

Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht Qualitatives Forschungsvorhaben im Rahmen einer integrativen Studie

Verena Tobias¹, Martin Hopf², Christine Waltner¹,
Thomas Wilhelm³, Hartmut Wiesner¹

¹Universität München, ²Universität Wien, ³Universität Würzburg

Kurzfassung

- Die Schwerkraft setzt ein, wenn die Kraft nachlässt. -

Anhand ähnlicher Äußerungen von Schülerinnen und Schülern wurde inzwischen in zahlreichen Studien die komplexe Problematik beim Lehren und Lernen der Newtonschen Mechanik dargestellt. Bislang ist allerdings wenig nachgewiesen, wie nachhaltige Effekte zur Verbesserung des Unterrichtserfolges erzielt werden können.

An den vorhandenen Lernschwierigkeiten ansetzend, wurde ein Unterrichtskonzept für die 7. Jahrgangsstufe des Gymnasiums weiterentwickelt, welches von zweidimensionalen Bewegungen zu dynamischen Betrachtungen überleitet. Es wird in einer breit angelegten integrativen Studie der Einfluss der verschiedenen Sachstrukturen auf die Entwicklung von Einstellungen und Wissen untersucht. Dabei werden eine quantitative und eine qualitative Erhebung durchgeführt, wobei das Augenmerk dieses Beitrages auf dem qualitativen Forschungsvorhaben durch Befragungen von Lehrkräften sowie von Schülerinnen und Schülern liegt. Es bestehen erste Eindrücke aus Interviews mit einer Erprobungsgruppe: Berichtet wird über die Leistungen der Lernenden, sowie die Erfahrungen der Lehrkräfte mit den unterschiedlichen Sachstrukturen.

1. Einleitung

Isaac Newton wird heute insbesondere mit einem modernen Kraftbegriff $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ assoziiert, der sich allerdings allmählich über die Jahrhunderte herausgebildet hat.

Insofern erscheint es bemerkenswert, dass auf einer Briefmarke, die die deutsche Post 1993 anlässlich des 350sten Geburtstages dieses prominenten Physikers herausgegeben hat, die Bewegungsgleichung in einer Fassung angegeben ist, die Newtons Formulierung am ehesten entspricht: $\Delta(m\vec{v}) = \vec{F}\Delta t$

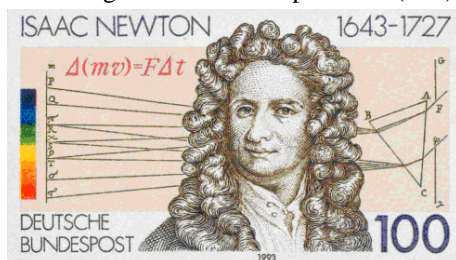


Abb. 1 Briefmarke zu Ehren Isaacs Newtons

Speziell diese integrale Form wird in dem Unterrichtskonzept verwendet, das im Folgenden vorgestellt wird.

2. Lernschwierigkeiten

In der Vergangenheit haben zahlreiche nationale und internationale Erhebungen gezeigt, dass der konventionelle Mechanikunterricht nahezu wirkungslos ist. Es soll an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen werden, es sei nur eine TIMSS-Aufgabe für die Sekundarstufe II beispielhaft angeführt: Es ist die Bewegung eines springenden Balls (bei vernachlässigtem Luftwiderstand) dargestellt.

Als Aufgabenstellung sollte in den Punkten P, Q und R die Richtung der Beschleunigung eingezeichnet werden.

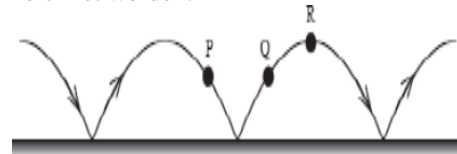


Abb. 2 TIMSS Aufgabe zur Beschleunigung

Die Lösungswahrscheinlichkeit deutscher Schülerinnen und Schüler beträgt 07%. (GK 02%, LK 14%, Int. 16%) [1]

Es zeigen sich hier insbesondere Schwierigkeiten bei Fragestellungen, die ein konzeptionelles Verständnis (im Gegensatz zum mathematischen Formelwissen) abprüfen.

Es wurden in diesem Zusammenhang unterschiedliche Ursachen ausgemacht:

-sachbedingte Lernschwierigkeiten

Ein Teil der Lernschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler sind sachbedingt, d.h. in der Komplexität der Lerninhalte begründet.

