

Thomas Wilhelm¹
Horst Schecker²
Martin Hopf³

¹Goethe-Universität Frankfurt
²Universität Bremen
³Universität Wien

Unterrichtskonzeptionen – Forschungsstand und Desiderata

Was sind Unterrichtskonzeptionen?

Die didaktische Rekonstruktion von physikalischen Sachverhalte, wie diese z. B. in Hochschullehrbüchern dargestellt werden, ist eine zentrale Aufgabe für Lehrkräfte. Dabei geht es zum einen um die Elementarisierung, d. h. Inhalte müssen vereinfacht und in kleine Sinneinheiten zerlegt, manchmal sogar zu neuen Sachstrukturen für den Unterricht zusammengesetzt werden. Zum anderen müssen in der didaktischen Rekonstruktion die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt werden.

Es ist bemerkenswert, wie viele unterschiedliche Sachstrukturen zum gleichen physikalischen Sachbereich konstruiert werden können. Man kann Themen unterschiedlich elementarisieren, zwischen verschiedenen Erklärungen wählen und unterschiedliche Visualisierungen einsetzen. Dabei stellen sich Fragen wie: Welche physikalischen Konzepte und Phänomene stehen im Zentrum, wo werden Schwerpunkte gesetzt, was wird weggelassen, in welcher Reihenfolge werden die Unterthemen aufeinander aufgebaut? So kann man z. B. beim Thema „Einfache elektrische Stromkreise“ die Stromstärke als zentrale Größe an den Anfang bzw. ins Zentrum stellen oder die Energie bzw. Leistung oder das Potenzial bzw. die Spannung. Entsprechend kann man auch mit sehr unterschiedlichen Analogien arbeiten (Burde & Wilhelm, 2017): dem ebenen geschlossenen Wasserkreislauf, der Keilriemen- bzw. Fahrradkettenanalogie, einer Höhenanalogie oder dem Gasdruck. Dazu existieren entsprechende Unterrichtskonzeptionen, z. B. der Wasserdruck als Potenzial (Karlsruher Physikkurs; Herrmann et al., 2014), die Doppelwassersäule (Bremer Wasseranalogie; Schwedes & Dudeck, 1993), der Stromkreis als System (IPN-Curriculum Physik; Härtel, 1981a-c), handbetriebene Generatoren (Muckenfuß & Walz, 1997), das Münchener Stäbchenmodell für das Potenzial (Gleixner, 1998) oder das Frankfurter Elektronengasmodell (Burde, 2018). Ein solches Lehrprogramm für die Gestaltung spezifischer fachlicher Themen des Physikunterrichts bezeichnen wir mit dem Begriff „Unterrichtskonzeption“. Einer Unterrichtskonzeption liegt eine gestalterische Leitidee zugrunde und es gibt Materialien wie Handreichungen für Lehrkräfte, passende Experimente, Arbeitsmaterialien für Lernende o. a. Die Leitidee einer Unterrichtskonzeption wird sehr oft in einer besonderen fachlich-fachdidaktischen Darstellung physikalischer Sachstrukturen sichtbar. Wünschenswert ist stets die curriculare Validität einer Unterrichtskonzeption, also ihre Kompatibilität zu den curricularen Rahmenbedingungen.

Wenn man als Lehrkraft solche Konzeptionen kennenlernt, z. B. auf einer Lehrerfortbildung, stehen in aller Regel die physikalischen Inhalte im Vordergrund. Um den verfolgten Ansatz wirklich zu verstehen und zu reflektieren, muss man jedoch auch wissen: Was sind die Grundideen und Ziele? Worauf ist beim Unterricht besonders zu achten? Wo findet man passende, ausgearbeitete Unterrichtsmaterialien? Gibt es empirische Daten zum Unterrichtserfolg?

