

Physikalische und mathematische Kompetenzen in Schulaufgaben

Mathematik im Physikunterricht und Physik im Mathematikunterricht

In diesem Beitrag sollen unter Kompetenzen ganz pragmatisch die Fähigkeiten und Fertigkeiten verstanden werden, die zur Bearbeitung von Schulaufgaben im Fach Mathematik und Physik nötig sind. In diesem Rahmen kann nämlich nicht auf die Unterschiede von inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzen, sowie Kompetenzentwicklung oder Kompetenzmessung eingegangen werden.

Mathematische Fertigkeiten, wie z. B. das Differenzieren und Integrieren, das Lösen von Gleichungen usw., sind oft Bestandteil von Physikaufgaben. Dieser Umstand ist sicherlich berechtigt und kaum wegzudenken, dennoch sollten mathematische Fertigkeiten alleine nicht den Kern von Physikaufgaben ausmachen. Das Lösen von Aufgaben im Physikunterricht darf nicht zum bloßen Anwenden mathematischer Kalküle veröden. Ähnliches lässt sich auch andersrum formulieren:

Naturwissenschaftliche Methoden halten zunehmend Einzug in den Mathematikunterricht (nicht nur Inhalte! – Denn dass die Naturwissenschaften den Mathematikunterricht inhaltlich durch Anwendungen bereichern, ist hinlänglich bekannt). So erfreut sich bspw. das Experimentieren zunehmender Beliebtheit. Mathematikbücher thematisieren die Naturwissenschaften auch auf einer Metaebene, quasi wissenschaftstheoretisch, wenn es z. B. um die richtige Durchführung eines Experiments geht (vgl. Abbildung 1). Naturwissenschaftliche Kompetenzen spielen somit auch im Mathematikunterricht eine wichtige Rolle. Analog zu den Physikaufgaben sollten natürlich auch Mathematikaufgaben mehr beinhalten als nur induktives Vorgehen im Experiment.

Beiträge der didaktischen Forschung

Welchen Umfang sollten nun mathematische Kompetenzen in Physikaufgaben einnehmen? Wie experimentell darf Schulmathematik sein? Welche Auffassung wird jeweils im anderen Fach vermittelt? Wie hängen diese beiden Disziplinen zusammen? Diese und ähnliche Fragen sollte sich die didaktische Forschung angesichts der oben geschilderten Umstände stellen. Es ist aber nicht leicht Mathematik und Physik in Abgrenzung zueinander zu

Aktiv Kurs Thema Kompakt Test

Entdeckungen am Kreis

1 [AA 9^o] Ein Kreis hat eine besondere Eigenschaft. Ihr könnt diese Eigenschaft herausfinden.

a) Nehmt mindestens zwei Gegenstände mit kreisförmigem Durchmesser (Dose, Flasche, Batterie ...). Messt möglichst genau den Umfang und den Durchmesser. Schreibt die Ergebnisse in einer Tabelle auf.

Gegenstand	Umfang	Durchmesser

2 Laura und Mustafa haben folgendes herausgefunden:

	Umfang u	Durchmesser d
Dose	24,2 cm	7,7 cm
Münze	8,1 cm	2,6 cm
...

b) Sucht einen besonderen Zusammenhang zwischen Umfang und Durchmesser. Was passiert, wenn man die Zahlen addiert, subtrahiert, multipliziert oder dividiert? Experimentiert mit den Zahlen. Rundet die Ergebnisse auf eine Kommastelle.

c) Schreibt auf, wie ihr vorgegangen seid und was ihr herausgefunden habt. Tauscht dann eure Beschreibungen aus und korrigiert euch gegenseitig.

a) Überprüfe folgende Aussagen.

Der Umfang ist etwa 3-mal so groß wie der Durchmesser.

Der Durchmesser beträgt etwa $\frac{1}{3}$ vom Umfang.

b) Schreibe eine eigene Aussage auf und überprüfe sie mit weiteren Gegenständen.

c) [9] Bei einer kleineren Dose misst Laura $u = 17,3$ cm und $d = 4,5$ cm. Mustafa rechnet und behauptet, es müsste $d = 5,5$ cm sein. Laura misst nach und gibt Mustafa Recht. Es sind wirklich 5,5 cm. Wie ist Mustafa auf die Zahl gekommen? Begründe.

