

Erkenntnistheoretische Parallelen im Mathematik- und Physikunterricht?

- Zugänge über vergleichende Schul- und Lehrbuchanalysen -

Kathrin Holten

Walter-Flex-Sr. 3, 57068 Siegen
holten@mathematik.uni-siegen.de

Kurzfassung

In einem fachübergreifenden Dissertationsprojekt im Rahmen des Forschungsverbunds der MINT-Didaktiken an der Universität Siegen (MINTUS) soll eine vergleichende Schulbuchanalyse mögliche Indikatoren für die Existenz erkenntnistheoretischer Parallelen im Mathematik- und Physikunterricht herausstellen. Der vorliegende Artikel motiviert zunächst exemplarisch die Herausarbeitung einer Verbindung zwischen Mathematik- und Physikunterricht auf erkenntnistheoretischer Ebene, beschreibt dann kurz den theoretischen Rahmen der Forschungsarbeit, um schließlich die vergleichende Schulbuchanalyse auf Grundlage der qualitativen Inhaltsanalyse zu spezifizieren. Mit einem Ausblick auf weitere mögliche Zugänge zu erkenntnistheoretischen Parallelen im Mathematik- und Physikunterricht schließt dieser Beitrag ab.

1. Motivation

Ein Blick in aktuelle Mathematikschulbücher für die Einführungsphase in der Oberstufe stützt die These, dass z.B. die Schulanalysis in weiten Teilen auf reale Gegenstandsbereiche rekurriert (vgl. [20]). So werden auf dem Zeichenblatt gegebene Funktionsgraphen z.B. mithilfe von Spiegeln grafisch abgeleitet (vgl. [8], S. 98). Durch „knickfreie“ Fortführung der Funktionsgraphen im Spiegelbild über einen Funktionswert $f(x_0)$ hinaus wird dazu zunächst die Normale der Funktion an einer Stelle x_0 und darüber die zur Normale senkrechte Tangente an dieser Stelle eingezeichnet. Funktionsuntersuchungen werden visuell mit dem GTR durch hineinzoomen durchgeführt (vgl. [10], S. 70–71). Um beispielsweise den Übergang von der mittleren zur lokalen Änderungsrate zu erklären, wird nicht rein geometrisch argumentiert, sondern es werden zahlreiche verschiedene Anwendungskontexte angeführt (vgl. [2], S. 49), um den Begriff der Änderungsrate zu veranschaulichen. Obwohl die Mathematik allgemein als eine deduktive Wissenschaft aufgefasst wird, werden in Mathematikschulbüchern der Oberstufe einige Sätze auch induktiv entwickelt und bewiesen, wobei meist an das intuitive Verständnis aus der Sekundarstufe I angeknüpft wird (vgl. [10], S. 47). Neben der Nähe zur Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler spielen auch zunehmend die Methoden der Naturwissenschaften eine Rolle im Mathematikunterricht. So ist seit längerem das Experimentieren eine wesentliche Tätigkeit im Mathematikunterricht geworden (vgl. z.B. [7] und [13]). Man denke beispielsweise an das Bierschaumexperiment zur Erkundung von Exponentialfunktionen (vgl. [5], S. 107), das auch in vielfältigen Variationen eingesetzt wird. Diese Fundstellen erinnern durch einen unmittelbaren

Bezug zur Realität (i), eine induktive Vorgehensweise (ii) und die Nutzung des Experiments zur Wissenssicherung (iii) an Vorgehensweisen der Naturwissenschaften und insbesondere an den Physikunterricht. Wenn andererseits die physikalisch-experimentelle Methode das Curriculum begleiten soll und so die Relevanz mathematisch-deduktiver Ableitungen im Physikunterricht wächst (vgl. Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung) oder wenn mathematische Tätigkeiten – wie z.B. das Begründen – im Sinne eines kompetenzorientierten Physikunterrichts eine Rolle spielen, nimmt die Mathematik im Physikunterricht mehr Raum ein, als mit ausschließlicher Nutzung der mathematischen Schriftsprache oder der Anwendung von Rechenmethoden berücksichtigt wird (vgl. [12], S.13). Daher liegt die Vermutung nahe, dass im Mathematik- und Physikunterricht auf erkenntnistheoretischer Ebene Parallelen existieren und dass es nützlich sein kann, diese Parallelen bei der Planung und Durchführung von Unterricht zu berücksichtigen.

