

Eduard KRAUSE, Siegen

Erkenntnistheoretische Parallelen zwischen Schulmathematik und –physik aus mathematikdidaktischer Sicht

1. Der pragmatische Zusammenhang von Mathematik und Physik

Mathematische Kompetenzen spielen bekanntlich eine große Rolle im Physikunterricht. Häufig benötigte Fertigkeiten sind dort beispielsweise das Umstellen von Gleichungen, Ableiten von Funktionen oder das Bestimmen von Mittelwerten u.v.m. Andererseits erfreut sich die Physik auch im Mathematikunterricht zunehmender Beliebtheit. Dabei geht es nicht nur um die Veranschaulichung mathematischer Inhalte durch physikalische Anwendungsbeispiele, sondern auch um die Methoden der Physik. Allen voran wird das Experimentieren, zunehmend im Mathematikunterricht eingesetzt. Doch sind physikalische Anwendungen und Methoden sinnvoll für den Mathematikunterricht? Welches sind die Parallelen beider Fächer und wie können sie fächerverbindend gelehrt werden, ohne eine falsche Vorstellung des jeweils anderen Faches zu vermitteln? Diese Fragen sollen im Folgenden diskutiert werden.

2. Vor- und Nachteile eines anschaulichen und experimentellen Mathematikunterrichts

Der anwendungsorientierte und experimentelle Mathematikunterricht ist aus vielerlei Hinsicht sinnvoll. Aus bildungspolitischen Gründen sollten Schülerinnen und Schüler mit Hilfe der Mathematik Ereignisse in der Gesellschaft, Kultur und Natur in einer spezifischen Art und Weise wahrnehmen und verstehen (Winter 1996). Des Weiteren gibt es auch entwicklungspsychologische Argumente für das händische und induktive Schließen im Mathematikunterricht (vgl. Gopnik 1998). Neben diesen Vorteilen birgt der anwendungsorientierte und experimentelle Mathematikunterricht aber auch Risiken. Alan Schoenfeld betont in seinem Werk „mathematical problem solving“ den Einfluss des belief systems eines Menschen auf sein mathematisches Problemlösen (Schoenfeld, 1985). Schoenfelds Schülertransskripte machen deutlich, dass ein anschauungsorientierter Mathematikunterricht Gefahr läuft, eine naiv-empirische Auffassung von Mathematik zu vermitteln. Mit einer solchen Auffassung argumentieren Schülerinnen und Schüler rein anschauungsgebunden. So werden beispielsweise zwei sich logisch widersprechende Lösungen eines geometrischen Problems gleichermaßen als richtig angesehen, weil die Zeichnungen jeweils richtig aussehen. Die konkrete Aufgabe war, zwischen zwei gegebenen nichtparallelen Geraden einen Kreis derart zu konstruieren, dass er von beiden Gera-

den tangiert wird. Ein Berührungspunkt war gegeben (Abbildung 1). Dabei ist hier Lösung A falsch und Lösung B richtig.

