

Verena Tobias¹
 Christine Waltner¹
 Martin Hopf²
 Thomas Wilhelm³
 Hartmut Wiesner¹

¹Universität München
²Universität Wien
³Universität Würzburg

Sachstruktur im Mechanikunterricht -Wie gehen Lehrkräfte damit um?

Der Interventionsansatz

Im Rahmen einer integrativen Studie wird ein Unterrichtskonzept für die Mechanik in der 7. Jahrgangsstufe des Gymnasiums erprobt, welches von zweidimensionalen Bewegungen zu dynamischen Betrachtungen überleitet, wie in der Vergangenheit immer wieder vorgeschlagen (Jung et al., 1977). Da das Konzept (z.B. Hopf et al., 2008) sowie erste Ergebnisse (Wilhelm et al., 2009; Tobias et al., 2009) an anderer Stelle veröffentlicht sind, werden hier nur noch die allgemeinen Rahmenvorstellungen aufgezeigt. Angeknüpft wird an die allgemein einsichtige Idee „Von nichts kommt nichts“ oder „Ohne Einwirkung keine Änderung“: Die Einwirkung einer Kraft \vec{F} führt zu einer Änderung der Geschwindigkeit: der Körper erhält eine Zusatzgeschwindigkeit $\Delta\vec{v}$. Dabei wird die Geschwindigkeit als Kombination von Tempo *und* Richtung der Bewegung definiert. Durch die Darstellung mit Pfeilen wird aus Anfangs- und Zusatzgeschwindigkeit die Endgeschwindigkeit bestimmt. Die drei intuitiv einleuchtenden Je Desto Beziehungen zwischen Kraft, Einwirkdauer, Masse und Zusatzgeschwindigkeit münden dann in der Bewegungsgleichung in der integralen Form $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta\vec{v}$, die zur argumentativen Analyse verschiedener Situationen angewendet wird und als Definitionsgleichung für die Kraft aufzufassen ist.

Das Forschungsdesign

Der Interventionsansatz versteht sich als Design-Based-Research Projekt: Ein Ansatz, der den „credibility gap“ zwischen fachdidaktischer Theorie und Praxis zu überbrücken sucht, indem im ingenieurwissenschaftlichen Sinne eine konkrete Problemstellung in enger Zusammenarbeit mit den Anwendern des Produktes, den Lehrkräften erarbeitet wird. Darüber hinaus wird das Design zum Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung der fachspezifischen Lehr-Lerntheorie im Bereich der Newtonschen Mechanik (Gräsel, 2004).

Das aktuelle Forschungsvorhaben ist folgendermaßen gestaltet: Es fand ein Vortreffen der Lehrpersonen statt, bei dem ihnen das ausgearbeitete Unterrichtsmaterial (Schülerlehrtext als Klassensatz, Arbeitsblätter, Filme und Simulationen) zur Verfügung gestellt wurde. An der Vorstudie nahmen 15 Lehrkräfte mit 20 Klassen aus dem Raum Würzburg teil. Sie unterrichteten im Herbst 2008 nach dem dynamischen Konzept zur Evaluation der Materialien und Instrumente im Hinblick auf die Hauptstudie. An der Hauptstudie nahmen 10 Lehrkräfte mit 14 Klassen aus dem Raum München teil. Sie unterrichteten im Sommer 2008 nach dem klassischen Konzept und im Sommer 2009 nach dem neuen Konzept, so dass die Konstanz der Lehrpersonen in Kontroll- und Treatmentgruppe gesichert ist.

Berichtet wird hier über die Ergebnisse einiger ausgewählter Forschungsfragen der Vorstudie im Raum Würzburg, die im Hinblick auf die Entwicklung der Erhebungsinstrumente für die Hauptstudie ausgewertet wurden.

Ausgewählte Forschungsfragen der qualitativen Studie

Aus den Ergebnissen der standardisierten Schülertest kann konstatiert werden, dass die Schülerinnen und Schüler der Würzburger Erprobungsgruppe ihren Altersgenossen der Münchener Kontrollklassen im fachlichen Abschlusstest hoch signifikant überlegen waren, mit einer großen Effektstärke von $d = 0,8$. Vor diesem Hintergrund stellt sich aber auch die

Frage nach der Realisierung und Bewertung des Konzeptes der zweidimensionalen Dynamik durch die beteiligten Lehrpersonen. Folgenden Fragestellungen wurde nachgegangen:

1. *Wie realisieren Lehrkräfte das zweidimensional-dynamische Mechanikkonzept?*
2. *Wie beurteilen Lehrkräfte das zweidimensional-dynamische Mechanikkonzept?*

Zu 1: Während der unterrichtlichen Umsetzung wurde von den beteiligten Lehrerinnen und Lehrern ein tabellarisches Tagebuch über die Inhalte der einzelnen Mechanikstunden geführt. Aus diesen Aufzeichnungen ist ersichtlich, dass in der Vorstudie durchschnittlich 22,8 Unterrichtsstunden für die Mechanik verwendet wurden. Die angegebenen Werte variieren zwischen 17 und 26 Stunden.