-innenbedingte Lernschwierigkeiten

Zu innenbedingten Lernschwierigkeiten zählen Interesse und Motivation, ebenso wie die vorunterrichtlichen Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern, die in der Vergangenheit in der fachdidaktischen Forschung eingehend untersucht wurden. [2]

-außenbedingte Lernschwierigkeiten

Zu außenbedingten Lernschwierigkeiten gehört unter anderem ein unangemessenes Unterrichtsangebot. Es gibt Hinweise darauf, dass der übliche schulische Zugang über die Kinematik mit starker Betonung statischer Aspekte lernhinderlich wirken kann. [3],[4]

3. Interventionsansatz

Die dieser Arbeit zugrunde liegende Intervention setzt an am dritten Gesichtspunkt der Unterrichtsangebote. Es handelt sich um eine Variation der Sachstruktur des Mechanikunterrichtes. Hierunter verstehen wir die thematische Aufbereitung, die sich durch Rekonstruktion aus der Sachstruktur der Fachwissenschaft Physik ergibt, wobei die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt werden.

Vor diesem Hintergrund wurde immer wieder ein dynamischer Unterrichtszugang vorgeschlagen. Da das Konzept für die siebte Jahrgangsstufe des Gymnasiums an anderer Stelle veröffentlicht ist [z.B. 5], sollen nur noch die allgemeinen Rahmenvorstellungen aufgezeigt werden.

Geschwindigkeits- und Kraftbegriff werden vektoriell gefasst.

Angeknüpft wird an die allgemein einsichtige Idee: Von nichts kommt nichts,... oder: Ohne Einwirkung keine Änderung,...

Die Kraft \vec{F} bewirkt eine Änderung in der Geschwindigkeit, eine Zusatzgeschwindigkeit $\Delta\vec{v}$.

Dieser Begriff wird als eigenständige Bezeichnung eingeführt (nicht nur als Geschwindigkeitsänderung im gängigen Sinn). Es handelt sich um eine Elementarisierung der Beschleunigung für den Unterricht der Unterstufe.

Als Schlüsselphänomen dient die kurzzeitige, senkrechte Einwirkung auf die Bewegung einer rollenden Kugel: Der Körper erhält eine Zusatzgeschwindigkeit in Richtung der Einwirkung. Aus Anfangs- und Zusatzgeschwindigkeit wird mit einer Pfeilkonstruktion die Endgeschwindigkeit bestimmt.

Diese Situation ist als Experiment sowie als Simulation zugänglich [6]: Es können die Stärke und Richtung der Einwirkung ebenso variiert werden, wie die Anfangsgeschwindigkeit und die Masse der Kugel. (In einem zweiten Modus mit einem Ventilator anstelle der Feder lässt sich auch die Einwirkdauer verändern.)

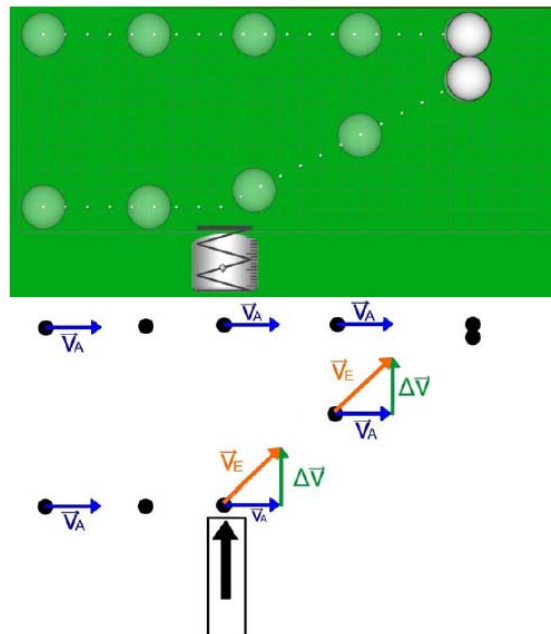


Abb. 3 Simulation und schematisches Pfeilbild

Als Ergebnis für die Lernenden ergibt sich: Je größer die Kraft ist, desto größer ist die Zusatzgeschwindigkeit (bei jeweils gleicher Einwirkdauer und Masse).

