

Horst Schecker¹
 Thomas Wilhelm²
 Martin Hopf³
 Reinders Duit⁴

¹Universität Bremen
²Universität Frankfurt a.M.
³Universität Wien
⁴IPN Kiel

Schülervorstellungen - Forschungsstand, Konsequenzen Desiderata

Die Erforschung der Vorstellungen von Lernenden über Begriffe und Phänomene der Physik ist das international wohl erfolg- und ertragreichste Themengebiet der Physikdidaktik. Die Arbeiten begannen bereits in den 1970er Jahren. Abbildung 1 veranschaulicht die Dynamik der Forschung zu Schülervorstellungen und – zeitversetzt – zu Unterrichtskonzeptionen anhand der Publikationen, die in der bis 2009 von Duit (2009) geführten Bibliographie dokumentiert sind.

Das Forschungsprogramm lässt sich grob in drei überlappende Phasen mit unterschiedlichen Schwerpunkten einteilen:

Phase 1: Fehlvorstellungen identifizieren

- Beschreibung häufig anzutreffender und zu korrigierender (oder „auszumerzender“) Missverständnisse (z. B. zu den physikalischen Konzepten Kraft/ Energie, Stromstärke/ Spannung oder Temperatur/ Wärme)
- Begriffe „Fehlvorstellungen“, „misconceptions“
- Methoden: schriftliche Tests
- exemplarische Veröffentlichungen: Viennot (1979); Warren (1979)

Phase 2: Schülervorstellungen verstehen

- Schülervorstellungen als gedankliche Leistungen eines eigenen Vorstellungsgebäudes mit (begrenzter) innerer Logik und Parallelen zur Ideengeschichte physikalischer Konzepte
- Begriffe: „Schülervorstellungen“, „Alltagsvorstellungen“, „alternative frameworks“, „mentale Modelle“
- Methoden: Interviews, Tests, Unterrichtsbeobachtung
- exemplarische Veröffentlichungen: Jung, Wiesner und Engelhard (1981); Driver (1981); Schecker (1985)

Phase 3: Unterrichtsstrategien entwickeln

- Entwicklung übergreifender und themenspezifischer Unterrichtskonzeption auf Basis der Schülervorstellungsforschung (umgehen, anknüpfen, konfrontieren)
- Begriffe: Schülervorstellungen, Conceptual Change
- Methoden: teaching experiments, Design-based Research
- exemplarische Veröffentlichungen: Wiesner (1994); Duit, Komorek und Wilbers (1997); Spatz, Hopf, Wilhelm, Waltner und Wiesner (2018)

Auf Jahrestagungen der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP) fanden in den 1980er Jahren eine Reihe von Workshops zu Schülervorstellungen statt. Die Berichte darüber (u. a. Jung, 1981, Aufschnaiter et al., 1990) zeugen von intensiven Diskussionen und einem schwierigen Weg zu einem Forschungsparadigma. Wichtige Fragen in der Schülervorstellungsforschung lauteten:

- Werden Schülervorstellungen situativ erzeugt oder werden in einer (Test-) Situation im kognitiven System angelegte Strukturen aktiviert?
- Handelt es sich um unstrukturierte Fragmente („knowledge in pieces“; diSessa, 1988) oder um theorieähnliche kohärente Systeme (Vosniadou & Ioannides, 1998)?
- Sind Schülervorstellungen episodisch organisiert oder begrifflich?
- Ist Conceptual Change ein kontinuierlicher Prozess oder ein „Umschalten“ zwischen unvereinbaren Konzeptualisierungen?

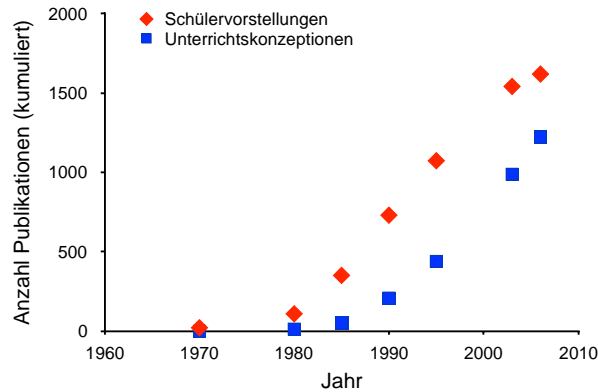


Abb. 1: Publikationen in Duit (2009) in den Rubriken „Untersuchungen zu Schülervorstellungen Physik“ und „Unterrichtskonzeptionen mit Berücksichtigung von Schülervorstellungen“ (nach Schecker & Duit, 2018)

Trotz der auch heute noch nicht abgeschlossenen Debatte (z.B. Graham, Berry & Rowlands, 2013) lässt sich der erreichte Forschungsstand folgendermaßen beschreiben:

- Schüler bringen ein Inventar von Vorstellungen zu Begriffen und Phänomenen mit, die sich im Alltag bewährt haben.
- Die Vorstellungen liegen häufig quer zu physikalischen Konzepten.
- Man kann viele Schülerhandlungen und -aussagen auf eine begrenzte Anzahl typischer Vorstellungen zurückführen.
- Schülervorstellungen erscheinen in sich widersprüchlich und können dennoch eine innere Logik aufweisen.
- Sie sind widerstandsfähig gegen Unterricht und müssen daher bei der Unterrichtsplanung nachdrücklich berücksichtigt werden.
- Lernangebote werden auf Grundlage der vorhandenen Vorstellungen verarbeitet.
- Conceptual Change bedeutet das Entwickeln und Bewusstmachen physikalischer Vorstellungen – nicht das Eliminieren von Schülervorstellungen.
- Conceptual Change ist keine rein rationale Entscheidung, sondern hat situative, motivationale, affektive und soziale Aspekte.

Eine pragmatische Antwort auf die Frage „Was sind Schülervorstellungen?“ lautet: Schülervorstellungen sind *Als-ob-Vorstellungen*. Lernende äußern sich z. B. in der Mechanik so und bearbeiten Aufgaben so, *als ob* sie davon ausgingen, Kraft sei eine speicherbare universelle Wirkungsfähigkeit (statt einer Größe zur Beschreibung der Intensität von Wechselwirkungen). Mit *Als-ob-Vorstellungen* wird die Frage nach der Existenz von Vorstellungen im kognitiven System der Schüler ausgeklammert. Jung (1978) hat das so ausgedrückt: „Spezielle Vorstellungen und Kategoriensysteme, die einzelnen Schülern zugeschrieben werden, sind Konstrukte oder hypothetische Systeme, die aus Indizien erschlossen werden.“

Für die Entwicklung von Unterricht sind Schülervorstellungen als Lernvoraussetzungen von ebenso hoher Bedeutung wie die physikalischen Sachstrukturen. Fachliche Klärungen und Schülerperspektiven sind wechselseitig aufeinander zu beziehen. Dies kommt im Modell der Didaktischen Rekonstruktion zum Ausdruck (Abb. 2). Dabei ist zu entscheiden, ob einzelne

spezielle Vorstellungen oder übergeordnete Denkrahmen (Schemata) zu berücksichtigen sind. Bei elektrischen Stromkreisen betrifft der Conceptual Change z. B. das System-Denken: Alle Bauteile wirken vernetzt zusammen, jede lokale Veränderung hat globale Folgen. Dem steht bei Schülerinnen und Schüler das lokale Denken und das Geben-Nehmen-Schema entgegen: Die Batterie entscheidet, wie viel ‚Strom‘ sie gibt, und die Lampe, wie viel sie bekommt.

Hinsichtlich der Grundanlage geeigneter Unterrichtskonzeptionen lassen sich Konfliktstrategien (Schülervorstellungen konfrontieren) und Anknüpfungsstrategien (problematische Vorstellungen umgehen oder umdeuten und ausbaufähige Vorstellungen aufgreifen) unterscheiden (Wilhelm & Schecker, 2018).

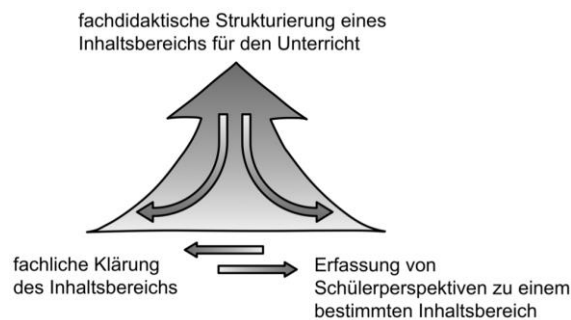


Abb.2: Fachliche Struktur und Schülervorstellungen als gleichberechtigte Faktoren für die Planung von Unterricht (Abb. nach Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997)

Schecker, Wilhelm, Hopf und Duit (2018) haben den Erkenntnisstand über Schülervorstellungen in einem Lehrbuch für Studierende und Referendare aufgearbeitet. Dabei zeigten sich einige Desiderata:

- Studien zur Replikation oder zur Aktualisierung von Befunden bieten sich besonders in Bereichen an, in denen Veränderungen beim Erkenntnisstand möglich erscheinen (z. B. Energievorstellungen; Crossley & Staraschek, 2010)
- Die Entwicklung und Validierung, curricular valider standardisierter Tests bleibt eine Herausforderung (z. B. Elektrizitätslehre; Urban-Woldron & Hopf, 2012).
- Qualitative Lernprozessanalysen und die Rekonstruktion von Lernpfaden einzelner Schülerinnen und Schüler (z. B. zur Quantenphysik von Petri, 1996) wurden gegenüber quantitativen Studien vernachlässigt.
- Es gibt immer noch Themenbereiche, die wenig erschlossen sind, besonders zu Themen der gymnasialen Oberstufe, z. B. Relativitätstheorie, elektromagnetische Strahlung und Wellen, Astrophysik und Kosmologie, Radioaktivität.
- Die Entwicklung von in der Unterrichtspraxis nachweislich lernwirksamen Unterrichtskonzeptionen bedarf langjährig angelegten Design-Based Research (z. B. zur Mechanik von Wilhelm, Tobias, Waltner, Hopf & Wiesner, 2012; zum Spannungskonzept von Burde, 2018).
- Studien zu Learning Progressions können die Unterrichtsentwicklung durch das Aufzeigen von Stufen und Entwicklungszügen des Verständnisses zentraler Konzepte befördern (zu Materie z. B. Hadenfeldt, Neumann, Bernholt, Liu & Parchmann, 2016).

Diese Liste zeigt, dass das Forschungsprogramm „Schülervorstellungen“ trotz der langen Forschungstradition weiterhin ein hohes Potenzial für Forschungsprojekte und Qualifikationsarbeiten aufweist.

Literatur

- Aufschnaiter, S. v., Duit, R., Fischer, H. E., Jung, W., Kircher, E. & Rhöneck, C. v. (1990). Workshop "Schülervorstellungen im Kontext von Denk- und Lernprozessen". In K. H. Wiebel (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Kassel, September 1989* (S. 247). Alsbach: Leuchtturm.
- Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. Berlin: Logos.
- Crossley, A. & Staruschek, E. (2010). Schülerassoziationen zur Energie. Ergebnisse auf Kategorienebene. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- diSessa, A. A. (1988). Knowledge in Pieces. In G. Forman & P. B. Pufall (Hrsg.), *Constructivism in the Computer Age* (S. 49-70). Hillsdale NJ: Earlbaum.
- Driver, R. (1981). Pupils' alternative frameworks in science. *European Journal of Science Education*, 3(1), 93-101.
- Duit, R. (2009). STCSE: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education (Bibliography). Available from Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/>
- Duit, R., Komorek, M. & Wilbers, J. (1997). Studien zur didaktischen Rekonstruktion der Chaostheorie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 19-34.
- Graham, T., Berry, J. & Rowlands, S. (2013). Are 'misconceptions' or alternative frameworks of force and motion spontaneous or formed prior to instruction? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 44(1), 84-103. doi:10.1080/0020739X.2012.703333
- Hadenfeldt, J. C., Neumann, K., Bernholt, S., Liu, X. & Parchmann, I. (2016). Students' progression in understanding the matter concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 683-708. doi:10.1002/tea.21312
- Jung, W. (1978). Zum Problem der "Schülervorstellungen". *physica didactica*, 5, 125-146.
- Jung, W. (1981). Der naturwissenschaftliche Unterricht und die Technologien der achtziger Jahre. Bemerkungen zur Jahrestagung der GDGP in Berlin (21.-24.9.1981). *physica didactica*, 52-55.
- Jung, W., Wiesner, H. & Engelhard, P. (1981). *Vorstellungen von Schülern über Begriffe der Newtonschen Mechanik*. Bad Salzdetfurth: Franzbecker.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3, 3-18.
- Petri, J. (1996). *Der Lernpfad eines Schülers in der Atomphysik*. Aachen: Mainz.
- Schecker, H. (1985). *Das Schülervorverständnis zur Mechanik. Eine Untersuchung in der Sekundarstufe II unter Einbeziehung historischer und wissenschaftstheoretischer Aspekte*. (Dissertation), Universität Bremen.
- Schecker, H. & Duit, R. (2018). Schülervorstellungen und Physiklernen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 1-21). Berlin: Springer.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Berlin: Springer.
- Spatz, V., Hopf, M., Wilhelm, T., Waltner, C. & Wiesner, H. (2018). Eine Einführung in die Mechanik über die zweidimensionale Dynamik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. doi:10.1007/s40573-018-0074-y
- Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 201-227.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205-221.
- Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.
- Warren, J. W. (1979). *Understanding Force*. London: Murray.
- Wiesner, H. (1994). Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 22, 7-15.
- Wilhelm, T. & Schecker, H. (2018). Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 39-61). Berlin: Springer.
- Wilhelm, T., Tobias, V., Waltner, C., Hopf, M. & Wiesner, H. (2012). Einfluss der Sachstruktur auf das Lernen Newtonscher Mechanik. In H. Bayrhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, L.-H. Schön, H. J. Vollmer & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Formate Fachdidaktischer Forschung* (S. 237-258). Münster: Waxmann.