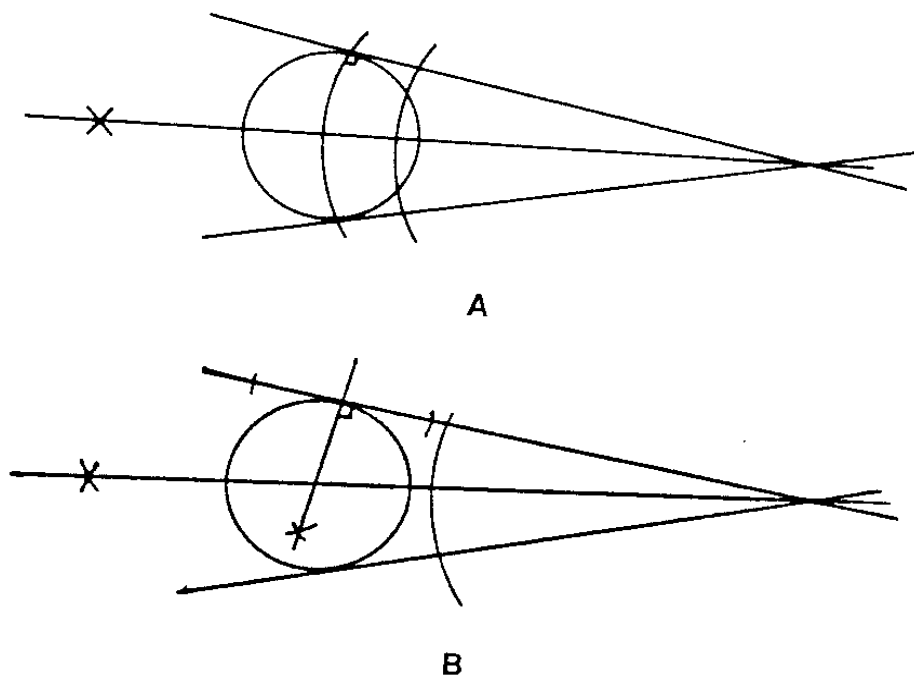


Abbildung 1: Zwei sich widersprechende Lösungen werden von Schülern mit einer naiv-empirischen Auffassung von Mathematik beide als richtig angesehen, wenn die Zeichnung gut aussieht, d.h. wenn die Tangenten den Kreis auf dem Zeichenblatt berühren (vgl. Schoenfeld 1985).

Wenn die Physik nur als Anwendungspool für den Mathematikunterricht fungiert und die Mathematik wiederum nur als „Werkzeugkasten“ gesehen wird, schürt man mit diesen Stereotypen grundsätzlich falsche Auffassungen beider Fächer. Diese Darstellung beider Fächer und deren strikte Trennung sind auch aus historischen Gründen nicht haltbar. So wurde der Bezug zur Empirie lange als Bestandteil der Mathematik gesehen. Moritz Pasch sagt beispielsweise: „Die geometrischen Begriffe bilden eine besondere Gruppe innerhalb der Begriffe, welche überhaupt zur Beschreibung der Außenwelt dienen [...] und wonach wir in der Geometrie nichts weiter erblicken als einen Theil der Naturwissenschaft“ (Pasch, 1882). Andererseits nutzt die Physik die Mathematik spätestens seit Einführung der experimentellen Methode Galileis nicht nur als Werkzeug, sondern hat diese als essentielles Glied im Prozess der Erkenntnisgewinnung eingebunden (vgl. Kuhn 2001). Mathematiklehrende sollten sich der tieferliegenden Parallelen zur Physik bewusst sein und diese als Grundlage für fachübergreifende Aspekte im Mathematikunterricht nutzen. Im nächsten Abschnitt werden diese weiter ausgeführt.

2. Schulmathematik und Physik als empirische Theorien

Zur Beschreibung der erkenntnistheoretischen Parallelen zwischen Schulmathematik und Physik soll ein Brief Einsteins an Solovine genutzt werden (reprinted und kommentiert bei Holton 1981). Einstein spricht sich gegen die Auffassung aus, dass Naturgesetze durch induktive Verallgemeinerung generiert werden. Für ihn sind physikalische Begriffe und Axiome ad hoc-Setzungen, aus denen Sätze geschlussfolgert werden können. Diese gefolgerten Sätze werden in der Physik dann an der Empirie überprüft. Dieses Vorgehen, das schematisch in Abbildung 2 dargestellt ist, ist analog zum Vorgehen in einer anwendungsorientierten Mathematik.

