

Mathematik im Physikunterricht Ein Entwicklungsprojekt

Mathematik erfüllt in der Physik zahlreiche Funktionen. Sie dient nicht nur dazu, komplexe Sachzusammenhänge begrifflich und formal besonders dicht auszudrücken. Sie ist auch ein Generator neuer physikalischer Ideen und Mittel der Modellbildung. Dass man die Natur überhaupt mit Mathematik beschreiben und Vorhersagen treffen kann, ist philosophisch bedeutsam, wird aber im Schulunterricht bisher kaum thematisiert. So zeigt sich auch in den Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern, dass mathematische Arbeitsweisen abseits von Formelkalkülen wenig bis gar nicht wahrgenommen werden (Krey, 2012). Die didaktische Entwicklung des Physikunterrichts sollte diese konstitutive Rolle der Mathematik jedoch berücksichtigen. Es lassen sich gute Argumente für eine enge inhaltliche Verbindung von Physik und Mathematik auch im didaktischen Kontext finden (Uhden, Karam, Pietrocola & Pospiech, 2012). Hinzu kommt, dass Mathematik im Physikunterricht spezifische Lernschwierigkeiten erzeugt, die bislang in der Unterrichtsentwicklung wenig beachtet werden. Es herrscht ein großer Mangel an erprobten und wissenschaftlich fundierten Best-Practice-Beispielen, wie Schülerinnen und Schüler die wichtige Rolle, die die Mathematik in der Physik spielt, für eigenes Lernen nutzen und als sinnstiftend erleben können. Dafür notwendige diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften sind ebenfalls ein sich dabei ergebendes Handlungsfeld mit Entwicklungsbedarf.

Zielsetzung

Um einen praktischen Beitrag zur Lösung der angesprochenen Probleme zu liefern und dabei die Unterrichtsrealität eng im Blick zu behalten, haben wir in Kooperation mit dem *Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg* eine Entwicklergruppe gegründet. In Anlehnung an den Ansatz der Entwicklungsforschung (Prediger et al., 2012) arbeiten zehn Lehrkräfte und drei Physikdidaktiker in einem monatlichen Rhythmus.

Es werden Unterrichtseinheiten zur Mathematik im Physikunterricht entwickelt. Dabei sichert die intensive Beteiligung von Lehrkräften am Entwicklungsprozess, dass die curricularen Ideen, die entwickelt werden, praxis- und problembezogen sind. Physiklehrkräfte bringen ihre Erfahrungen, Problemsichten, Wissen über Lehren und Lernen und ihre didaktische Kreativität in den Entwicklungsprozess ein. Die Expertise der Physikdidaktik sichert einen angemessenen Forschungsbezug und die Qualität und Aktualität der fachdidaktischen Konzeptionen.

Nach der Entwicklung der Unterrichtseinheiten werden diese von beteiligten Lehrkräften in ihrem Unterricht erprobt. Nach Möglichkeit werden begleitende Hospitationen durchgeführt. Aufgrund dieser reflektierten Erfahrungen können die Unterrichtseinheiten nun einer erneuten Überarbeitung unterworfen werden. In diesem Projekt kann keine streng wissenschaftliche Evaluation vorgenommen werden. Die Evaluation und Überarbeitung erfolgt daher diskursiv in den Arbeitsgruppen auf Grundlage der reflektierten Erfahrungen und Beobachtungen.

Konzeption

In einer ersten Sitzung wurden, ausgehend von empirischen Erkenntnissen zu Verständnisschwierigkeiten beim Übersetzen zwischen Physik und Mathematik (Uhden, 2012) weitere Probleme und Arbeitsschwerpunkte im diskursiven Austausch mit den

Lehrkräften gesammelt und klassifiziert. Dabei ergaben sich folgende problematische Bereiche, die beim Umgang mit Mathematik im Physikunterricht zu Lernschwierigkeiten führen können und bei der Konzeption von Unterricht zu beachten sind:

- (1) Transfer der mathematischen Kenntnisse in physikalischen Kontext bzw. Übersetzung zwischen mathematischen Strukturen und physikalischer Bedeutung
- (2) Abwägung zwischen induktivem und deduktivem Vorgehen
- (3) Erkennen der Notwendigkeit und Vorteile von (mathematischer) Abstraktion
- (4) Wahrnehmung der Mathematisierung als sinnstiftende Tätigkeit
- (5) Curriculare Bedingungen bzgl. einer Vernetzung von Mathematik- und Physikunterricht
- (6) Physikalisches Grundlagenwissen/Verständnis der Schüler
- (7) Mathematisches Grundlagenwissen/Verständnis der Schüler

Anschließend konstituierten sich drei Arbeitsgruppen mit unterschiedlichen Themenbereichen und Arbeitsschwerpunkten. Jede Gruppe wurde von einem Physikdidaktiker betreut, der die Gruppenarbeit strukturiert und fachdidaktische Impulse gegeben hat. Im Folgenden werden kurz die drei Themenbereiche mit Zielen und den erarbeiteten didaktischen Konzeptionen vorgestellt.