2. CoSiMo – Ein theoretisches Fundament

Die Verknüpfung verschiedener Theorien unterschiedlicher Bezugsrahmen ([1], [3], [6], [9], [14], [15], [16], [18] und [19]) mündet in dem sog. CoSiMo (Cologne-Siegen-Model), mit dem die Arbeitsgruppen Didaktik der Mathematik um Prof. Dr. Horst Struve (Köln) und Prof. Dr. Ingo Witzke (Siegen) arbeiten. Dieses Theoriengeflecht bietet Erklärungsansätze und Analyseinstrumente z.B. zur Beschreibung von Erkenntnisgewinnungsprozessen von Schülerinnen und Schülern im Rahmen empirischer Theorien. Weiter ausgeführt wird dieses theoretische Fundament bei [4]. Zum Zwecke der Beschreibung erkenntnistheoretischer Parallelen im Mathematik-

und Physikunterricht wird dieser Ansatz um physikdidaktische Konzepte z.B. zur Beschreibung von Alltagsvorstellungen / Präkonzepten / Schüler(Fehl)vorstellungen (vgl. z.B. Arbeiten von Reinders Duit), Nature of Science (vgl. Arbeiten von Norman G. Lederman) etc. erweitert. Die wissenschaftshistorische Nachzeichnung des Verhältnisses zwischen Mathematik und Physik in Bezug auf verschiedene Schwerpunkte unter Einbeziehung aktueller Einflüsse runden den theoretischen Rahmen der Forschungsarbeit ab.

3. Eine erste Annäherung an erkenntnistheoretische Parallelen

Ziel der Dissertation ist die Beschreibung erkenntnistheoretischer Parallelen im Mathematik- und Physikunterricht. Zunächst soll das Thema durch die folgenden Forschungsfragen, die gleichermaßen an den Mathematik- und Physikunterricht gestellt werden, konkretisiert werden:

- Welcher Natur sind die Gegenstände, mit denen Schülerinnen und Schüler im Unterricht umgehen und wie werden diese begrifflich gefasst?
- Welche Rolle spielen Sätze und Beweise?
- Wie wird bewiesen und erklärt?
- Welchen Stellenwert haben Experimente?
- Wie wird experimentiert?
- Welche Rolle spielen Modelle?
- Welche Stereotypen bezüglich Mathematik und Physik werden im Unterricht angesprochen?
- Kann eine Entwicklung nachgezeichnet werden?

Eine erste Annäherung an erkenntnistheoretische Parallelen erfolgt über eine Schulbuchanalyse. Schulbücher sind leicht zugänglich und bieten daher einen ersten Einblick in das Unterrichtsgeschehen. Hierfür werden ausgewählte Schulbücher beider Unterrichtsfächer für die Oberstufe in NRW mit dem Inhaltsbereich Analysis (Mathematik) und dem Inhaltsbereich Kinematik (Physik) exemplarisch gegenübergestellt.

4. Die vergleichende Schulbuchanalyse

Die explorative Studie soll auf Grundlage der qualitativen Inhaltsanalyse (vgl. [11]) erfolgen und zu einer Ausschärfung der Forschungshypothese beitragen. Das zu analysierende Material wird nach exemplarischen und ökonomischen Gesichtspunkten bestimmt und enthält für den synchronen Vergleich eine Auswahl an verbreiteten Lehrwerken der Fächer Mathematik und Physik, wobei die zusätzliche Möglichkeit des diachronen Vergleichs besteht. D.h., es werden Schulbuchreihen betrachtet, die bereits in älteren Auflagen vorliegen und bis heute herausgegeben werden. Die Fragestellungen der Analyse beschäftigen sich deskriptiv mit der Umsetzung der Intention des Lehrwerks oder interpretativ mit der erzielten Wirkung bei den Rezipienten. Die

theoriegeleitete Differenzierung der Fragestellung lautet:

- Welcher Natur sind die Gegenstände des jeweiligen Unterrichts und wie wird mit ihnen umgegangen?
- Lassen sich hieran erkenntnistheoretische Parallelen identifizieren?

Die Entwicklung eines Kategoriensystems zur systematischen Analyse der Schulbücher im Sinne der genannten Fragestellung ist Ziel des nächsten Arbeitsschrittes des Projekts.

5. Weitere Zugänge

Die Entwicklung offener Fragebogen sowie die Durchführung von Interviews können über die Schulbuchanalyse hinaus dazu beitragen, im Sinne der Fragestellung die Rezipienten von Schulbüchern in den Blick zu nehmen. Hier könnten auch Auffassungen von Lehrkräften oder Wissenschaftlern im Fokus stehen, um der Frage nach Stereotypen bezüglich Mathematik und Physik nachzugehen. Neben einer Lehrbuchanalyse bietet auch die Analyse empirischer Daten aus einem fächerverbindenden Seminar an der Universität Siegen (FäMaPdi) zur Vorbereitung auf das Praxissemester (vgl. [21]) eine Möglichkeit der Auseinandersetzung mit erkenntnistheoretischen Parallelen im Mathematik- und Physikunterricht. Hier stehen als Datenmaterial Fragebogen und Videos von der Erprobung fächerverbindender Unterrichtssettings zur Verfügung. Mithilfe strukturalistischer Rekonstruktionen im Rahmen von CoSiMo könnte die folgende grundsätzliche Frage beantwortet werden: „Kann die Schulanalyse als empirische Theorie rekonstruiert werden?“ (vgl. [17], [20]). Darüber hinaus bietet sich die Möglichkeit, im Sinne der Entwicklungsforschung Konzepte für fächerverbindenden Unterricht zu entwickeln und zu erproben.

