

Nachhaltiges Mechaniklernen im MultiMechanics Project

Projektbeschreibung: Viele der in der Didaktik für den Mechanikunterricht vorgeschlagenen Aspekte wollten zwei Lehrer, Herr Gröber und Herr Poth, aus Rheinland-Pfalz im Schuljahr 2003/2004 in zwei Physik-Leistungskursen (34 Schüler) umzusetzen. Ein Ziel war dabei die Integration verschiedener multimedialer Elemente in den Physikunterricht, wie ein Messwerterfassungssystem, ein Videoanalysesystem, ein Modellbildungssystem und Simulationen. Ein anderes Ziel war ein schülerorientierter, entdeckender und handlungsorientierter Unterricht durch konsequente Integration von Gruppenarbeitsphasen, in denen am Computer experimentiert, ausgewertet und modelliert wird (Gröber, Poth, 2004). Selbstgesteuertes Lernen oder Just-in-Time-Teaching (siehe unten) sollten realisiert werden. Um beide Aspekte – Schülerzentrierung und Multimedia-Einsatz – intensiv umsetzen zu können, wurden die Schüler in beiden Kursen in Dreiergruppen eingeteilt und für jede Gruppe ein Laptop, die Software Coach 5 (deutsche Betaversion) und das Messinterface Coachlab II mit Hilfe von Sponsoren angeschafft. Bei der Software Coach 5 sind Messwerterfassung, Videoanalyse, Modellbildung und Links zu Internetseiten unter einer Oberfläche integrierbar. Coach 5 ist leicht bedienbar und deshalb für diesen stark schülerzentrierten Unterricht geeignet. Die Einführung in die Software Coach 5 erfolgte außerhalb des normalen Unterrichts an drei Tagen in einer Jugendherberge, was von der Robert-Bosch-Stiftung im Rahmen des Projektes NaT-Working finanziert wurde.

Es handelt sich bei diesem Projekt um eine Machbarkeitsstudie. Im Vordergrund stand nicht die systematische Untersuchung des Einflusses einzelner Lehr/Lernvariablen auf das Lernen der Schüler, sondern die Entwicklung und Erprobung eines mediengestützten Mechanikkurses, der Physikmedien sinnvoll in den Unterricht integriert. Das Landesmedienzentrum Rheinland-Pfalz in Koblenz unterstützte das Projekt durch eine Abordnung von 10 Deputats-Wochenstunden. Eine fachliche Beratung und eine Untersuchung der erzielten Veränderungen bei den Schülervorstellungen wurden von Herrn Wilhelm übernommen.

Den Lehrern stand die CD aus dem von der Heraeus-Stiftung geförderten Projekt „Innovativer Kinematik- und Dynamikunterricht“ zur Verfügung (Wilhelm, 2005; Wilhelm, Heuer, 2004). Die fachliche Vorgehensweise und die Reihenfolge der behandelten Themen wurden davon beeinflusst. Insbesondere das Kinematik-Konzept orientierte sich stark an dem dort dargestellten Konzept. Die kinematischen Begriffe Ort, Geschwindigkeit und Beschleunigung wurden daher an zweidimensionalen Bewegungen eingeführt und erst danach auf eindimensionale Bewegungen spezialisiert (Wilhelm, Heuer, 2002). Dabei wurden die Größen als Vektoren dargestellt und die Änderungen betont. Deshalb wurde mit der Videoanalyse einer zweidimensionalen Bewegung begonnen, nämlich einem Basketballwurf. Auf einem Ausdruck der Bahnkurve mit Zeitmarken sollten die Schüler dann selbst die Vektoren konstruieren (Gröber, Poth, 2005). Damit werden die kinematischen Größen qualitativ als gerichtete Größen eingeführt und erst danach bei eindimensionalen Bewegungen mathematisiert. Die Videoanalyse bot dabei die Möglichkeit, von realen Bewegungen aus dem Alltag auszugehen statt künstliche Laborbewegungen zu betrachten.

In einem Kurs wurden intensiv Realexperimente und Physlets bei Just-in-Time-Teaching eingesetzt (Poth, Gröber, 2005): Die Schüler hatten zu Hause viele Aufgaben in Webformularen zu bearbeiten; die Antworten wurden dem Lehrer als Rückkopplung per E-Mail zugesandt. Der Lehrer berücksichtigte dies in seiner Unterrichtsplanung, indem er z.B. interessante Lösungen auf Folie kopierte und im Unterricht diskutierte. Das ermöglicht dem Lehrer

eine gründlichere Bearbeitung von Schülerkommentaren, eine bessere schülerorientiertere Unterrichtsplanung, die Förderung des öffentlichen Diskurses und die Nutzung einer neuen Hausaufgabenform. Bei den Schülern steigerte dies stark die Motivation und veränderte das Kommunikationsverhalten in der Gruppe. Dies ist also eine Möglichkeit, Schülervorstellungen ernst zu nehmen und aufzuarbeiten.

