

Eine MINT-Initiative für das Gymnasium

Teil 3: Vertiefte MINT-Allgemeinbildung



Vor 25 Jahren hat Hans Peter Dreyer als Physik- und Mathematiklehrer, Physikdidaktiker und VSMP-Vertreter die Rahmenlehrpläne für die Gymnasien mitgestaltet. Er hoffte, sie würden neben der absehbaren Strukturreform des MAR zu einer «inneren Reform» des Schulalltags und zu mehr Allgemeinbildung führen. Dementsprechend gab er Kurse zu fächerübergreifendem und Immersions-Unterricht und zur Auseinandersetzung mit Philosophie und Technik. Er ist immer noch von der Bedeutung der Allgemeinbildung fürs Gymnasium überzeugt, hält allerdings gelegentlich nach Herausforderungen jenseits der Gymnasialpolitik Ausschau.

«Allgemeinbildung» wird hier als Chiffre für die Ideale des MAR 95 verwendet. «Geistige Offenheit» und «Fähigkeit zum selbständigen Urteilen» können und sollen auch in den MINT-Fächern angestrebt werden. Das braucht bessere Rahmenbedingungen und Umbrüche in der Fachdidaktik: realistische Lernziele und Lehrpläne mit genügend Spielraum, aber auch passende, attraktive Lehrmittel, die individualisierendes Lernen ermöglichen. – Die geforderte MINT-Initiative darf nicht bloss den Fachkräftemangel und die Studierfähigkeit im Auge haben, sonst wird das Gymnasium mittelfristig beides verlieren: den privilegierten Hochschulzugang und die Chance für Allgemeinbildung.

Ein Lehrer, aber niemals ein Erzieher

«Der Mann der naturwissenschaftlichen Realien kann wohl ein Lehrer, aber niemals in dem Sinn und Grade ein Erzieher sein wie der Jünger der bonae litterae.» schreibt Thomas Mann im Kapitel II des «Doctor Faustus». Diese bildungsbürgerliche Hochnäsigkeit des Serenus Zeitblom ist auch noch siebzig Jahre später, und auch im Umfeld schweizerischer Gymnasien zu beobachten. Offenbar gelingt es nicht, «geistige Offenheit» ebenfalls für Naturwissenschaften und Technik in ausreißendem Masse zu wecken.

Lange bevor der Begriff «Ausstieg» geprägt und der Rahmenlehrplan¹ zum offiziellen Dokument erhoben wurden, bat mich eine Klasse, am Schluss etwas zum Atomkraftwerk zu sagen. Also bereitete ich «Kettenreaktion», «Abwärme» und «radioaktive Abfälle» stufengerecht vor und stiess auf technische Konzepte wie «Verfügbarkeit» und «Restrisiko». Die durchlässige Grenze zwischen friedlicher und militärischer Nutzung der Kernphysik machte die Ambivalenz der Naturwissenschaft deutlich. Archimedes hatte sie schon in der Antike erfahren müssen. Für Albert Einstein, 1914 ein überzeugter Pazifist im militaristischen Berlin, aber 1939 in Princeton ein Fürsprecher der Atombombenforschung, wurde sie zur persönlichen Tragödie. Etwas blauäugig berichtete ich an einem WBZ-Kurs, was ich im Unterricht lehrte, da stellte mich ein prominenter Physiklehrer in den Senkel: «Bei mir gibt es nur saubere Physik!»

Natürlich gibt es nicht zweierlei Physik, «saubere» und «allgemeinbildende». Aber es gibt zwei Ideale für die Ausrichtung des naturwissenschaftlichen Unterrichts: quantifizierend, purifizierend und wissenschaftspropädeutisch oder primär an den Lernenden orientiert, Konzepte betonend, das Umfeld – und damit auch die Technik – einbeziehend: Wieso war Galileis Kinematik kriminell? Weshalb ist Goethes Farbenlehre reaktionär? Warum erhielt Lise Meitner keinen Nobelpreis? – Wer im Gymnasium zu Recht die «geistige Offenheit» auch für «die natur-

Offene Antworten in MUPET

An den Befragungen des Projekts MUPET mit den Schwerpunkten Mathematik und Physik nahmen insgesamt 8000 Lernende aus Gymnasien in 22 Kantonen und allen Sprachregionen der Schweiz teil. Etwa ein Drittel machte von der Möglichkeit Gebrauch, sich ausführlich zu Mathematik, Physik und dem Gymnasium allgemein zu äussern. Die paar Ausschnitte zeigen, wie ernsthaft viele Lernende das genutzt haben:

«Zu eurer Umfrage: Ich frage mich stark, wie Sie das auswerten wollen.» *Maturand P&AM*

«Je vous remercie d'avoir initié ce sondage.» *Maturandin, moderne Sprachen*

«Sondaggio molto interessante che mi ha permesso di riflettere su degli aspetti della mia personalità e del mio futuro a cui spesso non presto molto tempo.» *Gymnasiastin P&AM*

Weitere Informationen in den vorangegangenen Nummern des GH (GH05/2014 und GH01/2015) und auf www.math.ch/mupet. Dort sind insbesondere die skizzierten möglichen Massnahmen systematisch aufgelistet.

Ich danke den Herren Prof. N. Hungerbühler von der ETH und Rektor M. Gauer von der KS Wattwil für die unentwegte Unterstützung; ebenso danke ich Frau C. Heinze, ETHZ, für die grosse Hilfe beim Auswerten, ebenso allen anderen, die mit Übersetzungen, Diskussionen usw. zum Ergebnis beigetragen haben.



Abbildung 1: Ein Team der Forschungsgruppe ACADEMIA der KS Wattwil erzeugt und untersucht kleine Erdbeben. Saubere Geophysik oder schmutzige Fracking-Technik? – Sicher eine erfolgreiche Form von MINT-Förderung!

wissenschaftlichen Realien» einfordert, muss die Fesseln der Tradition² lösen und geistige «Exkurse» in vernünftigem Umfang als Normalpensum deklarieren, prüfen und benoten. Die Zeit für die Arbeit an «science literacy» ist nur scheinbar verloren, sie wird durch den Motivationsgewinn mehr als ausgeglichen. Allerdings sind die Herausforderungen bei Physik und Chemie merklich grösser als bei Biologie und Geografie, denn die beiden Pole liegen dort weiter auseinander.

Motivieren mit Mathematik

Die Mathematik gehört seit der Antike zum Kanon, und die Lernenden treten mit mindestens 1000 Lektionen Vorbildung ins Gymnasium ein. Insgesamt ist das Fachinteresse recht hoch und wenig gender-spezifisch. Und doch gehört gerade im deutschen Sprachraum das Kokettieren mit der eigenen Mathematikschwäche immer noch zum guten Ton. Ich beobachte es bei Kulturradio-Moderatorinnen ebenso wie bei kantonalen Erziehungsdirektoren. Was kann das Gymnasium gegen das Phänomen, dass «Mathematik im Jenseits der Kultur³» steht, tun? (Gegen die billigen

Bei den Lernenden stehen folgende drei Blickrichtungen im Vordergrund: [...]

– der Blick in die Ideengeschichte der Mathematik und deren Einbettung in die Kulturgeschichte und die Entwicklung von Wissenschaft und Technik.

Abbildung 2: Ausschnitt aus dem immer noch gültigen Rahmenlehrplan für das Grundlagenfach Mathematik von 1994, p. 97 (Hinweis: Die französischsprachige Version des Rahmenlehrplans unterscheidet sich stark von der deutschsprachigen.)

Stereotypen in der Presse wohl nichts...) In MUPET machen sich die Lernenden Gedanken:

«Der Zeitdruck im Mathematik- und Physikunterricht an Gymnasien ist definitiv viel zu hoch.» (Maturandin, W&R)

« On devrait faire, en parallèle avec les cours de mathématiques normaux, des cours d'histoire des mathématiques où l'on nous présenterait de grands mathématiciens et ce qu'ils ont fait. » (Gymnasiastin, alte Sprachen)

«Cercherei di dare esempi sia teorici sia pratici per ogni argomento.» (Gymnasiast P&AM)

Wer über den Tellerrand der Schulmathematik blickt, muss sich fragen, wie weit beim Lernen der Fremdsprache «Mathematik» neben dem Vokabular und der Syntax noch eine Kurzgeschichte oder gar ein Roman im Unterricht Platz finden. Ein Roman? Vielleicht als Auseinandersetzung mit der schillernden Figur des Bertrand Russell⁴. Dabei würden sicher die verbreiteten Vorurteile «Mathematik ist seit Jahrhunderten unverändert», «Mathematiker sind langweilig» widerlegt. Eine Kurzgeschichte sogar selber schreiben? Vielleicht zu den Primzahlen, den Deckabbildungen, dem Mühlespiel oder einer der vielen Anwendung in Wissenschaft, Wirtschaft oder Technik. Genau dies fordert bekanntlich (?) der gültige Rahmenlehrplan (Abbildung 2).

