

7. November 2011

Erfahrungen mit „physics without lectures“

Heinz-Jürgen Schmidt¹ § ¹

¹Universität Osnabrück, Fachbereich Physik, Barbarastr. 7, D - 49069 Osnabrück, Germany

Zusammenfassung. Es wird über ein didaktisches Experiment berichtet, in dem die Veranstaltung „Mathematik für Physiker 4“, die üblicherweise aus 4 Stunden Vorlesung und 2 Stunden Übung besteht, in eine 8-stündige Präsenzübung umgewandelt wurde.

Was du mir sagst, das vergesse ich.
Was du mir zeigst, daran erinnere ich mich.
Was du mich tun lässt, das verstehe ich.

(Konfuzius, 551-479 v. Chr.)

1. Einleitung

Ich möchte hier über ein didaktisches Experiment berichten, das ich im Wintersemester 2010/11 in der Veranstaltung „Mathematik für Physiker 4 (MfP4)“ durchgeführt habe. || Der im Titel enthaltene Begriff „physics without lectures“ spielt auf einen ähnlichen Versuch von Priscilla Laws [1] vor 20 Jahren am Dickinson College an ¶. Eine verwandte aktuelle Studie wurde von an der University of British Columbia durchgeführt [2]. Darüber berichtete die ZEIT am 19. Mai 2011 mit dem Untertitel „Universitäten sollten endlich die Vorlesung abschaffen“. So weit würde ich nicht gehen; ich plädiere, etwas vorsichtiger, vielmehr für eine Neubewertung der Rolle der Vorlesung in einführenden Physik-Veranstaltungen. Auch möchte ich mein Experiment nicht als „Stein der Weisen“ verkaufen oder anderen Kollegen zur Nachahmung aufnötigen. Es handelt sich um einen Bericht über Erfahrungen, die ich gemacht habe und hier reflektiere, nicht mehr und nicht weniger.

2. Ausgangspunkt

Ausgangspunkt des Experiments war meine Frustration in analogen Veranstaltungen MfP2,3,4, die ich im traditionellen System von Vorlesung und Übung (in Gruppen von 10-15 Studierenden) in den letzten Jahren durchgeführt habe. Das subjektive Gefühl, dass die „Lehre in die Leere“ läuft, wurde durch den objektiv feststellbaren Teilnehmerchwund in Vorlesung und Übung von bis zu 50% bestätigt. Über die Ursachen kann man natürlich nur mutmaßen. Meine Hypothese ist, dass die Studierenden die Vorlesungen und Übungen im traditionellen Stil als ineffektiv empfinden und ihre Zeit anders nutzen, wenn sie nicht zur Teilnahme gezwungen werden. Sie handeln also durchaus rational im Rahmen des überkommenen Systems; ihre Verweigerung als Faulheit zu deuten, wäre ein bequemer aber irreführender Kurzschluss. Für die Ursachen der vermuteten Ineffektivität mache ich hauptsächlich zwei Faktoren verantwortlich:

|| Dabei wurde ich von Herrn cand. rer. nat. Kai-Michael Voit unterstützt.

¶ Diesen Hinweis verdanke ich apl. Prof. Dr. Alfred Ziegler.

- (i) Inhomogenität der Vorkenntnisse, Lerngeschwindigkeiten und Lernziele,
- (ii) Verhältnis von Theorie und Praxis im herkömmlichen System.

Zum ersten Punkt ist zu konstatieren, dass sich unsere Veranstaltungen, auch als Folge der Umstellung auf das Bachelor-Master-System, an ein sehr inhomogenes Publikum wenden. Das dürfte auch an anderen Standorten außer Osnabrück ein Problem sein. Die natürliche Varianz an Physikbegabung wird dadurch verstärkt, dass wir in den Physikveranstaltungen unterschiedliche Studiengänge zusammenführen, etwa den Master of Education und den Bachelor of Science in mehreren Fachkombinationen. In der MfP4 werden für die erste Gruppe 3 ECTS-Punkte verlangt und für die zweite 9 ECTS-Punkte. Im herkömmlichen System bieten Vorlesung und Übung im Prinzip allen den gleichen Stoff im gleichen Tempo und auf dem gleichen Niveau an. Dabei werden die einen unterfordert, die anderen überfordert. Wie kann das funktionieren?

