *Inquiry-based Science Education*. Dahinter steht der Gedanke, dass zum erfolgreichen NaTech-Unterricht auch ein Verständnis der spezifischen naturwissenschaftlichen Argumentation und Beweisführung gehört. Damit verknüpft ist auch die Erkenntnis, wonach wissenschaftliche Konzepte, Gesetzmässigkeiten und Prinzipien an einen Forschungs- und Entdeckungsprozess gebunden sind. Dieses Verständnis kann nicht allein durch nachvollziehendes Lernen (durch Lesen und Zuhören) aufgebaut werden, sondern erfordert, dass die Lernenden aktiv die Rolle von Forschenden übernehmen und selbst Experimente und Beobachtungen durchführen. Dabei sollte es allerdings nicht einfach nur um Veranschaulichung oder Hands-On-Erfahrungen gehen. Vielmehr muss das Aufstellen und Testen von Hypothesen als Kern des wissenschaftlichen Arbeitens auch im schulischen Unterricht im Mittelpunkt stehen. Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern setzt eine ausreichende Laborausstattung voraus, aber diese allein ist nicht hinreichend für lernwirksamen Unterricht, wie immer mehr Studien zeigen. Mit der Arbeit in einem schulischen oder auserschulischen Lernlabor allein ist es nicht getan. Es besteht vielmehr die Gefahr, dass die Schülerinnen und Schüler zwar etwas tun (*hands on*), aber eigentlich nicht wirklich verste-

hen, was sie tun (*minds off*). Um dies zu verhindern, wurden in den letzten Jahren in der Forschung unter anderem Methoden wie Lesetrainings, lernwirksame Formen der Gruppenarbeit oder der Einsatz von Selbsterklärungen entwickelt und evaluiert, die unter dem Titel „*Kognitiv aktivierende Lernformen im NaTech-Unterricht*“ diskutiert werden.

Wie die Anbindung wissenschaftlicher Inhalte und Themen aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler erfolgen kann, wird an den Themenbereichen „Technik“ und „Gesundheit und Umwelt“ behandelt. Letzterer eignet sich besonders für gendergerechten Unterricht. Ein besseres Verständnis für Technik kann gegenwärtig im NaTech-Unterricht nicht wirklich gefördert werden, da es an brauchbarem Unterrichtsmaterial fehlt. Wie dessen Entwicklung aussehen könnte, wird diskutiert.

2 Rahmenbedingungen des NaTech-Unterrichtes im quantitativen und im qualitativen Vergleich

In Kapitel 2 werden die Ergebnisse von vergleichenden Recherchen zu den Rahmenbedingungen des NaTech-Unterrichtes dargestellt wie die Ausbildung der Lehrpersonen, die Anzahl der Lektionen und deren Verteilung über die Schulzeit sowie die eingesetzten Lehrmittel. 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 (zum Beispiel das mehrgliedrige Schulsystem) in den meisten internationalen Vergleichstests sehr gut abschneiden.

Was den fachwissenschaftlichen Hintergrund der Lehrpersonen angeht, nimmt die Schweiz im Gymnasium eine Spitzenstellung ein: NaTech-Lehrpersonen unterrichten hier meist nur das Fach, in dem sie ein Vollzeitstudium absolviert haben. In den anderen Ländern gibt es ein eigenes Lehramtsstudium an den Hochschulen mit weniger fachwissenschaftlichen, aber mehr pädagogischen Elementen. Ganz anders sieht es jenseits des Gymnasiums aus. Lehrpersonen der Kindergarten-, Primar- und Sekundarstufe I müssen eine grosse Anzahl von Fächern unterrichten und dementsprechend ist ihre Ausbildung breit gehalten. Im Klartext heisst dies, dass jenseits der Gymnasien naturwissenschaftlicher Unterricht sehr häufig von Lehrpersonen mit geringen Fachkenntnissen erteilt wird, was ganz besonders auf Physik und Chemie zutrifft. Dies ist im nationalen und internationalen Vergleich im Kanton Zürich besonders häufig der Fall.

