

Antti Savinainen

## Physik als Fremdsprache?

### 1. Einleitung

Ich fing in 1994 als Lehrer in der Oberstufe vom Kuopio Lyzeum an, nachdem ich meine Ausbildung als Lehrer abgeschlossen hatte. Im gleichen Herbst wurde im Lyzeum als Einleitung für das International Baccalaureate-Programm (IB) der sog. pre-IB-Unterricht auf Englisch eingeführt. Ich hatte mich während meines Studiums an internationalen Studentenaktivitäten im Physik beteiligt, so dass ich über einige Erfahrungen mit der englischen Sprache im naturwissenschaftlichen Kontext verfügte. Vor Beginn des Schuljahres besuchte ich noch einen kurzen Kurs für gesprochenes Englisch in der Volkshochschule. Im ersten Jahr war meine englische Ausdrucksweise nicht sehr flüssig, aber der Unterricht lief trotzdem an: meine Schüler haben mich verstanden, und ich habe meine Schüler verstanden. Natürlich habe ich auch das gesamte schriftliche Material auf Englisch vorbereitet. Der Start des IB-Unterrichts hat sehr viel Zeit und Kraft verlangt.

Am Anfang habe ich im IB-Programm zwei Jahre Chemie unterrichtet und danach begann ich mit dem Physikunterricht. Zu der Zeit war es nicht mehr nötig, sehr viel über die Unterrichtssprache nachzudenken, die Hauptbetonung lag auf dem Inhalt des Lehrfaches. Ich stellte meines Erachtens gute Vorlesungsnotizen, Demonstrationen und Übungsaufgaben zusammen. Ich erklärte die Sachen möglichst deutlich, mit Betonung auf der Bedeutung der Begriffe. Die motiviertesten Studenten beteiligten sich aktiv am Unterrichtsgespräch, aber das war immer nur ein kleiner Teil der gesamten Klasse. Ich dachte trotzdem, dass alles in Ordnung sei, da die restliche Klasse anscheinend dem Unterricht ebenfalls genau folgte.

Mit großen Erwartungen ließ ich dann die vorbereitende IB-Gruppe einen Test zur Überprüfung des Verstehens der mechanischen Grundbegriffe (Force Concept Inventory) machen, bei dem die Studenten die richtige Antwort auswählen mussten und der sich in den USA großer Beliebtheit erfreute. Das Ergebnis dieser Prüfung war für mich eine große Enttäuschung: trotz der Vorlesungen, die das Verstehen der Begriffe betonten, trotz Demonstrationen und Unterrichtsgesprächen hatte der Großteil der Studenten nur ein bescheidenes Verständnisniveau erreicht. Die Ursache des schwachen Ergebnisses lag nicht bei der Unterrichtssprache; die Studenten versicherten, dass sie keine Probleme hatten, dem Unterricht zu folgen. Diese Einschätzung wurde auch dadurch bestätigt, dass die Ergebnisse dieses Tests über das Verstehen der Begriffe auch in den USA nach traditionellem Unterricht nur recht bescheiden ausfielen.

Das Ergebnis zwang mich, meinen Unterricht kritisch zu überdenken. Vorher gab es keinen Anlass dazu, weil meine Studenten in den traditionellen Physikprüfungen mit Betonung auf rechnerischer Beherrschung der Physik sehr gut abgeschnitten hatten. Mir wurde klar, dass die wahrscheinlichste Ursache der schwachen Beherrschung der Begriffe darin lag, dass nur wenige Studenten sich wirklich aktiv am Unterrichtsgespräch beteiligten, mit anderen Worten Physik sprachen. Also begab ich mich auf die Suche nach Alternativen zum traditionellen Unterrichtsgespräch.