Bei genauerer Betrachtung ist außerdem auffällig, dass die konzeptspezifischen Inhalte unterschiedlich viel Zeit einnahmen. So schließt beispielsweise eine Lehrkraft bereits in der 7. Stunde, eine andere Lehrkraft erst in der 17. Stunde die Newtonsche Bewegungsgleichung mit Anwendungen ab. Auch die Unterrichtszeit zum Einüben der Pfeilbilder schwankt stark: Vier Lehrpersonen verwenden jeweils eine eigene Unterrichtsstunde zum Bestimmen der Zusatzgeschwindigkeit und der Endgeschwindigkeit. Fünf Lehrpersonen benutzen eine extra Unterrichtsstunde für die Pfeilbilder zu eindimensionalen Bewegungsänderungen (Änderungen des Tempos ohne Änderungen der Richtung) als Spezialfälle. In sechs Tagebüchern finden sich eigene Einheiten zum Begriff der Beschleunigung. Von einer Lehrerin wurde direkt nach der Zusatzgeschwindigkeit die Beschleunigung über drei Stunden besprochen. Wenn dann die „Newtonsche Bewegungsgleichung“ angeschlossen wird, ist sicherlich fraglich, ob die vom Konzept vorgesehene Form in angemessenem Maße unterrichtet wurde. Diese feineren Informationen sind den Aufzeichnungen der Lehrkräfte nicht immer zu entnehmen.

Die Frage wurde in der Hauptstudie daher detaillierter untersucht. Als Erhebungsinstrument wurde zusätzlich das Videographieren einer Unterrichtsstunde eingeplant, um Informationen über die Konzepttreue in der unterrichtlichen Umsetzung zu erhalten. Dazu wurde die Einführung der Newtonschen Bewegungsgleichung ausgewählt, da die vorangegangenen Kapitel des Lehrgangs in dieser Unterrichtsstunde zusammenfließen und sie den Kern des Lehrgangs darstellt. Bei diesen Unterrichtsbesuchen wurde auch die Berücksichtigung der Beschleunigung erfragt. Hierbei war nicht nur interessant, ob die Lehrkräfte die Beschleunigung ergänzend einführen, sondern auch aus welchen Gründen sie dies tun.

Zu 2: Nach Abschluss des Mechaniklehrgangs wurden die beteiligten Lehrerinnen und Lehrer der Vorstudie in Leitfadeninterviews zu ihrer Bewertung des Konzeptes befragt. Aus organisatorischen Gründen war ein Gespräch mit nur 12 von 15 Lehrkräften möglich. Dabei wurden die konzeptspezifischen Inhalte wie folgt beurteilt:

a) Alle zwölf befragten Lehrkräfte hielten den zweidimensionalen Geschwindigkeitsbegriff mit Tempo und Richtung für sinnvoll und für verständlich!

b) Im Hinblick auf die Newtonsche Bewegungsgleichung ergab sich ein etwas differenzierteres Bild: Zehn Lehrpersonen befanden die Formulierung der integralen Form als sinnvoll, z.B.: *„Dieser Ansatz ist für mich sogar sehr gut geeignet! Mit der Newtonschen Bewegungsgleichung sind sie ganz gut umgegangen; sie konnten die Phänomene erklären. Ich fand das sogar so gut, dass ich das dann auch in der zehnten Klasse gemacht habe. Und ich glaube, dass das auch denen geholfen hat.“* Nur zwei Lehrpersonen fanden die Formulierung nicht sinnvoll, z.B.: *„Ich finde, es ist kein Problem die Beschleunigung einzuführen, denn damit können die Schülerinnen und Schüler aus ihrem Alltag etwas anfangen. Kraft ist Masse mal Beschleunigung, das ist logisch, das merken die sich.“*