6. Literatur

- [1] Bauersfeld, Heinrich (1983): Subjektive Erfahrungsbereiche als Grundlage einer Interaktionstheorie des Mathematiklernens und -lehrens. In: Heinrich Bauersfeld (Hg.): Lernen und Lehren von Mathematik (Untersuchungen zum Mathematikunterricht, 6), S. 1–56.
- [2] Brandt, Dieter; Reinelt, Günther (Hg.) (2011): Lambacher-Schweizer. Mathematik für Gymnasien. Gesamtband Oberstufe mit CAS. 1. Aufl. Stuttgart, Leipzig: Klett.
- [3] Burscheid, Hans Joachim; Struve, Horst (2010): Mathematikdidaktik in Rekonstruktionen. Ein Beitrag zu ihrer Grundlegung. Hildesheim, Berlin: Franzbecker.
- [4] Clark, Kathleen; Stoffels, Gero; Struve, Horst; Witzke, Ingo (2016): ÜberPro – A seminar constructed to confront the transition problem from school to university mathematics, based on epistemological and historical ideas of mathematics. In: MENON – Journal of Educatio-

- nal Research. Special Issue: The Use of History of Mathematics in Mathematics Education (erscheint in Kürze).
- [5] Freudigmann, Hans (Hg.) (2011): Lambacher Schweizer. Mathematik für Gymnasien. Qualifikationsphase, Leistungskurs/Grundkurs. 1. Aufl. Stuttgart, Leipzig: Klett.
- [6] Gopnik, Alison; Meltzoff, Andrew N. (1998): Words, thoughts, and theories. Cambridge, MA: MIT Press (A Bradford book).
- [7] Goy, Axel; Kleine, Michael (2015): Experimentieren. Themenheft Oktober 2015. In: Praxis der Mathematik in der Schule (65).
- [8] Griesel, Heinz; Gundlach, Andreas; Postel, Helmut; Suhr, Friedrich (Hg.) (2014): EdM - Elemente der Mathematik. Einführungsphase. Nordrhein-Westfalen. Braunschweig: Schroedel.
- [9] Holton, Gerald (1981): Thematische Analyse der Wissenschaft. Die Physik Einsteins und seiner Zeit. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft, 293).
- [10] Krysmalski, Markus; Lütticken, Renu; Oselies, Reinhard; Uhl, Claudia (Hg.) (2014): Fokus Mathematik. Gymnasiale Oberstufe - Einführungsphase. Nordrhein-Westfalen. Berlin: Cornelsen.
- [11] Mayring, Philipp (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12. Aufl. Weinheim: Beltz.
- [12] Ministerium für Schule und Weiterbildung (Hg.) (2008): Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen - Physik. Frechen: Ritterbach (Schriftenreihe "Schule in NRW", 3411).
- [13] Rieß, Werner; Wirtz, Markus; Barzel, Bärbel; Schulz, Andreas; Altenburger, Pia (Hg.) (2012): Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Münster: Waxmann.
- [14] Schoenfeld, Alan H. (1985): Mathematical problem solving. London: Academic Press.
- [15] Schoenfeld, Alan H. (2011): How we think. New York: Routledge.
- [16] Sneed, Joseph Donald (1979): The logical structure of mathematical physics. 2. ed., rev. Dordrecht: Reidel (Pallas paperbacks, 14).
- [17] Struve, Horst (1990): Grundlagen einer Geometriedidaktik. Mannheim, Wien, Zürich: BI-Wiss.-Verl.
- [18] Tall, David (2013): How humans learn to think mathematically. New York: Cambridge University Press.
- [19] Winter, Heinrich (1995): Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (61), S. 37–46.
- [20] Witzke, Ingo (2014): Zur Problematik der empirisch-gegenständlichen Analysis des Mathematikunterrichts. In: Der Mathematikunterricht 60 (2), S. 19–31.
- [21] Witzke, Ingo (2015): Fachdidaktischverbindendes Lernen und Lehren im MINT-Bereich. In: Fanco Caluori, Helmut Linneweber-Lammerskitten und Christine Streit (Hg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2015. Vorträge auf der 49. Tagung für Didaktik der Mathematik vom 09.02.2015 bis 13.02.2015 in Basel, Bd. 2. 2 Bände. Münster: WTM, S. 1008–1011.