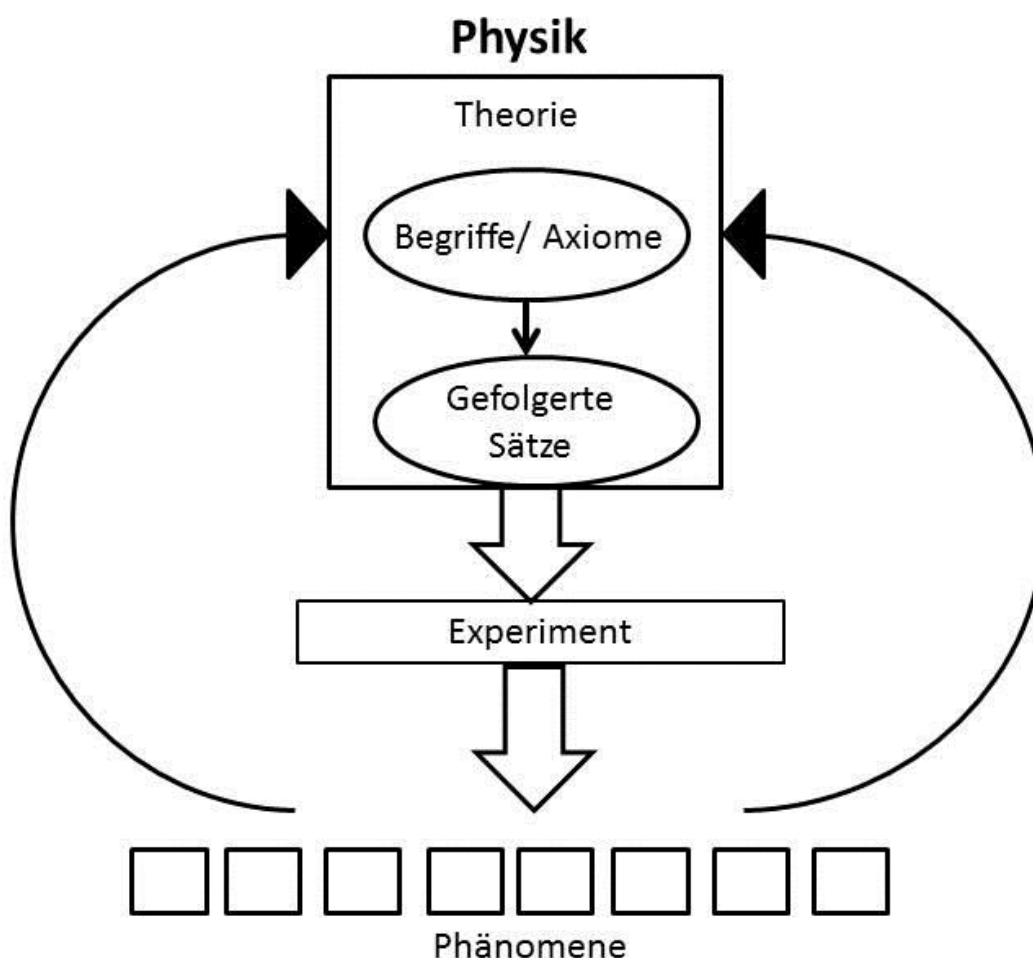


Abbildung 2: Einsteins schematische Darstellung zur Methodik der Physik

Würde in diesem Schaubild allgemeiner „Experiment“ durch „Bewährung in der Empirie“ und „Phänomene“ durch „Konkrete Beispiele/ Gegenständliches“ ersetzt werden, könnte mit diesem Modell ebenfalls die Schulmathematik beschrieben werden. Die Begriffe und Axiome sind geistige Schöpfung aber die aus ihnen gefolgerten Sätze sollen zum Zweck der Wirklichkeitserschließung auf die Realität angewendet werden können.

Damit unterscheidet sich Schulmathematik von allgemeiner (Hochschul-) Mathematik, die – spätestens seit Hilbert – nicht mehr zwangsläufig Realitätsbezug vorweisen muss. In der reinen Mathematik ist die Existenz und Wahrhaftigkeit nur durch innere Konsistenz und Widerspruchsfreiheit gegeben. Möchte man aber die Mathematik in der Schule anwendungsorientiert lehren und keine naiv-empirische Auffassung vermitteln, so stellt das in Abbildung 2 dargestellte Konzept eine gute Möglichkeit dar. In diesem Sinne könnten beide, die Physik und die Schulmathematik, als empirische Theorien bezeichnet werden. Als solche sind sie im Rahmen des Strukturalismus auch schon rekonstruiert worden (Balzer, Moulines, Sneed 1987; Burscheid, Struve 2010).

3. Forschungspotential

Der Ansatz, Schulmathematik und Physik als empirische Theorien aufzufassen, betont die Gemeinsamkeiten und nicht die Unterschiede beider Disziplinen. Es stellt damit eine gute Grundlage für interdisziplinäres Forschen und Lehren dar. In dem Forschungsverbund der MINT-Didaktiken der Universität Siegen (MINTUS) sollen mit diesem Ansatz erkenntnistheoretische Parallelen von Physik erkannt und genutzt werden. Konkret geht es da u.a. um die Grundlegung und Konzeption von fächerverbindendem Unterricht oder die Beforschung der Übergangsproblematik von der Schule zur Hochschule in den MINT-Fächern.

Literatur

- Balzer, W.; Moulines, C.U.; Sneed J. (1987): *An Architectonic for Science*. New York: Springer
- Burscheid, H. J.; Struve, H. (2010): *Mathematikdidaktik in Rekonstruktionen. Ein Beitrag zu ihrer Grundlegung*. Hildesheim: Franzbecker.
- Gopnik, Alison; Meltzoff, Andrew N. (1998): *Words, thoughts, and theories*. Cambridge, MA: MIT Press (A Bradford book).
- Holton, G. (1981): *Thematische Analyse der Wissenschaften – Die Physik Einsteins und seiner Zeit*. Frankfurt am Main: suhrkamp Verlag
- Kuhn, W. (2001): *Ideengeschichte der Physik*. Braunschweig: vieweg-Verlag.
- Pasch, M. (1882): *Vorlesungen über die neuere Geometrie*. Berlin: Springer-Verlag
- Schoenfeld, Alan H., (1985): *Mathematical Problem Solving*. Orlando et al.: Academic Press.
- Winter, H. (1996). Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik Nr. 61*, 37-46