Natürlich muss heute das Know-how allgemein Gebildeter in Statistik so sein, dass sie den Wert von Umfrageergebnissen beurteilen können. Sie dürfen sich nicht von Durchschnitten, etwa des Einkommens, blenden lassen, sondern müssen nach Stichprobe und Schwankung fragen. Doch geht es immer bloss um solch unmittelbare Nützlichkeit? Sind nicht viele Lernende bereit, den Sinn des Mathematiklernens in einem grösseren Rahmen zu begreifen? Zentral ist, für die Ausrichtung der Mathematik auf dem Niveau I (vgl. Teil 2) weniger den zukünftigen Apotheker und stärker die zukünftige Primarlehrerin vor Augen zu haben. Ihre Erfahrungen im Gymnasium prägen die Einstellung zur Mathematik, und die Art, wie sie später Rechnen unterrichtet, prägt Generationen. Das gilt – mutatis mutandis natürlich – auch für die Hochschulen.

«Eine bessere Lehrmeisterin»

Bevor Albert Einstein am Patentamt angestellt wurde, hat er mit Freude und erfolgreich Mathematik und Physik unterrichtet. «Ich glaube überhaupt, dass Liebe eine bessere Lehrmeisterin ist als Pflichtbewusstsein,» schrieb er, allerdings in Bezug auf sein Geigenspiel⁵. Interesse ist besser als Druck, pri-



Abbildung 3: Die Herausforderung in Konstruktionswettbewerben, Probleme konkret zu bewältigen, regt beide Geschlechter zu technischem Arbeiten an. Lehrpersonen stehen bloss im Hintergrund.

märe Motivation besser als sekundäre, und «geistige Offenheit» nur ein anderer Begriff für «Lernbereitschaft». Der Zusammenhang zwischen Interesse und Leistung wurde oft dokumentiert. In der MUPET-Maturandenbefragung fanden wir für Mathematik eine Rangkorrelation zwischen Interesse und Leistung von 0,6, nur übertroffen vom Zusammenhang zwischen Leistung und Selbstkonzept (Zutrauen) mit 0,67. Gelingt es, echtes, persönliches Interesse für die MINT-Fächer zu wecken, nimmt der Stress bei Lernenden und Lehrenden ab, das Klima im Schulzimmer wird heller und das Lernen intensiver.

Lehrer und Lehrmittel

«Es braucht einfach bessere Lehrer», heisst das Mantra oft bei Diskussionen über Schulprobleme. Die vielen Rollen der Lehrperson hat John Hattie⁶ zusammengetragen. Auch aus Sicht der Lernenden ist die Person ausschlaggebend. Originalton:

«Ich denke beim Lernen ist das Verhältnis von Schülern und Lehrern sehr wichtig! Erst wenn dieses gut funktioniert, entsteht ein gutes Klima und nur das ermöglicht ein gutes Lernen.» (Maturandin, bildnerisches Gestalten)
 «Tout dépend du professeur qui enseigne la matière!!» (Maturand, moderne Sprachen)
 «Il problema non sono le materie e i loro argomenti, ma i DOCENTI!!» (Gymnasiastin, W&R)

In der Mathematik ist die Lehrerrolle besonders ausgeprägt: Keine Experimente, wie in den Naturwissenschaften, keine Gedichte, wie im Deutsch, keine Musterverträge, wie in der Wirtschaftskunde tragen zur Vermittlung des Stoffes und zur Stimulation der Lernprozesse bei. Es ist klar, dass dieser Alltag nicht immer gelingt. Die Spannweite der Schülerurteile reicht dementsprechend von «sehr gut» bis «unbrauchbar».

Im Idealfall könnte das Rektorat «cambiare dirattamente maestra» (Gymnasiast, B&C) und aus einem grossen Angebot von fachlich und

fachdidaktisch ausgewiesenen Bewerbungen den- oder diejenige aussuchen, die in Probelktionen mit ihren menschlichen⁷, methodischen und schulorganisatorischen Fähigkeiten überzeugen. Mit einer Anstellungspolitik, in der 80% effektiv 100% bedeuten, kommt man dem Ideal jedoch nicht näher.

