

Martin Hopf¹
 Christine Waltner²
 Thomas Wilhelm³
 Hartmut Wiesner²

¹Universität Wien
²Universität München
³Universität Würzburg

Konzeption einer Vergleichsstudie zur Mechanik in Jahrgangsstufe 7

Hintergrund

Die Newtonsche Mechanik zählt nach wie vor zu einem der schwierigsten Inhaltsgebiete der Schulphysik. Empirische Studien zeigen immer wieder, dass Unterricht hier kaum zur Wissensentwicklung der Jugendlichen beiträgt (z. B. Wilhelm, 2008).

Hierfür lassen sich verschiedene Ursachen angeben: Neben den immer wieder benannten Defiziten des deutschen Physikunterrichts besteht ein Hauptgrund in den dokumentierten Schülervorstellungen zur Mechanik. Daneben finden sich aber Belege dafür, dass Lernschwierigkeiten auch durch die Sachstruktur des Unterrichts entstehen können. Bekannt ist z. B. dass die übliche Einführung in die Kinematik über eindimensionale Betrachtung von Bewegungen erhebliche Schwierigkeiten für die Lernenden bereitet (Wodzinski, 1996).

Im Rahmen einer Vergleichsstudie soll nun der Einfluss der Sachstruktur auf den Wissenserwerb untersucht werden. Dabei wird im Rahmen eines Design-Based Research (DBR) – Ansatzes (Hopf & Wiesner, 2007) eine bereits mehrfach untersuchte Sachstruktur (Jung, Reul & Schwedes, 1977) für den Unterricht in der Sekundarstufe weiterentwickelt und ihre Wirksamkeit mit der einer traditionellen Sachstruktur verglichen. Bei einer DBR-orientierten Forschungsagenda geht es dabei zunächst nicht darum, einzelne Faktoren der Wirkungszusammenhänge des Physiklernens zu identifizieren. Anspruch ist – ausgehend von Problemen der Praxis – tragfähige Lösungen für den Physikunterricht zu identifizieren. Gelingt es in einem ersten Schritt, „funktionierende“ Lernumgebungen zu entwickeln, so kann in weiteren Schritten genauer analysiert werden, ob einzelne Faktoren zu identifizieren sind, die den Erfolg bedingen.

Die Einführung eines neuen Lehrplans in Bayern schafft sehr gute Voraussetzungen für das geplante Vorhaben: Dort ist eine erste, dynamische Einführung in die Mechanik in der 7. Jahrgangsstufe vorgesehen. Damit sind nicht nur die organisatorischen Rahmenbedingungen für die geplante Untersuchung vorhanden, darüber hinaus empfinden viele Lehrkräfte diese Vorgabe als problematisch und hoffen auf Vorschläge aus der Fachdidaktik. Das vorgestellte Vorhaben hat zum Ziel, diese Probleme der Praxis zu bearbeiten und gleichzeitig wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen.

Sachstrukturen

Neben einer Einführung in die Mechanik, die von statischen Kräften ausgeht und erst viel später zur Dynamik übergeht, hat sich in den letzten Jahren eine andere Sachstruktur etabliert. Dabei werden anhand linearer Bewegungen Geschwindigkeit und Beschleunigung eingeführt. In der Regel wird hierfür nur sehr wenig Unterrichtszeit verwendet. Danach wird dann sehr schnell zu den Newtonschen Gesetzen übergeleitet. Dieser Sachstruktur gegenübergestellt wird eine, die die Mechanik von vornherein im Zweidimensionalen betrachtet. Dazu wird zunächst die Geschwindigkeit als Vektorgröße eingeführt. Hier erweisen sich moderne Formen der Messwertgewinnung (Videoanalyse) als äußerst hilfreich. Aus der genauen Analyse von Bewegungen wird anschließend die „Zusatzgeschwindigkeit“ $\Delta \vec{v}$ als Kernbegriff des Lehrgangs erarbeitet. Die Erkenntnis, dass eine Einwirkung auf einen Körper immer eine Zusatzgeschwindigkeit bewirkt, führt unmittelbar zu einer Formulierung der Newtonsche Bewegungsgleichung in ihrer ursprünglichen Form $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$. Durch deren Verwendung ist es möglich, komplexe

Bewegungen des Alltags ohne Rückgriff auf den Begriff der Beschleunigung zu diskutieren. Diese Sachstruktur zeigte bereits in ersten Voruntersuchungen deutliche Verbesserungen beim Verständnis der Mechanik bei Probanden aus 7. Klassen.