Entwicklung von Unterrichtskonzeptionen

Viele Unterrichtskonzeptionen entstehen im Zusammenhang mit Schulbüchern, gehen aus (internationalen) Curriculumprojekten hervor oder sind Ergebnisse von Entwicklungsforschungsvorhaben an Universitäten. So war z. B. bei den Schulbüchern von Ernst Grimsehl die Aufnahme von Schülerversuchen in das Buch eine für die damalige Zeit – Anfang des 20. Jahrhunderts – eine konzeptionelle Innovation (Brüning, 1993). Im Schulbuchwerk

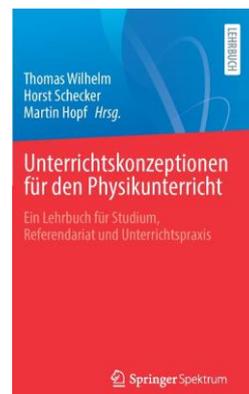
Dorn/Bader wurden ab den 1980er-Jahren Interferenzphänomenen in der Optik mit rotierenden Zeigern beschrieben (Bader & Dorn, 1986). Sowohl der Zeigerformalismus als auch Simulationsprogramme waren derzeit neue Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht. Ab der Mitte der 1950er-Jahre wurden in den Vereinigten Staaten und danach auch in Europa neue naturwissenschaftlicher Curricula in groß angelegten Entwicklungsprojekten als Gesamtkonzeptionen für ganze Bildungsgänge erarbeitet. Beispiele sind die Arbeiten des Physical Science Study Committee (Rückblick von Haber-Schaim, 2006) und das IPN-Curriculum Physik (z. B. Härtel, 1981a-c).

Inzwischen entsteht die große Mehrzahl von Unterrichtskonzeptionen in physikdidaktischen Instituten und Arbeitsgruppen an Universitäten und Hochschulen. Dabei werden unterschiedliche Herangehensweisen verfolgt. *Design-based Research* setzt auf mehrere Zyklen der theoriebasierten Entwicklung, Erprobung und empirischen Wirkungsforschung. Diese Tradition wurde von Walter Jungs Arbeitsgruppe in Frankfurt begründet und eng verbunden mit Forschungen zu den Lernvoraussetzungen bei Schülern (zur Mechanik z. B. Wiesner, 1994). Andere Projekte konzentrieren sich sachstrukturell auf *neue fachliche Darstellungen*. Ein prototypisches Beispiel ist der Karlsruher Physikkurs, bei dem es den Entwicklern mehr auf die Herausarbeitung einer konsistenten neuartigen fachlichen Begrifflichkeit über alle Themengebiete der Physik hinweg ankam als auf empirische Studien zu Lernwirkungen (KPK-Website www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de). Den Gegenpol dazu bilden Vorhaben, die von Beginn an stark mit der *Unterrichtspraxis* verbunden sind und oft von Lehrkräften initiiert werden. In solchen Projekten hat die universitäre Fachdidaktik oft primär eine begleitende und beratende Funktion. An der Pädagogischen Hochschule Weingarten entstanden in einer unterrichtsnahen Perspektive z. B. Unterrichtskonzeptionen zur elektrischen Energie (Muckenfuß & Walz, 1997). Auch aus der *fachdidaktischen Grundlagenforschung* sind Unterrichtskonzeptionen hervorgegangen. Solche Vorhaben befassen sich nicht primär mit der Konzeptionsentwicklung, sondern z. B. mit der Erforschung und Modellierung physikalischer Kompetenzen. Dabei werden jedoch zum Zwecke der Erhebung empirischer Daten für Forschungsfragen auch Unterrichtsszenarien entwickelt, die im Hinblick auf den Unterricht ausgebaut werden können. Ein Beispiel ist eine auf Aufgabenkarten beruhende Unterrichtskonzeption für die Elektrostatik, die in der Arbeitsgruppe von Aufschnaiter in Bremen entstand (Schoster & von Aufschnaiter, 2000).

Ein Lehrbuch zu Unterrichtskonzeptionen

Wilhelm, Schecker und Hopf (2021) haben den Erkenntnisstand über Unterrichtskonzeptionen in einem Lehrbuch für Studierende und Referendare aufgearbeitet. Das Buch umfasst 15 Kapitel von der Optik über die Atomphysik bis zu Nature of Science. Jedes Kapitel beginnt mit einer fachlichen Einordnung des Themas und einer Beschreibung des „traditionellen Unterrichts“. Im Zentrum steht dann die Beschreibung ausgewählter Unterrichtskonzeptionen zum jeweiligen Themenbereich, wobei Konzeptionen ausgewählt wurden, die sich vom traditionellen Unterricht unterscheiden. Am Ende eines Kapitels steht ein fachdidaktisches Fazit. Für die vertiefte Verarbeitung der Darstellungen enthalten die Kapitel Übungsaufgaben, in denen die vorgestellten Konzeptionen verglichen werden.