Je länger die Kraft ausgeübt wird, desto größer ist die Zusatzgeschwindigkeit (bei jeweils gleicher Kraft und Masse).

Je größer die Masse des Körpers ist, desto kleiner ist die Zusatzgeschwindigkeit (bei jeweils gleicher Kraft und Einwirkdauer).

Aus diesen Je-Desto Beziehungen wird dann die Bewegungsgleichung in der Form $m \cdot \Delta\vec{v} = \vec{F} \cdot \Delta t$ entwickelt.

4. 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. In einer spiralförmigen Entwicklung werden erste Entwürfe der Lernumgebung immer wieder evaluiert und verbessert. Darüber hinaus wird das Design zum Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung der fachspezifischen Lehr-Lerntheorie im Bereich der Newtonschen Mechanik. [7]

Gräsel und Pachmann betonen, dass solche symbiotische Strategien, bei denen die Lehrpersonen an der Entwicklung und Erprobung von Unterrichtsinhalten und -materialien aktiv beteiligt sind, ein hohes Maß Akzeptanz erwarten lassen. [8]

Kline identifiziert insbesondere zwei Barrieren für die Akzeptanz durch die Lehrpersonen, nämlich zum einen Unsicherheiten, die Realisierung betreffend, zum anderen Überzeugungen, den Lernprozess betreffend, so dass eine angemessene Anpassung der Unterrichtsgestaltung als unnötig und unsinnig empfunden wird. [9]

Nach Guskeys Modell der Lehrerfortbildung sind Wirksamkeitserfahrungen im Unterricht die Voraussetzung, dass Lehrkräfte ein Konzept nachhaltig annehmen. [10] Wir möchten diese Wirksamkeitserfahrungen ermöglichen!

VanKeer und Verhaeghe bekräftigen, dass sich dabei die Unterstützung durch Fortbildung auf ein praktisch realisierbares Maß beschränken lässt ohne das Unterrichtskonzept zu beeinträchtigen. [11]

Das aktuelle Forschungsvorhaben ist folgendermaßen gestaltet:

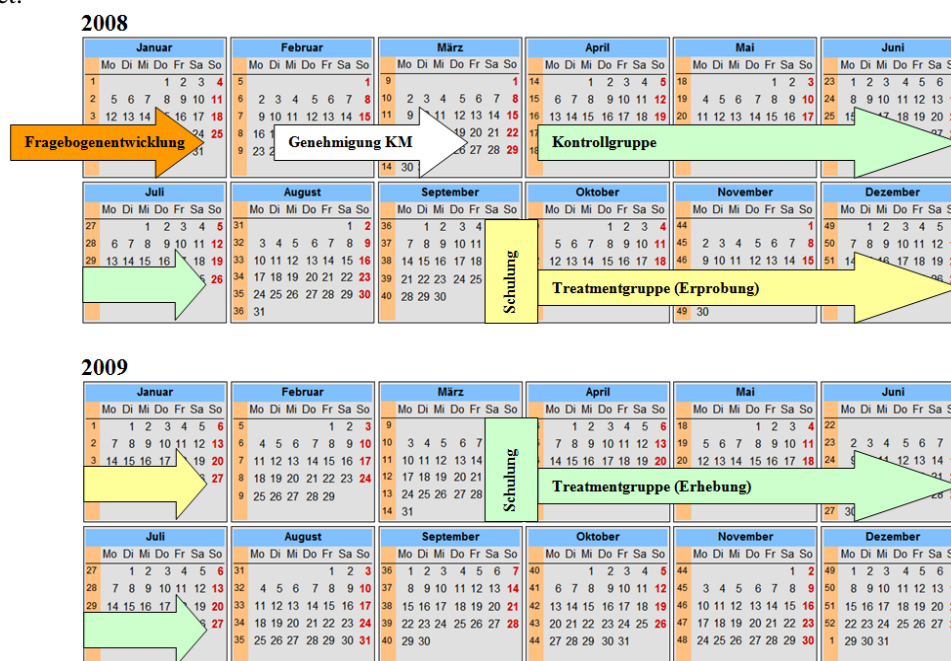


Abb. 4 Zeitplan der integrativen Studie

Die Lehrpersonen werden einmal geschult und bekommen dann das ausgearbeitete Unterrichtsmaterial als Klassensatz zur Verfügung gestellt. Im Zeitplan ist die Erprobung gelb, die Erhebung grün eingezeichnet.