Bezüglich der Anzahl der Lektionen in den NaTech-Fächern, insbesondere in Chemie und Physik, nimmt die Schweiz ebenfalls in mancher Hinsicht eine Sonderstellung ein. In der obligatorischen Schulzeit (Primar- und Sekundarstufe I, Untergymnasium) liegt die Schweiz im internationalen Vergleich klar hinter anderen Ländern zurück. Erst in den letzten vier Jahren des Gymnasiums bekommen Chemie und Physik einen grösseren Stellenwert. In dieser Schulstufe haben Schweizer Schülerinnen und Schüler weniger Möglichkeiten zur Abwahl als in anderen Ländern. Mit anderen Worten: Die Schweizer Hochschulzugangsberechtigung impliziert im Prinzip bessere Grundkenntnisse in Physik

und Chemie als entsprechende Abschlüsse in Deutschland, Österreich und den Niederlanden.

Hinsichtlich der Lehrmittel haben die Schweizer Gymnasiallehrpersonen grössere Freiheiten als diejenigen anderer Länder, während in der Primar- und Sekundarstufe von den Kantonen obligatorische Lehrmittel vorgegeben werden. Da die im Kanton Zürich für diese Schulstufe vorgeschriebenen Lehrmittel nicht den Standards der Lernforschung entsprechen, wurde nach Alternativen recherchiert, die es auch Lehrpersonen ohne ein Fachstudium in Chemie und Physik in Kombination mit Weiterbildungsveranstaltungen ermöglichen, lernwirksamen Unterricht zu geben.

3 Bestandesaufnahme an allgemeinbildenden Schulen im Kanton Zürich

An allen Schulen der obligatorischen Schulzeit – Kindergarten, Primarschule und Sekundarstufe I – wurde eine umfangreiche schriftliche Befragung von Lehrpersonen mittels Fragebogen durchgeführt. Da Naturwissenschaften hier in weiten Teilen fächerübergreifend unterrichtet werden („Mensch und Umwelt“ in der Primarschule, „Natur und Technik“ in der Sekundarschule), stand die Frage nach der Themenwahl aus den Fächern Biologie, Chemie und Physik im Mittelpunkt. Weil in der Ausbildung an der Pädagogischen Hochschule Zürich nur wenige Studierende ihren Schwerpunkt auf Physik und Chemie legen, wurde erwartet, dass Themen aus diesen Fächern eher selten gewählt würden. Dies bestätigte sich vollumfänglich auf allen Klassenstufen. Allerdings nahm Chemie noch weniger Raum ein als Physik.

Die Lehrpersonen sind sich des Problems bewusst. Sie fühlen sich jedoch unzureichend auf den Unterricht vorbereitet. Aber Weiterbildungsangebote zum naturwissenschaftlichen Unterricht werden auch nur sehr selten genutzt.

Eine Sonderstellung im NaTech-Unterricht der Primar- und Sekundarstufe I nimmt die Geographie ein, da ihre Verortung in den Naturwissenschaften kontrovers diskutiert wird. Im deutschsprachigen Raum ordnet man sie in der Regel nicht den Naturwissenschaften zu, obwohl sie naturwissenschaftliche Anteile beinhaltet. Letztere nehmen im Vergleich zu den sozialwissenschaftlichen Anteilen in der Regel in der obligatorischen Schulzeit einen wesentlich geringeren Raum ein. Die Ursache liegt auch hier im Wesentlichen in der unzureichenden Ausbildung der Lehrpersonen und den mangelhaften Lehrmitteln. Dies hat ein heterogenes Angebot zur Folge und führt zu ungleichen Kenntnissen der Schülerinnen und Schüler in Naturwissenschaften und Technik.