In der Gruppenarbeit war eine hohe Selbsttätigkeit der Schüler zu beobachten, die miteinander redeten und eher ihre Vorstellungen äußerten. So wird eine selbst gesteuerte Lerndynamik möglich. Die Lehrer mussten die Gruppendynamik anerkennen und hatten keine unmittelbare Kontrolle des Lernens mehr. Sie wurden mehr Berater und stille Beobachter. Die Schüler stellten erst dann Fragen, wenn sie wirklich welche hatten.

Aspekte der Evaluation: Die Rahmenbedingungen erlaubten nur paper-and-pencil-Tests, die mit anderen Klassen verglichen wurden. Im Rahmen einer Dissertation (Wilhelm, 2005) wurde bei allen Tests ermittelt, wie traditionell unterrichtete Gymnasiasten in Bayern diese Tests beantworten, wobei aber in Bayern in der elften Klasse noch kein Kurssystem existiert und nur zwei bzw. drei 3 Stunden Physik pro Woche stattfinden. Außerdem wurde erhoben, wie Schüler antworten, die in dem Projekt „Innovativer Kinematik-/Dynamikunterricht“ unterrichtet wurden. Wünschenswert wäre aber gewesen, Vergleichswerte von herkömmlich unterrichteten Leistungskursen aus Rheinland-Pfalz zu haben mit fünf Stunden Physik pro Woche, was noch nicht vorliegt.

Bei einer Aufgabe sollten die Schüler die Beschleunigungsrichtungen bei Kurvenfahrten einzeichnen, wobei das Tempo des Autos konstant war oder größer oder kleiner wurde. Während nur 6 % bis 12 % der 217 bayerischen Schüler die Aufgaben richtig lösten und stattdessen meist die tangentielle Beschleunigungskomponente einzeichneten, haben 36 % bis 73 % der Schüler des Projektes die Aufgaben richtig gelöst – allerdings bei mehr als doppelt so viel Unterrichtszeit für die Kinematik. Dennoch zeigt sich hier der Vorteil eines Unterrichts, der in die Kinematik über zweidimensionale Bewegungen mit Hilfe der Videoanalyse einsteigt und Größen zunächst als Vektorpfeile darstellt.

Mehr Verständnis für die Beschleunigung zeigten die Schüler des MultiMechanics Projectes auch bei einer Aufgabe, bei der die Beschleunigung einer senkrecht nach oben geworfenen Münze angegeben werden soll – während dem Aufsteigen, am höchsten Punkt und beim Hinunterfallen. Bei gegebenem Koordinatensystem in allen drei Fällen das Vorzeichen richtig anzugeben schafften dies 37 % von 33 Leistungskurschülern, aber nur 7 % von 188 bayerischen Gymnasiasten. Eine Antwortkombination, bei der fälschlicherweise „+“ immer für Schnellerwerden und „-“ für Langsamerwerden steht, gaben nur 15 % der Kurschüler (36 % der Vergleichsgruppe). Soll dagegen die Richtung der Beschleunigung mit einem Pfeil angegeben werden, machen dies 9 % der bayerischen Elftklässler, aber 36 % der Projekt-Schüler richtig.

Bei einem Fragebogen, der in Anlehnung an einen Fragebogen des Amerikaners R. Thornton entwickelt wurde (Heuer, Wilhelm, 1997), ergab sich: Wenn die Schüler hier zu sechs beschriebenen eindimensionalen Bewegungen je den passenden Zeit-Beschleunigungs-Grafen auswählen sollten, konnten dies 47 % der bayerischen Elftklässler, aber 64 % der MultiMechanics-Project-Schüler. Wenn die Schüler zu sieben beschriebenen eindimensionalen Bewegungen je den passenden Zeit-Kraftgrafem auswählen sollten, konnten dies 21 % der bayerischen Elftklässler, aber 53 % der Project-Schüler. Waren die möglichen Antworten als Text gegeben, konnten dies 32 % der bayerischen, aber 50 % der Projekt-Schüler.

Ein international bekannter und genutzter Test zum Kraftverständnis ist der „Force Concept Inventory“ (FCI). Unabhängig davon, ob man die Schüler nun mit konventionell unterrichteten Bremer Leistungskursen, mit konventionell unterrichteten bayerischen Klassen oder mit den Klassen des Projektes „Innovativer Kinematik-/Dynamikunterricht“ vergleicht, ergibt sich: Die Schüler des MultiMechanics Project haben nicht nur die höchsten Vortestwerte, sondern auch die höchsten Nachtestwerte und den größten relativen Zugewinn. Bei Studien-

ten verschiedener naturwissenschaftlicher Studienrichtungen, die den Test zu Beginn ihres Studiums ausfüllten, erreichten nur die Studenten höhere Werte, die Diplom-Physik studieren wollten (Girwidz et al., 2003).