### 2. Peer Instruction: Physikunterricht à la Harvard

Ich lernte viele alternative Unterrichtsmethoden kennen, die aber nicht überzeugend wirkten. Dann fand ich die Peer Instruction-Methode, die vom Professor Mazur (1997) der Harvard-Universität entwickelt wurde. Das Ziel dieser Methode ist es, die Beteiligung der Studenten an der Vorlesung bedeutend zu steigern und das Augenmerk auf Begriffe grundlegender Natur zu richten. Die Vorlesungen bestehen aus Vorträgen über Schlüsselpunkte, die durch einen kurzen Begriffstest (ConcepTest) gefolgt werden. Der Begriffstest läuft folgendermaßen ab:

- 1) Die Frage wird gestellt (z.B. auf Folie)
- 2) Die Studenten haben Zeit, sich die Antwort zu überlegen
- 3) Die Studenten versuchen, den Platznachbar (peer) davon zu überzeugen, dass ihre Antwort richtig ist.
- 4) Der Lehrer ermittelt die Anzahl von denen, welche die richtige Antwort gefunden hatten.
- 5) Der Lehrer erklärt die richtige Antwort.

Dieser Prozess dauert einige Minuten. Der Lehrer erhält dadurch unmittelbaren Feedback über das Können der Studenten und kann bei Bedarf die gleiche Sache weiter erläutern. Anstelle der von Mazur verwendeten Mehrfach-Auswahltests habe ich offene Erklärungsaufgaben verwendet, die zum Beispiel mit einer kleinen Demonstration oder einer Abbildung im Lehrbuch zusammenhängen. Die begriffsbezogenen Aufgaben sollen die Studenten zum Physiksprechen aktivieren. Der Leitgedanke ist dabei, dass der Student durch die sozialen Wechselwirkungen sein eigenes Denken expliziert, von den Anderen Material zum Nachdenken erhält und seine eigenen Auffassungen bewusst wahrnimmt.

Zusätzlich zu den mit der Unterrichtssituation zusammenhängenden Aufgaben habe ich auch aus der Forschung des Physikunterrichts stammende Materialien verwendet, die in englischer Sprache zahlreich erhältlich sind. Solche englischsprachigen Aufgaben habe ich sowohl in den IB-Gruppen als auch in den Gruppen des finnischen Lehrplans verwendet. Auch die Fertigkeiten der finnischen Gruppe, englischsprachiges Material zu verwenden, sind sehr gut. Bei Bedarf habe ich die Aufgaben ins Finnische übersetzt.

Peer Instruction hat in der Harvard-Universität glänzende Ergebnisse produziert. Auch das Niveau des begriffsbezogenen Verstehens unter meinen eigenen Studenten ist deutlich besser geworden. Die Ergebnisse der Tests zur Prüfung des Verstehens der mechanischen Grundbegriffe sind sehr aufmunternd: diese habe ich auch in internationalen Publikationen dokumentiert. Natürlich habe ich die Auswertung des begriffsbezogenen Verstehens und seine Entwicklung durch den Einsatz von zahlreichen verschiedenen Meßmitteln vollzogen: mit verschiedenen schriftlichen Aufgaben sowie Interviews.

Im Folgenden werde ich noch näher betrachten, was das begriffsbezogene Verständnis der Physik – Beherrschung der Sprache der Physik – beinhaltet.