Für die Gymnasien erfolgte die Bestandesaufnahme in Form von offenen Interviews mit Lehrpersonen aus den vier naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie, Geographie und Physik. Die ausgewählten Lehrpersonen verfügen nicht nur über langjährige Unterrichtserfahrung, sondern können auch aufgrund zusätzlicher Tätigkeiten (zum Beispiel Beteiligung an der didaktischen Ausbildung an ETH und Universität Zürich) die Gesamtsituation im Kanton Zürich gut einschätzen. Für alle vier Fächer galt, dass kein Bedarf in der sachlichen Ausstattung gesehen wurde: Die Schulen verfügen über ausreichendes Material für das Experimentieren und darüber hinaus stehen ausserschulische Lernorte zur Verfü-

gung. Als problematisch wurde in allen Fächern unter anderem die grosse Heterogenität im Vorwissen der Schülerinnen und Schüler gesehen, die durch die zahlreichen Schulwechsel verursacht wird.

Aus den Fächern Geographie und Biologie werden keine prinzipiellen Lernprobleme berichtet. Dies wurde gerade der Biologie auch in der EVAMAR-Studie II bescheinigt: Die Maturandinnen und Maturanden des Kantons Zürich zeigen überdurchschnittliche Leistungen in Biologie. Unterstützung wünschten sich die Lehrpersonen beider Fächer bei der Integration von Themen zu Umwelt und Gesundheit sowie bei der Entwicklung von Unterrichtseinheiten zum forschenden Lernen. Eine Offenheit für eine interdisziplinäre und fächerübergreifende Zusammenarbeit mit der Chemie und der Physik war gegeben.

Deutlich pessimistischer und problematischer als in Biologie und Geographie wurde die Situation in Chemie und Physik dargestellt. Die Lehrpersonen sind in vielen Fällen mit den Lernergebnissen nicht zufrieden, da nur wenige Schülerinnen und Schüler die abstrakten Prinzipien und Konzepte so gut verstanden haben, dass sie diese auf neue Aufgaben und Probleme anwenden können. Die Gründe hierfür liegen nach übereinstimmender Meinung in der geringen Anzahl der Lektionen in beiden Fächern und der Tatsache, dass diese zu spät auf die Stundentafel kommen. Die heterogenen Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler und der grosse zeitliche Abstand zum vorhergehenden Unterricht führen dazu, dass die Lehrpersonen nicht auf anschlussfähiges Vorwissen zurückgreifen können. Vieles bleibt deshalb halb- oder unverstanden. Unzufrieden sind die Lehrpersonen auch mit den Mathematikkenntnissen ihrer Schülerinnen und Schüler. Diese könnten häufig weder in Physik noch in Chemie genutzt werden. Das grösste Problem, das aus allen Schulen berichtet wird, sei der Mangel an qualifizierten Lehrpersonen in beiden Fächern. Immer mehr Lektionen werden von Personen erteilt, die noch kein Lehrdiplom für Maturitätsschulen mitbringen. Eine Qualitätskontrolle gestaltet sich unter diesen Umständen als schwierig. Skeptischer als Biologie- und Geographielehrpersonen stehen Chemie- und Physiklehrpersonen fächerübergreifendem Unterricht gegenüber, da sie um den spezifischen Charakter ihres Fachwissens fürchten. Insbesondere die Chemiker betonen, dass das konsistente Theoriegebilde sowie die eigenständige und differenzierte formale Sprache, in der dieses dargestellt werde, wesentliche Merkmale ihres Fachs seien, die sich auch im Unterricht widerspiegeln müssen.

Interviews wurden auch mit einer ausgewählten Gruppe von Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe geführt, wobei hier insbesondere Fragen zum Interesse und der Lernmotivation im Mittelpunkt standen. Übereinstimmend wurde betont, der Bezug der NaTech-Inhalte zur Lebenswelt müsse früher als bisher hergestellt werden. Damit könne man zu Berufs- und Ausbildungsgängen in diesem Bereich eine positive Einstellung entwickeln.

Bei der Weiterbildung der Lehrpersonen besteht auf allen Schulstufen Optimierungsbedarf. Gymnasiallehrpersonen werden vorwiegend Kurse zur fachwissenschaftlichen Vertiefung angeboten, ohne dass ein Bezug zum Unterricht hergestellt wird, während die von der

PHZH angebotenen Veranstaltungen zur Optimierung des NaTech-Unterrichtes nicht ausgelastet sind.

