

## **Entwicklung physikalischer Kompetenz bei unterrichtlicher Nutzung von Modellbildungssoftware**

### **Einführung**

Im DFG-Projekt "Physiklernen mit Modellbildungssystemen" untersuchen wir vergleichend in Oberstufenkursen mit und ohne Computereinsatz die Fähigkeit zur halbquantitativen Beschreibung von Bewegungsvorgängen unter dem Einfluß von Kräften. In den Versuchskursen — zwei Leistungskurse Physik der 11. Jahrgangsstufe – wurde regelmäßig das grafikorientierte Modellbildungssystem STELLA eingesetzt (s. dazu Schecker 1998a). Zwei weitere Leistungskurse (Kontrollgruppe) bearbeiteten den gleichen Themenbereich Mechanik ohne Einsatz von Modellbildungssystemen. Die Fachinhalte der Kinematik und Dynamik, die zentralen Experimente und der zeitliche Aufwand waren gemäß den Bremer Rahmenrichtlinien vergleichbar. Die Grundhypothese lautet, daß die Arbeit mit einem Modellbildungssystem das grundlegende Verständnis des Grundgesetzes der Dynamik (2. Newtonsches Axiom) dadurch in besonderer Weise fördert, daß die erfolgreiche Konstruktion von Modellen zu Bewegungsvorgängen das Durchlaufen der folgenden Überlegungskette erfordert: Ermittle die auf einen Körper wirkenden *Einzelkräfte* und bilde daraus die *Resultierende*; diese bestimmt jeweils die *Beschleunigung* des Körpers, d.h. die *Geschwindigkeitsänderung* und damit deren *zeitlichen Verlauf*.

Als Untersuchungsinstrumente wurden der Force Concept Inventory (Hestenes 1992), Interviews über Experimente und concept mapping eingesetzt. Das Design der empirischen Studie ist in Schecker (1998b) veröffentlicht. Im vorliegenden Beitrag berichte ich über die Ergebnisse der Interviewstudie.

### **Interviews**

In den Einzelinterviews wird den Probanden zunächst ein Realexperiment demonstriert. Der Einstieg erfolgt über eine offene Frage nach ihren Beobachtungen. Danach sollen die Schüler den Geschwindigkeitsverlauf skizzieren sowie dessen Ursachen erläutern. Am Ende wird gegebenenfalls eine Lösungsstrategie vorgelegt, anhand derer die Schüler ihre Antworten überdenken sollen. Die Bearbeitung der Aufgabe erfordert keine Formelkenntnisse oder mathematische Operationen.

In einem Ratingverfahren wird auf Basis des Tonbandmitschnitts die Argumentationsgüte in den drei Interviewphasen eingestuft (s. dazu Schecker 1998b). Im folgenden werden drei

Rangstufen unterschieden:

- Stufe 1/2: Der Schüler findet keinen Ansatz zur Beschreibung der Bewegung, bzw. seine Argumentation ist kinematisch bruchstückhaft bis falsch.
- Stufe 3/4: Die Argumentation ist kinematisch korrekt (z.B. wird die abnehmende Beschleunigung beim Fahrbahnexperiment korrekt im  $v(t)$ -Graphen dargestellt); die dynamischen Anteile der Argumentation fehlen jedoch oder sind falsch.
- Stufe 5/6: Die Argumentation ist kinematisch und dynamisch korrekt.

Folgende Experimente standen in den Interviews zur Diskussion:

- am Beginn der 11. Klasse: frei fallende Papierkegel;
- am Ende des Halbjahres 11/1 (d.h. nach dem Kurs „Mechanik“): Fahrbahnexperiment mit zeitlich abnehmender beschleunigender Kraft;
- am Ende der 11. Klasse: Elektronen im Plattenkondensator (Elektronenstrahl-Ablenkrohre).

## Ergebnisse

Im Einganginterview über die Fallbewegung von Papiertrichtern ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe. (Für den Gruppenvergleich verwenden wir den Mann-Whitney-U-Test). In Abbildung 1 sind die Schüler daher zusammengefaßt. Beschreibungen, in denen die Luftreibungskraft im Verlauf des Falls zunimmt und so die Beschleunigung allmählich verringert, kamen praktisch nicht vor. Nur jeder dritte Schüler erkannte, daß am Beginn eine Beschleunigungsphase vorhanden ist. Kontinuierliche zeitliche Betrachtungen des Geschwindigkeitsverlaufs waren selten.

Die Interviews *nach* dem Halbjahr Mechanik haben für die Überprüfung der postulierten Wirkungen von Modellbildungssystemen besondere Bedeutung. 27% der Probanden in der Versuchsgruppe und 55% in der Kontrollgruppe scheiterten bei der Beschreibung des Fahrbahnexperiments (s. Abb. 2). Diese Schüler gingen von einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung aus. Obwohl in den Interviews sichergestellt wurde,

In den Abbildungen 1 bis 3 wird jeweils das höchste erreichte Argumentationsniveau dargestellt.