3 [AA 9^o] Messt an einem Fahrrad den Raddurchmesser. Berechne den Umfang. Prüft das Ergebnis: Stellt das gemessene Rad mit dem Ventil nach unten hin, macht auf dem Boden eine Markierung, rollt das Rad einmal ab und misst nach.

Durchführung eines Experiments

Wenn du ein Experiment durchführst, dann arbeite mit System.

Planung: Kläre dein Ziel: Was möchte ich herausfinden? Was brauche ich dafür? Wie gehe ich vor?

Beobachtung: Notiere die Durchführung in Stichpunkten. Formuliere Rechnungen und Zwischenergebnisse.

Ergebnis: Beende deine Beschreibung mit einer Vermutung, einer Erkenntnis oder einer weiterführenden Frage.

Abb. 1: Experimente im Mathematikunterricht (Kliemann et al., 2008, S. 104)

definieren oder deren Zusammenhang zu erklären, dennoch (oder gerade deshalb) wird diesem Thema auf wissenschaftstheoretischer und auch auf didaktischer Ebene ein besonderes Augenmerk gerichtet. In der Physikdidaktik sind in der jüngeren Vergangenheit einige Arbeiten in diesem Forschungsfeld entstanden¹. In der Mathematikdidaktik gibt es einen Ansatz, dass Schulmathematik als Quasi-Naturwissenschaft aufgefasst werden kann. Schon in der Mitte der 80er Jahre hat Schoenfeld diese Auffassung vertreten (Schoenfeld, 1989) und auch jüngere Forschungen greifen diesen Ansatz auf (Burscheid & Struve, 2010). Die erkenntnistheoretischen Parallelen zwischen Schulmathematik und Physik bestehen demnach vor allem darin, dass beide durch ihre Referenz zur Wirklichkeit als empirisch zu bezeichnen sind. Physik beschreibt per Definition die unbelebte Natur. Ebenso dient auch schulische Mathematik der Beschreibung von realen Gegenstandsbereichen. Die Mathematik an sich (wie sie Lernende dann an der Universität kennenlernen) hat nicht als primäres Ziel die Wirklichkeit erklären zu wollen, die Mathematik in der Schule dagegen wird dem Schüler zum Zweck des Umweltverständnisses beigebracht. Eine weitere erkenntnistheoretische Parallele besteht darin, dass der Prozess der Erkenntnisgewinnung in beiden Disziplinen vom Wechselspiel zwischen Induktion und Deduktion geprägt ist. In der Physik werden Vermutungen nicht selten induktiv gewonnen, dennoch spielt das theoriegeleitete logische Schließen auch eine entscheidende Rolle. Die Mathematik, die sicherlich als die deduktive Wissenschaft schlechthin gilt, wird in der Schule ebenfalls recht induktiv vermittelt. So spielen Plausibilitätserklärungen an konkreten Beispielen und auch induktive Experimente eine wesentliche Rolle.

Demnach sind Kompetenzen naturwissenschaftlicher Fächer bedeutsam für den Mathematikunterricht. Ebenso sollten auch mathematische Kompetenzen, die über das Anwenden von Kalkülen hinausgehen, beim Lösen von Physikaufgaben Beachtung finden. Kann ein Fachlehrer, der nur in einem der beiden Fächer ausgebildet ist, das leisten? Läuft man nicht Gefahr im Physikunterricht die Mathematik nur als Werkzeug darzustellen, weil man nicht dafür sensibilisiert wurde mathematisch zu argumentieren, modellieren, usw.? Und sind andererseits die anwendungsorientierten Einbettungen mathematischer Inhalte im Mathematikunterricht in einen naturwissenschaftlichen Kontext authentisch und inhaltlich korrekt? Welche Auffassung von Naturwissenschaften wird im Mathematikunterricht vermittelt?