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

Vor dem Hintergrund der wissenschaftlichen Befunde, der Recherchen und der in der Bestandsaufnahme identifizierten Potenziale und Schwächen im Kanton Zürich wurden 16 Empfehlungen formuliert, die sich vier Bereichen zuordnen lassen:

1) Obligatorische Schulzeit mit Schwerpunkt auf Primarschule und Sekundarstufe I

Naturwissenschaftliche Themen, insbesondere solche, die Themen der Chemie und Physik betreffen, werden in der obligatorischen Schulzeit kaum behandelt, weil die meisten Lehrpersonen in ihrer Ausbildung nicht oder nur unzureichend darauf vorbereitet wurden. Deshalb sollte von der Bildungsdirektion mit sofortiger Wirkung ein mit Anreizen verbundenes Weiterbildungsprogramm initiiert werden, welches möglichst viele Lehrpersonen in die Lage versetzt, bereits existierende und bewährte Unterrichtseinheiten zu physikalischen und chemischen Themen im Unterricht umzusetzen (*Empfehlung 1*).

Die wenigen vorliegenden brauchbaren Unterrichtseinheiten zu Physik und Chemie sind vorwiegend auf die Primarschule zugeschnitten, deshalb besteht noch grosser Entwicklungsbedarf für Unterrichtsmaterialien auf allen Schulstufen, insbesondere auch für den Kindergarten. Die Bildungsdirektion sollte Teams aus Lehrpersonen und didaktisch orientierten Lernforschern bei der Entwicklung der Unterrichtsmaterialien unterstützen (*Empfehlung 2*). Um die Anschlussfähigkeit an diesbezügliche Schweizer Aktivitäten zu garantieren, sollte sich der Kanton Zürich bei der Entwicklung von Unterrichtsmaterialien am Lehrplan 21 orientieren (*Empfehlung 3*). Wenn mehr Themen aus Chemie und Physik im fächerübergreifenden Unterricht „Mensch und Umwelt“ behandelt werden, wird dies teilweise zu Lasten anderer Themen – z. B. aus Geschichte und Geographie – gehen. Die Bildungsdirektion sollte Primarschulen ausdrücklich bei dieser Umgestaltung unterstützen und dies auch gegenüber den Eltern verteidigen (*Empfehlung 4*). Um zukünftige Lehrpersonen besser auf die Erteilung von NaTech-Unterricht vorzubereiten, sollte der fachwissenschaftliche und fachdidaktische Anteil in der Ausbildung erhöht werden (*Empfehlung 5*). Und mit einem Bachelor in einem naturwissenschaftlichen Fach sollte man ohne ein weiteres Fachstudium an der Pädagogischen Hochschule Zürich Zugang zum Sekundarlehrpersonen-Master haben (*Empfehlung 6*).

2) Schnittstellenproblematik in den Schuljahren 7, 8 und 9

Ausgerechnet in einem Entwicklungsstadium, in dem sich die Interessens- und Motivationsstruktur von jungen Menschen herausbildet, sind gute schulische NaTech-Angebote im Kanton Zürich nicht gesichert. Im Untergymnasium nehmen Physik und Chemie keinen oder nur geringen Raum ein, und in der Sekundarschule werden die Schwerpunkte meist auf andere Inhalte gelegt. Auch vor dem Hintergrund des kurzfristig nicht zu behebenden

Mangels an Lehrpersonen mit Schwerpunkten in Chemie und Physik hat die Empfehlung das Ziel, fächerübergreifende Unterrichtseinheiten in diese Jahrgangsstufen zu legen, die sowohl den Bezug zur Lebenswelt herstellen wie auch berufliche Perspektiven aufzeigen, gleichzeitig aber eine solide Grundlage für fachspezifisches Verständnis der wissenschaftlichen Konzepte darstellen. Bei der Entwicklung von solchen – auch stufenübergreifenden – Materialien sollten Lehrpersonen der Sekundarstufe I aus Sekundarschule und Gymnasium zusammenarbeiten (*Empfehlung 7*). Eine bessere Abstimmung der Unterrichtsinhalte zwischen Untergymnasium und Sekundarstufe I ist im Sinn des Spiralcurriculums und überdies wegen der vielen Schul- und Klassenwechsel geboten. Ermöglicht werden könnte dies über eine gemeinsame Beteiligung der Gymnasien und der Sekundarschulen am Lehrplan 21 (*Empfehlung 8*). Um Schülerinnen und Schüler zu fördern, die bereits in der Primarschule gute Leistungen im NaTech-Bereich zeigten, sollten Gymnasien dabei unterstützt werden, in den Jahrgangsstufen 7 und 8 naturwissenschaftliche Schwerpunkte zu bilden (*Empfehlung 9*).