### **3. Die Sprache der Physik**

In der Physik, wie in vielen anderen Wissensbereichen, werden verschiedene Repräsentationen oder Darstellungsformen zur Darstellung und Vermittlung des Wissens genutzt. Lemke (1990) hat darauf hingewiesen, dass das Verstehen der Wissenschaft das "Sprechen der Wissenschaft" (talking science) voraussetzt. Dies kann durch ein Beispiel aus dem Lernen der Fremdsprachen verdeutlicht werden: der Student könnte eine große Auswahl Phrasen für verschiedene Situationen auswendig lernen. Wird er mit einer bestimmten Phrase angesprochen, weiß er, wie er darauf antwortet. Dieses Können kann jedoch sehr oberflächlich sein: wenn der Gesprächspartner die Sache anders als mit der gelernten Phrase ausdrückt, kommt kein Gespräch zustande. Damit sind die Sprachkenntnisse des Studenten extrem stark vom Kontext abhängig. Die Phrasen an sich sind zwar nützlich, aber der Student ist nicht in der Lage, das Gelernte in einer irgendwie abweichenden Situation anzuwenden. Dies kann auch in der Physik vorkommen: der Student kann einen umfangreichen Vorrat an verschiedenen Formeln und auswendig gelernten Problemlösungsmodellen haben, aber diese sind nicht mit inhaltlicher Bedeutung verbunden und bilden keinen brauchbaren Wissensaufbau.

Das 'Sprechen' der Physik setzt neben dem verbalen Vortragen die souveräne Beherrschung mehrerer Darstellungsformen voraus: bildliche Darstellungen, verschiedene Diagramme, Vektordarstellungen und mathematische Ausführungen. Erst durch einen flexiblen Einsatz dieser Darstellungsformen und den fließenden Wechsel von der einen zur anderen entsteht eine sachkundige, begriffsbezogene und auch rechnerische Beherrschung der Physik. Ich nenne dies die Kohärenz der Darstellungsformen (representational coherence) (Savinainen und Viiri 2003). Dies bedeutet, dass der Student in der Lage ist, für die Analyse eines Vorgangs oder einer Aufgabe verschiedene Darstellungsformen zu verwenden und bei Bedarf von der einen zur anderen überzugehen. Die Kohärenz der Darstellungsformen entsteht nicht selbsttätig, insbesondere die Übergänge zwischen den einzelnen Darstellungsformen gestalten sich zumindest am Anfang recht schwierig. Dies muss beim Unterricht berücksichtigt werden: dem Student müssen zahlreiche Möglichkeiten zum Üben der Anwendung verschiedener Darstellungsformen bei der Analyse verschiedener physikalischen Situationen geboten werden. Dazu eignet sich Peer Instruction hervorragend.

Zur Beherrschung der Sprache der Physik gehört als wesentlicher Bestandteil die Kohärenz der Begriffe der Physik (conceptual framework coherence). Dies setzt voraus, dass die Begriffe eines Themenkreises voneinander unterschieden werden (differentiation) und andererseits deren Zusammenhänge (integration)

gut ausgebildet sind. Als Beispiel: oft haben Studenten Schwierigkeiten, die Begriffe von Geschwindigkeit und Beschleunigung auseinander zu halten. Mit der Beschleunigung wird gemessen, wie schnell sich die Größe und/oder die Richtung der Geschwindigkeit in Bezug auf Zeit ändern. Die Beschleunigung steht im Zusammenhang mit der Änderung der Geschwindigkeit, aber nicht mit dem momentanen Wert der Geschwindigkeit. Dies klingt einfach, aber Untersuchungen haben bewiesen, dass der Begriff Beschleunigung doch sehr kompliziert ist. In einer Untersuchung wurden fünf Professoren interviewt, die den Physik-Grundkurs in verschiedenen Universitäten abgehalten hatten. Es zeigte sich, dass nur ein Professor den Begriff Beschleunigung perfekt beherrschte; bei den anderen gab es in den 'Sprachkenntnissen' der Physik noch viel Raum für Verbesserung!

