Konferenz Gymnasium-Universität III, 11./12. September 2017, Bern

Unterschiede Mathematik - Physik

Status: Diskussionsgrundlage für ein Treffen der M/Ph-Arbeitsgruppen
Stand: 5. Juli 2017, Martin Lieberherr und Arno Gropengiesser

Damit der Übergang Gymnasium-Hochschule für die Schülerinnen und Schüler reibungsarm vonstatten geht, sollten sich Mathematik und Physik verbünden. Vorschläge, wie die beiden gymnasialen Fächer gemeinsame Unterrichtsinhalte finden, wurden bereits in vielen Weiterbildungskursen gemacht. Genauso wichtig ist aber, dass sie sich gegenseitig nicht stören. Es sollte nicht sein, dass der Unterricht im einen Fach zentrale Inhalte des anderen Faches zerstört oder behindert. Nachfolgend eine gemeinsam ausgearbeitete Liste mit Unterschieden und Problemfeldern.

Mathematik	**Physik**
Mathematik ist eine Geisteswissenschaft.	Physik ist eine exakte Naturwissenschaft.
Gegenstand Untersucht werden formal widerspruchsfreie, logische Strukturen. Das Mittel dazu ist der Beweis. Eine Anwendung ist "nice to have", aber nicht erforderlich.	Gegenstand Untersucht werden jene Zusammenhänge in der Natur, die quantitativ beschrieben werden können. Das Mittel dazu ist das Experiment. Logische Konsistenz ist leider nicht immer zu haben.
Beweis Ein bewiesener Satz ist sicher wahr. Die Voraussetzungen (Axiome), unter denen der Satz gilt, können (fast) frei gesetzt werden. Reale oder numerische Experimente dienen allenfalls der Hypothesensuche.	Beweis Ein Beweis stärkt die Theorie, aber erst das Experiment schafft Fakten. Axiome gibt es nicht, allenfalls Postulate. Sichere Aussagen über die Welt sind philosophisch unmöglich. Simulationen generieren gute Hypothesen.
Experiment Die Goldbachsche Vermutung ist bestätigt für alle Zahlen bis $4 \cdot 10^{18}$. Ein Gegenbeispiel, die sie widerlegt, wurde nicht gefunden, genauso wenig wie einen Beweis, dass sie für *jede* beliebig grosse gerade Zahl gilt.	Experiment Das mathematische Modell ist elegant und logisch konsistent, aber leider im Widerspruch zu den Experimenten. "Gezählt, gewogen und für zu leicht befunden." (Daniel 5,25, Altes Testament)
Es gibt mehrere hundert Beweise für den Satz von Pythagoras, er ist sicher wahr.	Die Welt ist nicht euklidisch (Einstein, 1916, et al.), aber euklidische Geometrie ist eine exzellente Näherung.
Genauigkeit Eine Rechnung stimmt exakt oder ist falsch. "Die ganzen Zahlen hat der liebe Gott gemacht, alles andere ist Menschenwerk." (L. Kronecker)	Genauigkeit Eine Rechnung ist erst dann gut, wenn man weiss, WIE gut sie ist. "To err is human; to describe the error properly is sublime" (C. Swartz)
Nachfolgende Nullen werden nicht geschrieben. Nachfolgende Leerstellen werden gedanklich mit Nullen gefüllt.	Nachfolgende Nullen müssen geschrieben werden, falls sie signifikant sind. Nachfolgende Leerstellen sind unbekannt.
Notation $y = f'(x)$	Notation $v = ds/dt$

Die Schreibweise nach Newton ist kurz. Die Variable, nach der abgeleitet wird, wird nicht explizit genannt. Die Notation legt kaum eine Interpretation nahe. Der Transfer in die Anwendung ist schwierig.	Die Schreibweise nach Leibniz ist klar und lässt eine Interpretation sowie Einheitenkontrolle zu. Die Schreibweise muss gelernt und geübt werden.
Einheiten Ohne Einheiten oder "ohne Beschränkung der Allgemeinheit wird der Kreisradius Eins gesetzt".	Einheiten Dimensionsanalysen und Einheiten sind ein wesentliches Element der Hypothesen-bildung und Konsistenzprüfung.
Formalisierung $s = 3t+7$ Parameter werden selten verwendet. Die Bedeutung der Variablen ist offen.	Formalisierung $s = v \cdot t + s_0$ Gleichungen sind vollständig parametri-siert. Variable sind inhaltlich aufgeladen.
Aufgabenstellung Aufgaben sind klar gestellt und haben eine eindeutige Lösung. Externes Wissen ist kaum nötig.	Aufgaben sind offene Projekte mit besseren und schlechteren Lösungen. Die Voraussetzungen sind oft implizit. Externes Wissen ist notwendig, z.B. was vernachlässigbar oder tabelliert ist.
Mathematik ist eine strukturierende Wissenschaft: Sie liefert Werkzeuge für alle quantitativ und logisch argumentierenden Wissenschaften. "In jeder reinen Naturlehre ist nur so viel an eigentlicher Wissenschaft enthalten, als Mathematik in ihr angewandt werden kann." (I. Kant)	Physik stellt das Basiswissen für alle anderen Natur- und technischen Wissenschaften. Sie hilft, Mathematik zu standardisieren, legitimieren und weiter zu entwickeln. Pascal, Huygens, Newton, Bernoulli, Euler, Lagrange, etc. waren Mathematiker und Physiker in Personalunion.
Mathematik kommt grundsätzlich ohne Physik oder andere Anwendungen aus. Mathematik ist eine Kunst!	Physik muss die Mathematik selber entwickeln, weil der Unterricht in Mathe zu spät dran ist. Mathematik ist eine Sprache.
Stundenzahl Mathematik ist eine Basis für alle exakten Wissenschaften. Mathematik benötigt deshalb viel Unterrichtszeit.	Stundenzahl Mathematik ist wie Sprachunterricht. Man darf nicht bei der Grammatik (Mathe) stehen bleiben, sondern muss auch etwas zu sagen haben (Literatur, Physik).
Ärgernisse Warum kann die Physikerin nicht einfach meine Notation übernehmen? Warum rechnet er Handgelenk mal Pi, wenn es doch exakt geht? Immer diese Vorgriffe im Stoff ohne didaktischen Aufbau!	Ärgernisse Nie hält sich der Mathematiker an die vereinbarten Fixpunkte! Warum hat sie der Klasse nicht beige-bracht, wie man Doppelbrüche auflöst? Zeigt der Mathematiker denn nie eine Anwendung?
Kanon Der Kanon Mathematik wurde überarbeitet. Wie stellt sich die Physik dazu? Wie unterstützt sie die dessen Ziele? Was gewinnt der Physikunterricht?	Empfehlungen Ein Kanon Physik ist wegen der Heterogenität der Lektionenzahl und -verteilung ein Wunschtraum. Physik hat 2-3 mal weniger Lektionen als Mathe.
Basale Kompetenzen Wie stellt sich die Physik zu den geforderten basalen Kompetenzen in Mathematik?	Basale Kompetenzen Ein verlässlicher Lehrplan mit Fixpunkten ist wichtiger für den Unterricht. Was passiert mit faulen oder dummen