An der Erprobung nahmen 15 Lehrkräfte mit 20 Klassen aus dem Raum Würzburg teil. Sie wurden einmal geschult, und unterrichteten im Herbst 2008 nach dem dynamischen Konzept zur Evaluation der Materialien und Instrumente.

An der eigentlichen Erhebung nehmen 10 Lehrkräfte mit 14 Klassen aus dem Raum München teil. Sie unterrichteten im Sommer 2008 nach dem statischen Konzept. Sie werden ebenso einmal geschult, und unterrichten im Sommer 2009 nach dem dynamischen Konzept, so dass die Konstanz der Lehrpersonen in Kontroll- und Treatmentgruppe gesichert ist.

Die Erhebung wird als integrative Studie durchgeführt: In einer quantitativen Studie werden standardisierte Schülertests eingesetzt; in der qualitativen Studie werden Leitfadenterviews durchgeführt. Diese Interviews werden mit den Lehrkräften in ca. 40 Minuten telefonisch, mit den Schülerinnen und Schülern in ca. 30 min persönlich abgehalten.

Alle Lehrkräfte, sowie einige Schülerinnen und Schüler der Würzburger Gruppe wurden nach Abschluss der Unterrichtseinheit interviewt.

Die Lehrkräfte der Münchner Gruppe werden zweimal interviewt: Ein erstes Interview findet statt bevor sie das dynamische Konzept unterrichtet haben, ein zweites danach. Die Schülerinterviews finden nach Abschluss des Lehrgangs statt. Darüber hinaus werden Unterrichtsbeobachtungen in den Schlüsselstunden des Kurses vorgenommen.

5. Forschungsfragen

Als Forschungsfragen des qualitativen Teils der Untersuchung wurden formuliert:

- Wie beurteilen Lehrkräfte das zweidimensional-dynamische Mechanikkonzept?
- Wie realisieren Lehrkräfte das zweidimensional-dynamische Mechanikkonzept?
- Kennen die Lehrpersonen die Lernschwierigkeiten in der Mechanik?
- Erkennen die Lehrpersonen diese Lernschwierigkeiten in der Mechanik als den fachdidaktischen Ausgangspunkt des Konzeptes?
- Inwiefern bedingt dies die Akzeptanz des Mechanikkonzeptes?

- Inwiefern beeinflusst das Unterrichten nach dem zweidimensional-dynamischen Mechanikkonzept die fachdidaktischen Kompetenzen der Lehrerinnen und Lehrer?
- Inwiefern beeinflusst das Unterrichten nach dem zweidimensional-dynamischen Mechanikkonzept die bereichsspezifischen Überzeugungen der Lehrerinnen und Lehrer?
- Inwiefern beeinflusst die Gesamtintervention die konzeptionelle Begriffsbildung der Schülerinnen und Schüler im Bereich der Newtonschen Mechanik, insbesondere das Verständnis von Geschwindigkeit, Beschleunigung und Kraft, sowie des Bewegungs- und Beharrungsprinzips.

6. Erste Ergebnisse

Es kann derzeit von den Interviews der Erprobungsgruppe berichtet werden.¹ Dabei ergeben sich interessante Einblicke in das Verständnis der Geschwindigkeit: Die Schülerinnen und Schüler haben den zweidimensionalen Geschwindigkeitsbegriff gut erfasst, d.h. dass die Geschwindigkeit sowohl Tempo als auch Richtung beinhaltet. Dies führt zu erstaunlichen Ergebnissen im Hinblick auf die Kurvenfahrt mit konstantem Tempo. (Eine Aufgabenstellung die sich in höheren Klassen als sehr schwer herausgestellt hat. [12]) Den Befragten war klar, dass sich die Geschwindigkeit immer ändert, da sich die Richtung der Geschwindigkeit ändert.

Auch alle bisher befragten Lehrpersonen bewerten die Einführung einer zweidimensionalen Geschwindigkeit positiv.

Einige Lehrpersonen berichten von begrifflichen Schwierigkeiten bei der Umsetzung: Es sei ihnen schwer gefallen Geschwindigkeit und Tempo (als den Geschwindigkeitsbetrag) trennscharf anzuwenden. Es deutet sich hier eine Entwicklung an, in der fachdidaktischen Kompetenz (im Sinne eines gesteigerten Problembewusstseins), die es nun weiterzuverfolgen gilt.