Materialentwicklung

Um die beiden Sachstrukturen miteinander vergleichen zu können, war es notwendig, entsprechende Unterrichtsmaterialien zu entwickeln. Dazu wurde zunächst basierend auf verschiedenen Vorarbeiten ein Lehrtext für Schülerinnen und Schüler erstellt (Hopf, Waltner, Wilhelm & Wiesner, 2008). Dabei wurde versucht, einen Schulbuch-ähnlichen Stil zu verwenden, um hier möglichst wenig Unterschiede zu traditionellem Unterricht zu erreichen. Darüber hinaus wurden Videoaufnahmen von Experimenten, passende Videoanalysen sowie ein Simulationsprogramm produziert. Zudem ist die Erarbeitung von Arbeitsblättern geplant.

Vergleichende Studie

Zur Überprüfung der Wirksamkeit der verschiedenen Sachstrukturen wird in einer Kooperation der Universitäten Würzburg, München und Wien in den Schuljahren 2007/08 und 2008/09 eine vergleichende Untersuchung durchgeführt. Verfolgt werden dabei neben der Wissensentwicklung der Schülerinnen und Schüler deren Interesse und selbstbezogene Kognitionen. Dabei wird folgendes Untersuchungsdesign verwendet (Abb. 1).

2008:											
1	2	3	Kontrollgruppe				8	9	10	11	12
Fragebögen			Materialienentwicklung					Erprobungsgruppe			
2009:											
Schulung			Treatmentgruppe								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Abb. 1: Untersuchungsdesign

Um den Einfluss verschiedener Lehrpersonen möglichst auszuschalten, unterrichtet jede an der Hauptstudie beteiligte Lehrkraft sowohl in der Kontroll- als auch in der Experimentalgruppe. Dabei wurden von April bis Juli 2008 die Kontrollklassen unterrichtet; der Unterricht in den Experimentalklassen erfolgt im Zeitraum von April bis Juli 2009. Zur Einschätzung der Vergleichbarkeit der Probanden wird eine Subskala des KFT verwendet. In allen Klassen werden die Verläufe von Wissen und nicht kognitiven Merkmalen im Prä-Post-Follow-Up-Design verfolgt. Zur Dokumentation der Wissensentwicklung kommen dabei einerseits Items aus dem FCI zum Einsatz, andererseits wird auch ein selbstentwickelter Subtest zu Spezifika der neuen Sachstruktur verwendet. Daneben werden das fachspezifische Selbstkonzept, das allgemeine Interesse am Physikunterricht sowie die Selbstwirksamkeitserwartung erhoben. Angestrebt wird, vollständige Datensätze aus je 10 Klassen zu erhalten. Darüber hinaus wird in zufällig ausgewählten Unterrichtsstunden die Einschätzung des Unterrichtsgeschehens (Laukenmann, Bleicher, Fuss, Gläser-Zikuda, Mayring & Rhöneck, 2000) erfragt. Zwischen Januar und Februar 2009 werden die beteiligten Lehrpersonen auf die neue Sachstruktur geschult und mit dem entwickelten Material vertraut gemacht. Die Lehrkräfte erhalten dabei die entwickelten Schülertexte sowie entsprechendes Begleitmaterial (Videofilme, Videoanalysen, Simulationsprogramm, Arbeitsblätter). Weder für den Unterricht in der Kontrollklasse noch für den in der Treatmentklasse werden den Lehrkräften Vorschriften zur Durchführung gemacht. Die Ausgestaltung der einzelnen Stunden obliegt der einzelnen Lehrperson. Zur weiteren Kontrolle des Unterrichtsgeschehens werden die Lehrpersonen aber jeweils aufgefordert, ein

Unterrichtstagebuch zu führen. Durch dieses Vorgehen wird erwartet, dass die methodische Gestaltung des Unterrichts über den Untersuchungszeitraum nur wenig variiert und z. B. das Ausmaß an schüleraktivierenden Unterrichtsmethoden oder die Verwendung des Experiments relativ konstant bleibt.