	Schülern?
Hilfestellung Mathematik hilft der Physik, indem sie Sprachelemente zur Verfügung stellt.	Hilfestellung Physik hilft der Mathematik, weil sie Mathematik anwendet.
persönliche Animositäten „Ich sehe die Anwendung der Mathematik nicht in der Physik."	persönliche Animositäten „Mir fallen in fünf Minuten mehr angewandte Projektthemen ein, als diesem Mathematiker in zwei Wochen."

Weitere Gedanken

Mittelschulmathematik benötigt Anwendungen in Naturwissenschaft und Technik, um die hohe Stundenzahl zu rechtfertigen. Ohne Anwendungen gerät Mathematik in den Ruf eines Orchideenfaches: Die Lektionen würden gekürzt, wie es gerade dem Latein widerfährt. Im Gymnasium verwendet nur Physik in grossem Umfang Mathematik.

Darf die Physik Ansprüche an den Mathematikunterricht stellen, weil sie Mathematik häufig anwendet? (Fixpunkte, Reihenfolge, Tiefe der Behandlung, ..) Es ist lästig, wenn nach einem Jahr Mathematikunterricht die Geradengleichung fehlt.

Mittelschulphysik soll rechnen, denn Physik ist eine quantitative Naturwissenschaft. Das Rechnen stärkt die mathematische Flexibilität. Ein zweiter, anwendungsorientierter Blick auf mathematische Strukturen hilft vielen Schülerinnen und Schülern. Qualitativer, d.h. text- und bildlastiger Physikunterricht ist in dieser Beziehung nicht hilfreich. So dient er auch nicht der Hochschulvorbereitung.

Kann übermässiger Mathematikunterricht auch negative Auswirkungen haben? Beschäftigt man sich zu lange mit einem Gegenstand, der einem lieb ist, verliert man die kritische Distanz. "Ohne Zahlen kann man nicht zählen." (Falsch, man kann Abzählverse benützen. Ein abstrakter Zahlbegriff ist nicht nötig zum Zählen.) "Kräfte sind Vektoren." (Falsch, es ist umgekehrt: Vektoren sind idealisierte Kräfte. Kräfte sind zweitausend Jahre älter als Vektoren. Vektoren reichen nicht aus, die Wirkung von Kräften vollständig zu charakterisieren.) Weil Physiker so früh und lange mathematisch trainiert werden, ist die Verbindung zur Natur manchmal schwächer ausgebildet als jene zum mathematischen Ideenhimmel. Der moderne logisch-axiomatische Stil, den Studenten aus dem Studium mitbringen, ist unpraktisch für den gymnasialen Physikunterricht, denn er unterschlägt oft die Ideengeschichte und Varianten.

Darf die Physik umgekehrt auf eine Vertiefung der Eigenschaften mathematischer Objekte immer verzichten? Beschäftigt man sich zu kurz mit einem Gegenstand, gewinnt man keinen Überblick und verpasst logische Konsequenzen. Schwebungen ohne Summenregel der trigonometrischen Funktionen? Zusammenhang von Position und Geschwindigkeit ohne Hauptsatz der Infinitesimalrechnung? Elektrisches oder magnetische Feld ohne Vektoren? Da fehlte ein Element der Hochschulvorbereitung.

Sind die Unterschiede zwischen gymnasialer Mathematik und Physik dieselben wie zwischen universitärer Physik und Mathematik? Profitiert die universitäre Mathematik vom gymnasialen Physikunterricht respektive die universitäre Physik vom gymnasialen Mathematikunterricht?