Uns ist bewusst, dass es streng genommen keinen „traditionellen“ Physikunterricht gibt. Aber es gibt doch gewisse Ideen und Sachstrukturen, die sehr weit verbreitet sind. Im Buch erläutern wir unsere Wahrnehmung des traditionellen Unterrichts in den jeweiligen Themenkapiteln. Wissenschaftlich untersucht wurde der „Normalunterricht“ in der Physikdidaktik allerdings bisher kaum.



Die aufgenommenen Konzeptionen sind in der Regel in der Schulpraxis erprobt, viele (aber bei weitem nicht alle) sogar systematisch empirisch untersucht. Zu allen Konzeptionen sind Unterrichtsmaterialien vorhanden. Auf einer begleitenden Homepage zum Buch wurden zudem die Links zu online verfügbaren Materialien zu den Konzeptionen oder sogar – wenn die Autorinnen und Autoren zugestimmt haben – die Materialien selbst zusammengestellt.

Zum Stand von Entwicklung und Forschung

Es können hier nur einige Stichpunkte benannt werden:

- Vor dem Jahr 2000 wurden ganz überwiegend Unterrichtskonzeptionen zu fachlich-inhaltlichen Themengebieten entwickelt, die klar eingegrenzt waren, z. B. zur geometrischen Optik, nichtlinearen Dynamik oder Quantenphysik. Erst in den letzten Jahren kommen Unterrichtskonzeptionen als grundlegende Elemente der Unterrichtsgestaltung hinzu, die z. B. Nature of Science oder prozessbezogene Kompetenzen fördern wollen.
- Es gibt zwar viele Unterrichtskonzeptionen zur Einführung der grundlegenden Größen und grundlegenden Zusammenhängen eines Themenbereichs, aber nur wenige Unterrichtskonzeptionen zu fortgeschritteneren Inhalten.
- Manche Unterrichtskonzeptionen, die gute Ideen beinhalteten, wurden wenig bekannt oder sind wieder in Vergessenheit geraten (z. B. Rückl, 1991). Zudem sind einige entwickelten Unterrichtsmaterialien z. T. nur (noch) schwer zu finden.
- Die Lernerfolge der Schülerinnen und Schüler beim Einsatz einer neuen Unterrichtskonzeption sind oftmals nur unzureichend belegt. Oft gibt es nur eine einzige oder gar keine empirische Studie. Eher selten gibt es zyklische Weiterentwicklungen und deren empirische Untersuchung. Aber praktisch nie gibt es reine Replikationsstudien, wie sie forschungsmethodisch gefordert werden.
- Zunehmend liegt der Schwerpunkt in den Veröffentlichungen auf den empirischen Ergebnissen und weniger auf einer Darstellung der konkreten Unterrichtsmaterialien.
- Schließlich sind trotz des großen Potenzials zur Verbesserung der Unterrichtsqualität viele Unterrichtskonzeptionen an Schulen kaum bekannt; die Implementation gelingt mangels Unterstützung nicht.

Desiderata

Besondere Bedarfe physikdidaktischer Entwicklung und Begleitforschung liegen bei fortgeschrittenen Inhalten innerhalb der Themenbereiche der klassischen Physik und bei Themenbereichen mit besonderer fachlicher Dynamik, wie z. B. Quantentechnologien. Einige vielversprechende fachsystematische Ideen (Unterrichtsvorschläge finden sich z. B. bei Müller, 2016) müssen zunächst noch durch Unterrichtsmaterialien konkretisiert werden, um sie breit in der Praxis zu erproben und ihre Wirkungen zu beforschen. Des Weiteren fehlen empirische Untersuchungen zu bekannten Unterrichtskonzeptionen, zu denen bisher nur Praxisberichte vorliegen (z. B. die Konzeptionen von Muckenfuß, 1995, und Muckenfuß & Walz, 1997). Replikationsstudien müssen dringend stärker ins Auge gefasst werden. Bei einigen Konzeptionen, die auf Design Based Research beruhen, gibt es zumindest wiederholte Studien, bei denen die Unterrichtskonzeptionen an neue schulische Vorgaben, an neue technische Möglichkeiten oder neue Fragestellungen angepasst wurden. Bei anderen Konzeptionen gibt es nur eine einzige empirische Studie.