Diesen Fragen könnte man mit gutem fächerverbindendem Unterricht begegnen. Damit ist nicht fachübergreifender Unterricht gemeint, der aus einer Hand geschieht und das eigene Fach ein wenig erweitert, sondern Unterricht der die Fächer wirklich verbindet und aus zwei Händen geschieht. Erst in dieser Form kann die Expertise des einen Fachlehrers gewinnbringend in dem anderen Fach genutzt werden und anders herum.

Fächerverbindendes Lehren und Forschen an der Universität

Fächerverbindendes Lernen und Lehren stellt nicht nur eine interessante Option für den Unterricht dar, sondern ist fast unumgänglich, wenn man die Kompetenzen benachbarter Fächer im Lernprozess in der beschriebenen Form fördern möchte. Leider werden Lehrerinnen und Lehrer in ihrer Ausbildung oft nur unzureichend auf fächerverbindenden Unterricht vorbereitet. Auch in der Forschung igelt man sich allzu oft in seiner eigenen Disziplin ein und scheut die Kooperation mit anderen Fächern.

An der Universität Siegen wird fächerverbindendem Lehren und Forschen ein hohes Gewicht beigemessen. So wird beispielsweise das Vorbereitungsseminar zum Praxissemester in der Masterphase fächerverbindend von der Mathematik- und Physikdidaktik angeboten (kurz: FäMaPD_i – Fächerverbindendes Seminar zur Mathematik- und

¹ So z. B. die Dissertationen von Olaf Uhden zum Thema „Mathematisches Denken im Physikunterricht“ (Uhden, 2012) oder die von Olaf Krey mit dem Titel „Zur Rolle der Mathematik in der Physik“ (Krey, 2012).



Abb. 2: Logo des Forschungsverbundes der MINT-Didaktiken in Siegen.

Physikdidaktik). In diesem Seminar geht es in einem ersten Teil um den Vergleich didaktischer Theorien aus beiden Disziplinen und in einem weiteren um konkreten fächerverbindenden Unterricht. Dazu bereiten zwei Mathematikstudentinnen und

Studenten mit einer Kommilitonin bzw. einem Kommilitonen aus der Physik unter der Betreuung von Lehrern eine fächerverbindende Unterrichtsminiatur vor, die dann auch im Echkontakt erprobt wird (Krause & Witzke, 2015).

Außerdem haben sich die Didaktiken im MINT Bereich zu einem Forschungsverbund zusammengeschlossen (MINT Universität Siegen – kurz MINTUS [vgl. Abb.2]). Teil dieser Arbeitsgemeinschaft ist ein Graduiertenprogramm, bei dem Doktoranden im Tandem unterschiedlicher Fächer betreut werden sollen. Dementsprechend kommen alle Doktoranden der MINT – Didaktiken regelmäßig zu Doktorandenkolloquien zusammen. Durch diese Maßnahmen soll fächerverbindendes Lernen und Lehren an der Universität Siegen ein höheres Gewicht beigemessen und erlebbar gemacht werden. Dies befähigt dann auch (zukünftige) Lehrerinnen und Lehrer fächerverbindenden Unterricht an der eigenen Schule durchzuführen.

Literatur

- Burscheid, Joachim; Struve, Horst (2010): Mathematikdidaktik in Rekonstruktionen. Hildesheim: Verlag Franzbecker
- Kliemann, Sabine; Mallon, Carmen, Pucher, Regina (2008): mathe live. Mathematik für Sekundarstufe I, Grundkurs 9. 1. Auflage. Stuttgart: Klett Verlag
- Krause, Eduard und Witzke, Ingo (2015): Fächerverbindung von Mathematik und Physik im Unterricht und in der didaktischen Forschung. In: *PhyDidB – Didaktik der Physik*, Beitrag DD 8.3
- Krey, Olaf (2012). Zur Rolle der Mathematik in der Physik. Dissertation an der Universität Potsdam.
- Schoenfeld, Alan (1989): Mathematical Problem Solving. In "The American Mathematical Monthly, Vol. 96, No.1, p. 68-71
- Uhlen, Olaf (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht. Dissertation an der Universität Dresden