«Bei unserer jetzigen Lehrperson, *der etwa sechsten seit knapp vier Jahren*, gefällt mir ...» schreibt eine Maturandin aus den Modernen Sprachen. Der Einschub weist auf den MINT-Lehrermangel, der von Schulleitungen bestätigt wird, aber in keiner Statistik⁸ in Erscheinung tritt, weil er mit Studierenden, fachfremden oder fremdsprachigen Personen gedeckt wird. Dass Mangel herrscht und «Import» nötig ist, erstaunt nicht: Durch die wachsende psychische Belastung im «Klassenraum-Management» wird der Lehrerberuf schwieriger; wegen den Sparmassnahmen der Kantone wird speziell die Gymnasiallehrerlaufbahn ständig weniger attraktiv und gilt als Sackgasse; für MINT-Fachleute locken zusätzlich viele Alternativen ausserhalb der Schule.

Ein Gymnasiallehrer ist ein Fachmann in dem Sinn, als er eine Maturarbeit fachgerecht zu betreuen vermag; er ist aber auch willens und fähig, sein Fach allgemeinbildend zu unterrichten, und dadurch unterscheidet er sich vom Hochschuldozenten. Dieses Berufsbild und Selbstverständnis muss in Fachdidaktikzentren für die Gymnasien noch geschärft und entwickelt werden, natürlich und zunehmend auch für die Gymnasiallehrerinnen. Vergleiche mit der Situation in der Medizin sind nützlich.

Auch gute Lehrpersonen brauchen bessere Rahmenbedingungen, wenn der Unterricht gelingen und die Allgemeinbildung in den MINT-Fächern mehr Gewicht bekommen soll. Lehrplanänderungen bewirken wenig, und der Verantwortliche in Bayern findet⁹: «Für die Umsetzung von Innovationsprozessen haben Schulbücher einen entscheidenden Stellenwert.» Abgesehen vom Werdegang der Lehrperson prägt nichts den Alltag so wie die Lehrmittel. Doch in der Schweiz wird deren Rolle komplett vernachlässigt: In manchen Fächern sind wir zum KLETT-Gau geworden; in den Fremdsprachen ist der Einfluss der Zertifikations-Industrie unübersehbar; in Mathematik und Physik entsprechen die Erzeugnisse der VSMP-Kommissionen den knappen Ressourcen. Individualismus und Kopiermöglichkeiten wirken zusätzlich gegen das Arbeiten mit Lehrbüchern, wie Abbildung 4 darlegt.

Als Folge davon werden mit viel Aufwand für die immer gleichen Themen unterschiedliche Skripten von oft mangelhafter Qualität produziert. Deshalb finden Lernende:

¹ Der Rahmenlehrplan wurde ab 1989 von Lehrkräften in Freizeitarbeit formuliert, später mit einem Überbau versehen und in die Rechtsgrundlagen aufgenommen.
edudoc.ch/record/17476/files/D30a.pdf

² Tradition wird selten so entlarvend dargestellt wie im Vorwort der «Physikalischen Aufgaben» von Budde-Johannesson: «Das Buch dient also allein der mathematischen Schulphysik und vermag die Erfassung realer Verhältnisse nicht zu fördern.» (Braunschweig 1918, Viehweg, p. IV).

³ Hans Magnus Enzensberger, Zugbrücke ausser Betrieb oder Die Mathematik im Jenseits der Kultur, Frankfurt 2002, Suhrkamp (p. 12): «Ein allgemeiner Konsens hat sich herausgebildet, der stillschweigend, aber massiv die Haltung zur Mathematik bestimmt.» Als Ursache vermutet Enzensberger «unsere intellektuelle Sozialisation, genauer gesagt: die Schule.»

⁴ Eine Biographie des illustren Earls:
en.wikipedia.org/wiki/Bertrand_Russell
 Die Russellsche Antinomie wird erläutert in
de.wikipedia.org/wiki/Barbier-Paradoxon

⁵ Albrecht Fölsing, Albert Einstein, Frankfurt 1993, Suhrkamp, p. 39.

⁶ John Hattie, Lernen sichtbar machen, Baltmannsweiler 2014, Schneider.

⁷ Die akademischen und handwerklichen Fähigkeiten zukünftiger Lehrpersonen werden von den Hochschulen geprüft, die menschlichen Eigenschaften bleiben offen. «Bin ich fit für den Lehrerberuf?» kann im Selbsttest www.ethz.ch/de/studium/didaktische-ausbildung.html beantwortet werden.