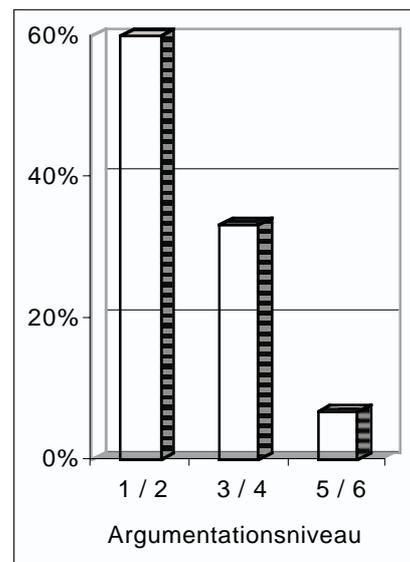


Abb. 1: Beginn 11/1 (Papierkegel).

daß die Schüler das Aufwickeln der Kette auf dem Boden erkannten und benannten, wurde das aus dem Unterricht bekannte Experiment mit angehängten Gewichtsstücken assoziiert und unreflektiert übertragen. Einen kinematisch korrekten Verlauf des  $v(t)$ -Graphen skizzierten 27% (VG) bzw. 15% (KG). Eine vollständig korrekte Lösung fanden 47% in der Versuchsgruppe bzw. 30% in der Kontrollgruppe. Diese Unterschiede sind statistisch signifikant. In der Versuchsgruppe gingen 10 von 15 Schülern bei ihren Erläuterungen der Bewegung auf die *kontinuierliche* Abnahme der Geschwindigkeitsänderung ein. In der Kontrollgruppe war das nur bei 6 von 20 Schülern der Fall. Geschlossene Argumentationsketten mit Rückkopplungsschleifen kamen in drei Fällen ausschließlich in der Versuchsgruppe vor.

In der *Abschlußerhebung* mussten newtonsche Argumentationsmuster auf nicht-mechanische Kräfte transferiert werden. Im Unterschied zur Zwischenerhebung ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Der Experimentalgruppe gelingt der Transfer nicht besser als der Vergleichsgruppe. Die Verteilung auf die Argumentationsniveaus 1/2, 3/4 und 5/6 ist nahezu identisch (s. Abb. 3).

Die Versuchsgruppe schneidet damit im Interview über mechanische Kräfte besser ab als die Kontrollgruppe. Die Effekte des Einsatzes von Modellbildungssystemen sind jedoch begrenzt und geringer als erwartet.

### Literatur:

- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G.: Force Concept Inventory. In: The Physics Teacher **30** (1992), 141-158.
- Schecker, H.: Physik modellieren. Stuttgart: Klett 1998 (a).
- Schecker, H.: Physiklernen mit Modellbildungssystemen — Forschungskonzeption. In: Behrendt, H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Alsbach: Leuchtturm 1998 (b), 230-232.

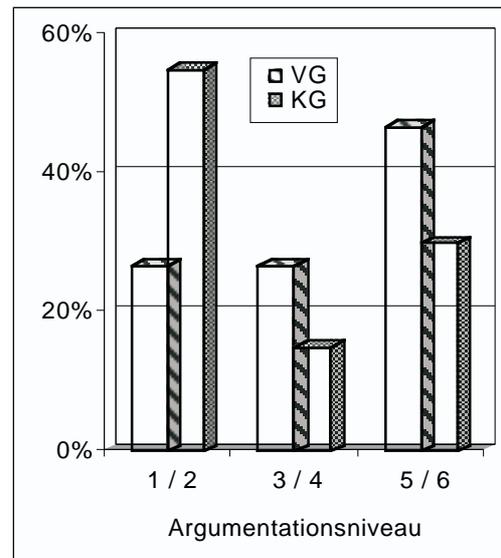


Abb. 2: Ende 11/1 (Fahrbahn).

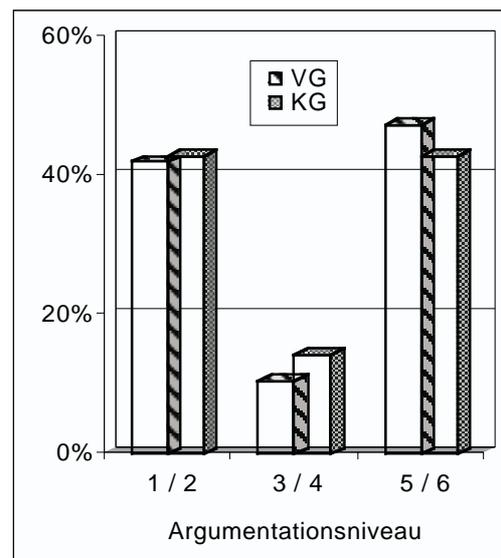


Abb. 3: Ende 11/2 (Elektronen).