Dichte – Verhältnisse am Beispiel der Dichte in Klasse 8, Adressierung der Problembereiche 1 und 4.

Die Schüler sollen verstehen, warum ein Verhältnis/Quotient physikalischer Größen gebildet wird und welcher Erkenntnisgewinn hierdurch erreicht wird. Um einen sinnstiftenden Zugang zu ermöglichen, wird der alltägliche Umgang mit Verhältnissen thematisiert, bevor das Verhältnis m/V anhand des Vergleichs von flüssiger und geschlagener Sahne entdeckt werden soll. Dieser einführenden Sequenz, die an der Lebenswelt der Schüler anknüpft, folgen experimentelle Dichtebestimmungen, um eine gewisse Erfahrung und Vertrautheit zu ermöglichen. Als abschließende Sequenz wird der Fokus auf interpretative Übungen zur Verbindung von mathematischer Struktur und physikalischer Bedeutung sowie auf Reflexionen zu Erkenntnisgewinn und Lernprozessen gelegt.

Energie – Klasse 9, Adressierung vorrangig des Problembereiches 3 sowie weiterhin der Bereiche 1, 4 und 6.

Formeln dienen in Klasse 9 erstmals der Quantifizierung und Bilanzierung von „Energien“. Um zwischen abstrakter Formel, abstraktem Energiekonzept und konkretem Phänomen zu vermitteln, wird das Denken in einem mentalen Modell (Behälterschema) für Energiemengen, die erhalten bleiben, eingeübt. Formeln dienen der „Füllstandsanzeige“ gedachter Behälter. Für unterschiedliche Phänomene wird der Wechsel zwischen den drei Repräsentationsebenen eingeübt.

Lorentzkraft – Oberstufe, Adressierung vorrangig des Problembereiches 1 sowie weiterhin der Bereiche 2, 3 und 5.

Um ein Verständnis der Lorentzkraft und deren mathematischer Formulierung zu unterstützen, werden deutlich stärkere Querbezüge zum Mathematikunterricht hergestellt, als dies bislang der Fall ist. Dabei werden z. B. über Analogiebetrachtung mathematische Strukturen plausibel gemacht und die Größe B durch Einheitenanalyse aus einem anderen Blickwinkel betrachtet. In dem Übergang vom Experiment (Kraft auf Leiterschleife im Magnetfeld) zum Modell (Kraft auf einzelne Elektronen) wird die Modellbildung explizit thematisiert. Die Notwendigkeit der Mathematisierung bei der Anwendung des Kreuzproduktes wird ebenfalls diskutiert.

Zusammenfassung

Die Unterrichtseinheiten sind entwickelt und werden zurzeit in verschiedenen Klassen erprobt, um anschließend überarbeitet zu werden. Die bisherige Arbeit in der Entwicklergruppe liefert erste allgemeine inhaltliche und methodische Erkenntnisse. Ein zu lösendes didaktisches Desiderat zeigt sich in der Inkonsistenz zwischen physikalischem Messprozess und der zugehörigen mathematischen Struktur der physikalischen Formel. So stimmt beispielsweise bei der Herleitung des Ohm'schen Gesetzes $U=RI$ üblicherweise die Rolle von abhängigen und unabhängigen Variablen nicht mit der entsprechenden Rolle in der daraus hergeleiteten Formel überein. Ein ähnlich gelagertes Problem zeigt sich in dem komplexen Wissenstransfer aus dem Matheunterricht aufgrund der unterschiedlichen Syntax und Semantik (z. B. Funktionen, Einheiten).

Bezüglich der Arbeit in einer Entwicklergruppe hat sich als wichtige Erkenntnis gezeigt, dass viel Zeit für die Herstellung eines produktiven Arbeitsklimas eingeplant werden muss. Dabei muss eine Atmosphäre hergestellt werden, in der eine Akzeptanz und Wertschätzung der unterschiedlichen Expertisen herrscht. Zudem ist organisatorisch eine hohe Verbindlichkeit und Struktur im Arbeitsprozess sehr wichtig. Unter Beachtung dieser Aspekte lässt sich dann ein hoher Synergieeffekt erzielen, der eine gute Passung zwischen didaktischen Konzepten und der Unterrichtsrealität sicherstellt.

Literatur

- Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Ralle, B. & Thiele, J. (2012). Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 65 (8), 452-457.
- Krey, O. (2012). *Zur Rolle der Mathematik in der Physik*. Berlin: Logos.
- Uhden, O. (2012). *Mathematisches Denken im Physikunterricht*. Berlin: Logos.
- Uhden*, O., Karam*, R., Pietrocola, M., Pospiech, G. (2012). Modelling Mathematical Reasoning in Physics Education. *Science & Education*, 20(4), 485-506. *Both authors contributed equally.