3) NaTech-Unterricht in der Sekundarstufe II (Gymnasium)

Es kann erwartet werden, dass ein optimierter NaTech-Unterricht in den unteren Jahrgangsstufen (Primarschule, Sekundarschule, Untergymnasium) auch die Lernwirksamkeit des gymnasialen Naturwissenschafts-Unterrichtes verbessern wird. Die Lernenden werden über Vorwissen verfügen, welches sie für den Aufbau abstrakter und formaler konzeptueller Netzwerke nutzen können. Aber das Gymnasium hat auch seine eigenen Probleme, die sich nicht von selbst erledigen werden. Dazu gehören Reibungsverluste durch Zielkonflikte. So sollte auch von Seiten der Bildungsdirektion klar kommuniziert werden, dass im NaTech-Unterricht die *Vermittlung einer Allgemeinbildung* und nicht die gezielte Vorbereitung auf ein Fachstudium angestrebt wird (*Empfehlung 10*). Optimierungsbedarf sehen wir auch bei der Vorbereitung der Lehrpersonen in den schwierigen Fächern Chemie und Physik auf die typischen Verständnisprobleme der Schülerinnen und Schüler. Wie man diese gezielt beim Verstehen abstrakter Konzepte und deren Anwendung auf die Lebenswelt unterstützen kann, wissen wir dank der Lehr-Lern-Forschung inzwischen recht gut und dies sollte in einer gezielten Weiterbildung umgesetzt werden (*Empfehlung 11*). Das grösste Problem im NaTech-Unterricht am Gymnasium ist aber der dramatische Mangel an qualifizierten Lehrpersonen in Physik und Chemie, weshalb die eigentlich wünschbare Erhöhung der Lektorenzahl in diesen Fächern derzeit nicht realisierbar ist. Um mehr über das Ausmass des Lehrermangels und den Umgang mit diesem zu erfahren, sollte eine detaillierte Befragung an den 20 Gymnasien durchgeführt und dann ein Massnahmenkatalog erstellt werden (*Empfehlung 12*). Mehr qualifizierte Studierende aus den Bereichen Chemie und Physik für ein Lehramtsstudium zu gewinnen, muss höchste Priorität für die Universität und insbesondere für die ETH Zürich haben, die die fachdidaktische Ausbildung aller Studierenden in diesen Unterrichtsfächern in Zürich verantwortet. Für die fünf Wege, die ETH und Universität Zürich anbieten könnten, um das Lehramtsstudium attraktiver zu machen, wird die Bildungsdirektion um Unterstützung gebeten (*Empfehlung 13*).

4) Themenbezogene Schwerpunkte im NaTech-Unterricht

Am Standort Zürich gibt es Potenzial für die Optimierung der NaTech-Bildung, das gezielt für die Unterrichtsentwicklung und die Weiterbildung von Lehrpersonen aller Schulstufen genutzt werden sollte. *Inquiry-based Science Education* könnte am *Life Science Learning Center* gefördert werden (*Empfehlung 14*). Das IGB kann Unterstützung bei der Frage bieten, wie Themen zu Umwelt und Gesundheit auch unter dem Aspekt der Gendergerechtigkeit in den Unterricht integriert werden können (*Empfehlung 15*). Entwicklungsarbeit bei der Anbindung naturwissenschaftlicher Inhalte und Konzepte an technische Fragestellungen wird im MINT-Lernzentrum der ETH geleistet. Die Bildungsdirektion kann die Umsetzung in der Schule unterstützen (*Empfehlung 16*).