Dieses Zitat rückt die Kenntnis – oder vielmehr die Nichtkenntnis – von Lernschwierigkeiten in der Mechanik in den Blickpunkt, die der Konzeption des Lehrgangs zugrunde liegen; insbesondere die Präkonzepte der Lernenden zum Beschleunigungs- und Kraftbegriff. Es ergibt sich also die Frage nach einem Zusammenhang zwischen der Akzeptanz des Konzeptes sowie der Kenntnis der Lernschwierigkeiten, als eine Facette der

fachdidaktischen Kompetenz der Lehrkräfte. Im Verlauf des Interviews wurden unterschiedliche formale und konzeptuelle Lernschwierigkeiten von den Lehrpersonen angesprochen: Als formale Lernschwierigkeiten wurden fehlende mathematische Kenntnisse genannt (7-mal), außerdem wurden falsche Sprechweisen (1-mal) ebenso beklagt wie Schwierigkeiten beim Umrechnen von Einheiten (3-mal) oder beim Umgang mit gültigen Ziffern (2-mal). Auch die Unterscheidung von Zahlen und Größen falle vielen Lernenden schwer (3-mal). Auch konzeptuelle Lernschwierigkeiten wurden geäußert: 10-mal im Zusammenhang mit dem Geschwindigkeitsbegriff, 8-mal beim Beschleunigungsbegriff, 9-mal beim Kraftbegriff, 6-mal bei der Reibung, 3-mal bei der Unterscheidung von Masse und Gewicht und 6-mal bei der Unterscheidung von Wechselwirkung und Gleichgewicht von Kräften. Dabei wurden von einer einzelnen Lehrperson zwischen zwei und acht konzeptuelle Lernschwierigkeiten zur Sprache gebracht. Um die Akzeptanz des Konzeptes in einen Zusammenhang mit der Kenntnis der Lernschwierigkeiten durch die Lehrpersonen zu bringen, wurden drei Gruppen gebildet: Sechs der zwölf Lehrpersonen stimmen dem Lehrgang uneingeschränkt zu (Gruppe 1). Den Lehrpersonen der Gruppe 1 waren durchschnittlich 5,2 konzeptuelle Lernschwierigkeiten bekannt. Vier der zwölf Lehrpersonen stimmen dem Lehrgang eingeschränkt zu (Gruppe 2); sie geben an, die vektorielle Geschwindigkeit, sowie die Konzepte der Zusatzgeschwindigkeit und der Bewegungsgleichung beizubehalten. Allerdings werden von dieser Gruppe Modifikationen vorgenommen. Eine Lehrerin möchte bei der Unterscheidung zwischen Geschwindigkeit und Tempo in Zukunft zügiger vorgehen. Eine andere Lehrerin wird wieder mehr Wert auf mathematische Fertigkeiten wie das Umstellen der Formeln oder das Umrechnen der Einheiten legen. Zwei weitere Lehrkräfte wollen zwar nach eigenen Angaben die Bewegungsgleichung in der Darstellung des Lehrgangs beibehalten, im Anschluss jedoch die Beschleunigung und die entsprechende Bewegungsgleichung zusätzlich stärker hervorheben. Den Lehrpersonen der Gruppe 2 waren durchschnittlich 3,8 konzeptuelle Lernschwierigkeiten bekannt. Zwei der zwölf Lehrpersonen (Gruppe 3) werden das Konzept nach eigener Einschätzung nicht fortführen. Besonders bemerkenswert ist, dass aber selbst diese Lehrkräfte eine Akzeptanz des vektoriellen Geschwindigkeitsbegriffes für künftigen Unterricht angeben. Diesen Lehrerinnen und Lehrern waren im Durchschnitt 2,5 konzeptuelle Lernschwierigkeiten bekannt.

Auch in dieser Forschungsfrage ergaben sich einige Konsequenzen für die Hauptstudie. So geben die Nennungen formaler Lernschwierigkeiten einen Hinweis auf die Zielsetzungen der Lehrerinnen und Lehrer im Unterricht. In den Interviews der Hauptstudie wurden deshalb Fragen nach den Lernzielen stärker berücksichtigt wie auch Fragen nach den Lernschwierigkeiten.

Ausblick

In der Hauptstudie wurden der bereits überarbeitete Interviewleitfaden und das zusätzliche Erhebungsinstrument (Videographie einer Unterrichtsstunde) eingesetzt. Über Ergebnisse der Hauptstudie wird in Kürze berichtet werden.

Literatur

1. Jung, Walter et al. (1977): *Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6*, Diesterweg
2. Hopf, Martin et al. (2008): *Dynamischer Zugang zur Mechanik*, in: Nordmeier, V. (Red.): Beiträge zur Frühjahrstagung der DPG, Didaktik der Physik, Lehmanns Media
3. Wilhelm, Thomas et al. (2009): *Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht- Quantitative Ergebnisse zur Verständnis- und Interessensentwicklung*. Tobias, Verena et al. (2009): *Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht- Qualitatives Forschungsvorhaben im Rahmen einer integrativen Studie*. beide in: Nordmeier V. (Red.): Beiträge zur Frühjahrstagung der DPG, Didaktik der Physik, Lehmanns Media
4. Gräsel, Cornelia et al. (2004): *Implementationsforschung-oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern*, in: Unterrichtswissenschaft 32 (3), S. 196 – 214