Weiterhin geben alle befragten Lehrkräfte an, den zweidimensionalen Geschwindigkeitsbegriff in ihren Unterricht adaptieren zu wollen. Es deutet sich hier eine Entwicklung an, in den bereichsspezifischen Überzeugungen, die es nun ebenfalls weiterzuverfolgen gilt.

Ein differenzierteres Bild ergibt sich im Hinblick auf das Bewegungsgesetz ohne Beschleunigungsbegriff:

Nur eine der befragten Lehrpersonen verzichtet vollständig darauf, die Beschleunigung einzuführen. Die anderen befragten Lehrpersonen verzichten nicht darauf, die Beschleunigung einzuführen, wobei die Begründung dreimal im Lehrplan und einmal im Begriff Beschleunigung selbst gesehen wird.

Dabei ist es interessant, die Argumentationen der ersten Lehrperson (die auf die Einführung der Beschleunigung verzichtet) und der letzten Lehrperson (die nicht auf die Einführung der Beschleunigung verzichtet und dies mit dem Begriff begründet) gegenüber zu stellen.

„Viele Schüler können mit dem Begriff der Beschleunigung nichts anfangen. Geschwindigkeitsänderung ist in den Köpfen eher vorstellbar, denn bei der Beschleunigung brauchen wir die Geschwindigkeitsänderung auf eine bestimmte Zeit bezogen.“

„Ich finde die Beschleunigung ist den Schülern aus dem Alltag bekannt, damit können sie was anfangen. Das merken sie sich: Kraft ist Masse mal Beschleunigung.“

Dies sind Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der Bewertung des Unterrichtskonzeptes und der Kenntnis der Lernschwierigkeiten. Es gilt, diese Frage vor den Hintergrund der aktuellen Diskussion über das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte weiter zu verfolgen.

7. Literatur

- [1] <http://www.mpib-berlin.mpg.de/TIMSSIII-Germany/> (Stand 6/2007)
- [2] MÜLLER, Rainer et al. (2004): Schülervorstellungen in der Physik, Köln
- [3] WODZINSKI, Rita (1996): Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik im Anfangsunterricht, Münster
- [4] JUNG, Walter et al. (1992): Untersuchungen von Lernschwierigkeiten, Schülervorstellungen u. Lernprozessen bei der Einführung in die Newtonsche Mechanik, DFG-Abschlussbericht. Frankfurt a.M.
- [4] HOPF, Martin et al. (2008): Dynamischer Zugang zur Mechanik, in: Nordmeier, V. (Hg.): CD zur Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der DPG, Berlin
- [5] Download der Simulation unter: <http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materilien/themen/mechanik/index.html>
- [6] REINMANN, Gabi (2005): Innovation ohne Forschung – Ein Plädoyer für den Design-Based Research Ansatz, in: Unterrichtswissenschaft 33(1).S.52-69
- [7] GRÄSEL, Cornelia et al. (2004): Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern, in: Unterrichtswissenschaft 32(3).S.196-214
- [8] KLINE, Frank et al. (1992): Implementing learning strategy instruction in class settings: A research perspective, in: Pressley, M. et al. (Hg.): Promoting academic competence and literacy in school, San Diego, S.361-406

¹ Es sind derzeit sechs Schülerinterviews und fünf Lehrerinterviews ausgewertet.

- [9] GUSKEY, Thomas (1986):
Staff Development and the Process of
Teacher Change,
in: Educational Researcher 15 (5). S.5-12
- [10] VANKEER, Hilde et al. (2005):
Comparing two teacher development
programms for innovating reading
comprehension instruction with regard to
teachers' experiences and student
outcomes, in: Teaching and Teacher
Education 21. S.543-562
- [11] JUNG, Walter et al. (2004):
Wie wenden Schüler Physik an zur
Erklärung alltäglicher Erscheinungen?
Untersuchungen am Beispiel der
klassischen Mechanik,
in [2], S.127-139

8.Autoren

Verena Tobias
Didaktik der Physik
Institut für Physik
Universität München
Theresienstraße 37
80333 München

Email: verena.tobias@physik.uni-muenchen.de

Die anderen Autoren sind durch den angegeben
Kontakt ebenfalls erreichbar.