Zur Überprüfung der Praxistauglichkeit des Schülertextes erproben Lehrkräfte aus dem Großraum Würzburg zu Beginn des Schuljahrs 2008/09 die entwickelten Materialien im Unterricht und melden ihre Erfahrungen zurück. Darauf basierend wird dann eine zweite Version des Schülertextes formuliert.

Erste Ergebnisse und Ausblick

Die erste Phase der Hauptuntersuchung ist erfolgreich abgeschlossen. Datensätze aus 16 Klassen liegen vor und werden momentan ausgewertet. Auffällig ist die geringe Variation der Sachstruktur in den vorgelegten Unterrichtstagebüchern der Lehrkräfte. Bis auf kleine Abweichungen (z. B. die Reihenfolge, in der Federkraft bzw. Schwerkraft behandelt werden) unterrichten alle beteiligten Lehrerinnen und Lehrer nach der gleichen, traditionellen Sachstruktur. Im Durchschnitt verwenden sie 20,5 Unterrichtsstunden für diese Einführung in die Mechanik. Erste Rückmeldungen zeigen, dass die Lehrkräfte den Lernerfolg ihrer Schülerinnen und Schüler als überaus kritisch einschätzen.

Erstaunlich großes Interesse besteht an der Erprobung des entwickelten Materials. Entgegen der ursprünglichen Planung (von ca. 3 bis 5 teilnehmenden Lehrkräften) beteiligen sich aktuell an diesem Untersuchungsteil 15 Lehrpersonen mit 20 Schulklassen. Hier ist zu erwarten, dass nach Einarbeitung der Anregungen aus dieser Erprobung weitgehend ausgereiftes und praxiserprobtes Unterrichtsmaterial für die Hauptstudie zur Verfügung gestellt werden kann.

Begleitend zur beschriebenen quantitativen Vergleichsstudie wird darüber hinaus im Rahmen einer Promotionsarbeit die Entwicklung von Einstellungen und Wissen der Lernenden und Lehrenden qualitativ untersucht.

Danksagung

Besonderer Dank gilt Verena Tobias, Christine Michel, Alex Rachel, Florian Schüller, Barbara Scherzer, Anne Zimmer und A. Ilhan Sen für ihre wertvollen Beiträge. Teile der Forschungsarbeiten wurden durch die Unterstützung des Lehrerbildungszentrums der LMU München ermöglicht.

Literatur

- Hopf, M., Waltner, C., Wilhelm, T., & Wiesner, H. (2008). Einführung in die Mechanik. München, Würzburg.
- Hopf, M., & Wiesner, H. (2007). Paradigmen für physikdidaktische Forschung - ein Rück- und Ausblick: Physikdidaktik und Design-Based Research. In: Kolling, S. (Hrsg.), Beiträge zur Experimentalphysik, Didaktik und computergestützten Physik. Berlin: Logos, 37-58
- Jung, W., Reul, H., & Schwedes, H. (1977). Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6. Diesterweg.
- Laukenmann, M., Bleicher, M., Fuss, S., Gläser-Zikuda, M., Mayring, P., & Rhöneck, C. (2000). Eine Untersuchung zum Einfluss emotionaler Faktoren auf das Lernen im Physikunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 6 139-155
- Wilhelm, T. (2008). Mechanik - zweidimensional und multicodal. In: Nordmeier, V. (Hrsg.), Didaktik der Physik. Berlin: Lehmanns Media
- Wodzinski, R. (1996). Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht. LIT.