Von den Leistungskurs-Schülern angefertigte Concept Maps sind deutlich besser als die von konventionell unterrichteten Elftklässlern (3 WoStd. Physik, keine Modellbildung).

Vorstellungen der Schüler über Physik und über das Lernen von Physik wurden mit dem Test „Maryland Physics Expectations Survey“, kurz MPEX, überprüft. 322 bayerischen Gymnasiasten zeigten bei diesem Test zu Schuljahresbeginn weit ungünstigere Einstellungen als amerikanische College-Studenten. D.h. die Einstellungen der Schüler werden als ungünstig für das Lernen und Verstehen der Physik angesehen. Die beiden Leistungskurse hatten dagegen durchgehend günstigere Ergebnisse. Interessant ist nun, wie sich diese Einstellungen durch den Unterricht verändern: Die Werte bei den bayerischen Gymnasiasten veränderten sich im Laufe der elften Jahrgangsstufe durch den Mechanikunterricht signifikant hin zu ungünstigeren Werten. In den beiden Leistungskursen des MultiMechanics Projects gab es stattdessen eine deutliche Veränderung zum Positiven, so dass die Ergebnisse sogar günstiger als bei amerikanischen Studenten sind. Diese Veränderung ist sicherlich eine Folge des Unterrichts, in dem sie selbst Wissen „erzeugen“ sollten und nicht Gegebenes übernehmen sollten. Diese Schüler achten mehr auf das Verständnis der zugrunde liegenden Ideen, während die bayerischen Vergleichsschüler sich auf Formeln konzentrieren. Und die Leistungskursschüler erachten die Physik als relevant für reale Kontexte.

Zusammenfassung: Das MultiMechanics Project zeigt, dass es gut möglich ist, neue Medien und schülerorientierten Unterricht zu verbinden und dass dies im alltäglichen Schulunterricht realisiert werden kann. Gute Erfahrungen wurden mit der Einführung der kinematischen Größen über zweidimensionale Bewegungen gemacht. Dazu stellte sich die Videoanalyse als ein geeignetes Werkzeug heraus, mit dem die Schüler selbst die Bewegungsanalyse durchführen können. Auch wenn bei den Testergebnissen noch Vergleichswerte aus herkömmlich unterrichteten Leistungskursen fehlen, zeigt sich doch, dass die Schüler gute Ergebnisse erzielten. Als besonders positiv kann ein Verständnis der Beschleunigung und eine günstige Einstellung zum Physiklernen gewertet werden.

Ausblick: Dieser Unterricht wird erneut in weiteren Kursen durchgeführt. Das Projekt findet außerdem seine Fortsetzung darin, dass am Landesmedienzentrum von Rheinland-Pfalz eine Blended-Learning-Fortbildung zu den verwendeten neuen Physikmedien konzipiert wird. Ziel ist die Durchführung einer modernen und effektiven Lehrerfortbildung, die es Lehrern ermöglicht, Inhalte eines Web-Based-Trainings und einer Präsenzveranstaltung im eigenen Unterricht zu erproben und langfristig ins eigene Repertoire zu integrieren.

Literatur

- GIRWIDZ, R.; KURZ, G.; KAUTZ, C. (2003): „Zum Verständnis der newtonschen Mechanik bei Studienanfängern – der Test ‚Force Concept Inventory – FCI‘“ – In: NORDMEIER, V. (Red.): Didaktik der Physik. Beiträge der Frühjahrstagung der DPG – Augsburg 2003, Berlin
- GRÖBER, S.; POTH, T. (2004): „Das MultiMechanics Project“ - In: <http://physik.bildung-rp.de/unterrichtphy/MMP/MMP.htm>
- GRÖBER, S.; POTH, T.; WILHELM, T. (2005): „Zweidimensional-vektorielle Kinematik mit Videoanalyse. Vorstellung eines Unterrichtsganges im MultiMechanics Project“ - In: PdN-PhiS 53
- HEUER, D.; WILHELM, T. (1997): „Aristoteles siegt immer noch über Newton. Unzulängliches Dynamikverstehen in Klasse 11“ - In: MNU 50, Nr. 5, S. 280 - 285
- POTH, T.; GRÖBER, S. (2005): „Maßgeschneiderter Unterricht durch Just-in-Time-Teaching“ - In: PdN-PhiS
- WILHELM, T. (2005): „Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrganges zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung“, Dissertation
- WILHELM, T.; HEUER, D. (2004): Implementation eines innovativen Kinematik-/Dynamik-Unterrichtskonzeptes - In: PITTON, A. (Hrsg.): Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung, Jahrestagung der GDCP in Berlin 2003, Lit-Verlag, Münster
- WILHELM, T.; HEUER, D. (2002): „Fehlvorstellungen in der Kinematik vermeiden - durch Beginn mit der zweidimensionalen Bewegung“ - In: PdN-PhiS 51, Nr. 7, S. 29 – 34