⁸ Hier Daten zu erheben, wäre eine wichtige Aufgabe der SMAK. Der Versuch von EPFL/HEP Lausanne mit einer Schmalspur-Mathematiklehrerausbildung ist eine halboffizielle Bestätigung des Problems.

⁹ Josef Erhard, Erwartungen an Schulbücher im Kontext von Bildungsreformen, München 2010, Staatsministerium für Unterricht und Kultur.

¹⁰ www.telekom-stiftung.de

¹¹ Das Gymnasium im Land der Berufslehre, Zum 150 Jahre Jubiläum der Kantonsschule, Hrsg. Andreas Pfister, Zug 2011.

Lehrmittel und Methoden	praktisch nie	selten	häufig	fast immer
Lehrperson entwickelt Theorie	3%	9%	32%	55%
Benutzung Theoriebuch	45%	23%	18%	14%
Skript der Lehrperson	20%	20%	26%	34%

Abbildung 4: Maturandinnen und Maturanden äussern sich zum Geschehen im Mathematikunterricht.

«Die Theorie ist eine Katastrophe und ich habe auch noch keine klar strukturierten und simplen Lehrmittel gefunden, die das bieten können (z.B. Analysis).» (Maturand, W&R)

« Pour améliorer l'enseignement des mathématiques, je propose un livre de théorie en complément avec des exercices supplémentaires [...] Un site internet au niveau fédéral ou cantonal [...] est aussi une bonne chose à mettre en place. » (Gymnasiastin, W&R)

«Un libro di testo con esercizi integrati così da avere il materiale in modo ordinato e facile da ripassare.» (Maturandin, B&C)

Kein individueller Fleiss kann eben ein Redaktionsteam, das die Didaktik kritisch durchleuchtet und Erprobungen auswertet, samt Lektor und Grafiker ersetzen! MOOCs, massive open online courses, breiten sich im universitären System aus Kostengründen rasch aus. Für die Gymnasien braucht es etwas anderes, vielleicht den MMOOOC, einen modellhaften, modularen, für best-practice offenen, offline/online Kurs mit Betonung auf «Kurs», also eine kohärente Darlegung der ganzen Gymnasialmathematik für das Grundlagenfach im Niveau I, so dass sie Lernende auch zum Nacharbeiten, Üben usw. nutzen können. In einem solchen Modell-Lehrgang, der von erfahrenen Lehrkräften wohl nur auszugsweise eingesetzt würde, könnten auch viele didaktische Schätze eingebaut werden, die jetzt in Lehrertischen brach liegen.

Was fehlt, ist ein Kristallisationskern und das schweizerische Pendant zur Deutschen Telekomstiftung¹⁰ für die Finanzierung eines derartigen Projekts, das einige Millionen kosten wird. Im Vergleich zu den rund zwei Milliarden Franken, die jährlich fürs Gymnasium ausgegeben werden, ist das jedoch wenig.

Gymnasium: Denkmal oder Baustelle?

Es geht nicht ums Schwarzmalen, wenn man feststellt, dass der Putz im MINT-Trakt des Gymnasiums Risse zeigt, während der musische Bereich glänzt und das Sprachengebäude ausgebaut wird. Die Risse legen grundsätzliche Fragen zur Zukunft des Gymnasiums offen:

- Bleibt das Privileg des prüfungsfreien Hochschulzugangs?
- Ist die gymnasiale Bildung eine auf der Höhe der Zeit stehende «allgemeine»?
- Öffnet sich das Gymnasium «im Land der Berufslehre»¹¹ für alle Gesellschaftsschichten, und wird es dementsprechend finanziert?

In diesem Essay sind viele unterschiedlich wichtige und komplexe Vorschläge für moderate Massnahmen skizziert und begründet worden. Grundsätzliche Fragen, etwa das Verhältnis zu den Fachmittelschulen in den Bereichen Pädagogik und Kunst, blieben offen. Aber die Bilanz ist eindeutig: Eine grössere Teilrenovation des Gymnasiums steht an! Kantone und Bund, Gymnasien und Hochschulen, Schulleitungen und Lehrpersonen, Verwaltung und Wirtschaft müssen der MINT-Problematik das gleiche Gewicht wie der Sprachenfrage geben und eine umfassende MINT-Initiative für den Gymnasialbereich planen und partnerschaftlich durchführen.

educanet²-Tagung «e²change»

Wissensmanagement im Fokus | 27. Mai 2015 in der BERNEXPO

→ echange.educanet2.ch

educa.ch