#### **4. Über Physik als Fremdsprache und Physikunterricht in einer Fremdsprache**

Wie aus meinen Ausführungen hervorgeht, kann Physik wirklich als Fremdsprache betrachtet werden, ohne Rücksicht darauf, in welcher natürlichen Sprache das Studium läuft (siehe auch Saari 2000 und Roth 1993). Die Schwierigkeit liegt oft auch darin, dass viele physikalischen Begriffe auch in der Alltagssprache benutzt werden, aber die Bedeutung kann sich dabei stark von der genau definierten Bedeutung der Physik abweichen. Als Beispiel könnte der Begriff Kraft dienen. Im Alltag beschreibt das Wort Kraft eine Eigenschaft von einer Person oder einem Gegenstand ("ein sich schnell bewegender Gegenstand hat viel Kraft"). In der Physik wiederum wird der Begriff Kraft zur Messung von der Stärke der Wechselwirkung zweier Gegenstände und nicht als Eigenschaft des Gegenstandes verwendet. Es ist nur natürlich, dass der Student seine bisherigen Vorstellungen mit zur Klasse bringt. Manchmal sind diese bei der Bildung des physikalischen Begriffes sehr nützlich, manchmal aber sogar hinderlich.

Die Studenten können die Begriffe der Physik nicht selbst ableiten (Gesetze der Physik mit geeigneter Führung schon). Hier leistet ein gutes Lehrbuch wertvolle Dienste, und die Studenten können das Buch auch selbständig lesen. Sich vorab mit einer neuen Sache durch geeignete Lektüre vertraut zu machen ist einer der Besonderheiten der Peer Instruction-Methode. Dadurch erhalten die Studenten Beispiele über den Gebrauch der Sprache der Physik durch Lesen des Lehrbuchs, Zuhören beim Unterricht und durch Gespräch mit anderen Studenten. Die Begriffe der Physik erhalten ihre Bedeutung aus empirischen Erkenntnissen und sozialer Wechselwirkung. Es kann behauptet werden, dass der natürlichen Sprache, die zum Studium von Physik verwendet wird, an sich keine große Bedeutung zukommt. Der Student baut zum Beispiel im IB-Programm die Bedeutungen um den Begriff 'acceleration' auf und im finnischen Programm um den Begriff 'Beschleunigung'. Der physikalische Inhalt ist in beiden Fällen gleich.

Was verlangt das Unterrichten in einer Fremdsprache vom Lehrer? Selbstverständlich müssen die sprachlichen Fertigkeiten des Lehrers gut genug sein, um den Unterricht überhaupt in einer fremden Sprache erteilen zu können. Dazu muss der Lehrer das fachbezogene Vokabular sehr gut beherrschen. Meine eigene Schule unterstützt den Aufbau der Sprachkenntnisse seit Anfang des IB-Programms durch Sprachkurse in Finnland und in England. Die Lehrer werden auch motiviert, ein zielorientiertes Studium mit abschließender Sprachprüfung aufzunehmen. Dies war für mich eine große Hilfe bei der Durchführung von fremdsprachigem Unterricht. Es ist trotzdem schön zu merken, dass eine gute Wahl der Unterrichtsmethode dazu führt, dass der Lehrer nicht ständig reden muss. Es kann sogar so weit kommen, dass die Studenten Physik besser studieren können, wenn ihnen ausreichende Gelegenheiten geboten werden, die Sprache der Physik und seine praktische Anwendung zu üben.

#### **Quellen**

Lemke, J. (1990). *Talking Science*, (Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation).

Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*, (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall).

Roth, W.M. (1993). Construction Sites: Science Labs and Classrooms. In K. Tobin (Ed.): *The Practice of Constructivism in Science Education*. (New Jersey: Erlbaum), 145-170.

Saari, H. (2000). Excuse me, do you speak physics?, *Dimensio* 1, 48-49. Online at <<http://norssi.joensuu.fi/hankkeet/luma/Heikki4.pdf>>.

Savinainen, A. and Viiri, J. (2003). Using the Force Concept Inventory to Characterise Students' Conceptual Coherence. In Haapasalo, L. and Sormunen, K. (Eds.): *Towards Meaningful Mathematics and Science Education*, Proceeding on the IXX Symposium of Finnish Mathematics and Science Education Research Association. Bulletin of Faculty of Education, No:86, University of Joensuu. Online at <<http://kotisivu.mtv3.fi/physics/>> (click "Downloads").