Bei der Entwicklung von Unterrichtskonzeptionen müssen Charakteristika, Wünsche und Arbeitsbedingungen von Lehrkräften stärker berücksichtigt werden und es muss mehr über Eigenschaften von Unterrichtsmaterialien nachgedacht werden (Breuer, Vogelsang & Reinhold, 2020), d. h. es braucht eine Passung der Materialien und Nutzern. Wichtig wäre, dass sich die Fachdidaktik vermehrt um eine Implementation der Unterrichtsmaterialien bemüht. Gute Unterrichtsmaterialien zu guten Unterrichtskonzeptionen verbreiten sich nicht von selbst.

Literatur

- Bader, F. & Dorn, F. (Hrsg.) (1986). *Dorn/Bader. Physik-Oberstufe. Gesamtband 12/13*. Hannover: Schroedel.
- Breuer, J., Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2020). Implementation und Nutzung von Unterrichtsmaterialien im schulischen Unterricht – Eine Bestandsaufnahme der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* 1/19, S. 12-22
- Brüning, H.-G. (1993). *Ernst Grimsehl's Lehrbücher der Physik in Geschichte und Gegenwart*. Hildesheim: Franzbecker.
- Burde, J.-P., Wilhelm, T. (2017). Modelle in der Elektrizitätslehre. Ein didaktischer Vergleich verbreiteter Stromkreismodelle. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 28, Heft 157, Nr. 1/17, S. 8 – 13.
- Burde, J. -P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells* (Diss.). Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 259. Berlin: Logos. <https://zenodo.org/record/1320127>.
- Gleixner, C. (1998). *Einleuchtende Elektrizitätslehre mit Potenzial* (Diss.). LMU München.
- Haber-Schaim, U. (2006). *PSSC PHYSICS: A Personal Perspective*: American Association of Physics Teachers, www.aapt.org/Publications/upload/Haber-Schaim4068.pdf (14.9.2021).
- Härtel, H. (1981a). *IPN Curriculum Physik. Unterrichtseinheit für das 7. und 8. Schuljahr. Der elektrische Stromkreis als System. Schülerheft Nr. 1*. <http://www1.astrophysik.uni-kiel.de/~hhaertel/PUB/UE-7-1.pdf> (14.9.2021)
- Härtel, H. (1981b). *IPN Curriculum Physik. Unterrichtseinheit für das 7. und 8. Schuljahr. Der elektrische Stromkreis als System. Schülerheft Nr. 2*. <http://www1.astrophysik.uni-kiel.de/~hhaertel/PUB/UE-7-2.pdf> (14.9.2021)
- Härtel, H. (1981c). *IPN Curriculum Physik. Unterrichtseinheiten für das 7. und 8. Schuljahr. Der elektrische Stromkreis als System. Stromstärke – Spannung – Widerstand. Didaktische Anleitung*. <http://www1.astrophysik.uni-kiel.de/~hhaertel/PUB/UE-7.pdf>(14.9.2021)
- Herrmann, F., Laukenmann, M., Mingirulli, L., Morawietz, P., & Schmälzle, P. (2014). *Der Karlsruher Physikkurs – Ein Lehrbuch für den Unterricht in der Sekundarstufe I. Band 2: Daten – Elektrizität – Licht*. http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/kpk_material.html
- Muckenfuß, H. & Walz, A. (1997). *Neue Wege im Elektrikunterricht*. Zweite bearbeitete Auflage. Köln: Aulis Deubner
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen
- Müller, R. (Hrsg.) (2016). Themenheft Quanteninformation. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 65(1)
- Rückl, E. (1991). *Feldenergie*. Mannheim, Wien, Zürich: BI Wissenschaftsverlag
- Schoster, A. & v. Aufschnaiter, S. (2000). Schüler lernen Elektrostatik und der Lehrer schaut zu. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 53 (3), 175-183.
- Schwedes, H. & Dudeck, W. (1993). Wasserkreisel und die Doppelwassersäule. Ein Modell für verzweigte elektrische Stromkreise. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik*, 42(6), 12-17.
- Wiesner, H. (1994). Zum Einführungsunterricht in die Mechanik: Statisch oder dynamisch? Fachmethodische Überlegungen und Unterrichtsversuche zur Reduzierung von Lernschwierigkeiten. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 5 (42), 22, S. 16-23
- Wilhelm, T., Schecker, H., & Hopf, M. (Hrsg.) (2021). *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht*, Springer-Spektrum, ISBN 978-3-662-63052-5