Zum zweiten Punkt möchte ich Elsbeth Stern von der ETH Zürich zitieren [3]:

„Wir lernen nicht fotokopierartig, sondern wir müssen uns unser Wissen selbst konstruieren können.“

In der Physik gehört zu dieser „Konstruktion des Wissens“ insbesondere das praktische Üben, etwa die Lösung von Aufgaben in der theoretischen Physik. Ich habe oft erlebt, dass Studierende bei der Lösung einer Aufgabe nicht etwa das Gelernte festigen, sondern überhaupt erstmals beginnen zu begreifen. Vorlesungen wären demnach für die meisten deshalb wenig effektiv, weil in ihnen versucht wird, theoretisches Wissen „fotokopierartig“ zu vermitteln, ohne dass bei den Hörern ein begriffliches Gerüst vorhanden wäre, das die neuen Informationen aufnehmen kann. Dieses Gerüst kann sich erst durch die selbständige Auseinandersetzung mit dem Stoff, etwa durch Üben, bilden. Daher liegt es nahe, die Vorlesung zwar nicht radikal abzuschaffen, aber das Verhältnis von Vorlesung und Übung auf den Kopf zu stellen.

Die Veranstaltung MfP4 behandelt üblicherweise lineare Algebra und Fourieranalysis im Hinblick auf Anwendungen hauptsächlich in der Quantenmechanik. Der übliche Ansatz wäre, einen Begriff wie z. B. „Determinante“ in der Vorlesung allgemein zu definieren und daraus wichtige Eigenschaften abzuleiten. In den Übungen würde dann die Berechnung konkreter Determinanten vorgeführt oder Aufgaben besprochen, in denen dieser Begriff vorkommt. Der Übungsleiter stellt typischerweise fest, dass Definitionen und Eigenschaften, die in der Vorlesung behandelt wurden und für die Lösung der Aufgaben notwendig sind, nicht bekannt sind. Seine Reaktionen und Gefühle sind nachvollziehbar. Es könnte sogar einzelne Studierende geben, die nie selbst eine Determinante berechnen oder zum ersten Mal in der Klausur.

In dem neuen Veranstaltungsmodell beginnt man mit Rezepten zur Berechnung von Determinanten von 2×2 -Matrizen und 3×3 -Matrizen und entsprechenden praktischen

Beispielen, die von den Studierenden vor Ort gerechnet werden. In weiteren Aufgaben wird der Begriff ‚Determinante‘ mit anderen Begriffen verknüpft (z. B. lineare Unabhängigkeit, Eigenwerte einer Matrix, Volumenintegrale) und auf größere Matrizen ausgedehnt. Am Ende steht dann eine Vorlesung (oder ein studentischer Kurzvortrag), in der die mathematische Begründung für die benutzten Rezepte und Zusammenhänge nachgeliefert wird. Dabei wird keine vollständige mathematische Kohärenz angestrebt; es können durchaus Lücken bestehen bleiben, die in späteren Veranstaltungen oder auch, *horribile dictu*, nie geschlossen werden.

3. Das Experiment

Auf dem Hintergrund dieser Überlegungen habe ich folgende Neu-Organisation der Lehrveranstaltung vorgenommen.

- (i) Die Veranstaltung fand in der Regel als 4×2 -stündige Präsenzübung statt. Die Übungszettel lagen zum großen Teil bei Semesterbeginn vor und wurden im Laufe des Semesters weiter ergänzt durch Wiederholungs- und Vertiefungsübungen. Sie waren keine Übungszettel im herkömmlichen Sinn, sondern Mischungen aus Kompakt-Skriptum und eingestreuten Aufgaben, deren Musterlösungen gleichzeitig bereit gestellt wurden. Die Aufgaben wurden in kleinen Gruppen mit ein bis vier Teilnehmern vor Ort bearbeitet; bei Problemen konnte man die Aufsichtsperson (also Herrn Voit oder mich) um Hilfe bitten. Reihenfolge und Geschwindigkeit der Bearbeitung waren in den einzelnen Gruppen unterschiedlich.
- (ii) Dieses „Standard-Programm“ wurde unterbrochen durch ca. 3-4 Vorlesungen von mir und Vorträge von Studierenden, meistens gemeinsame Kurzvorträge von allen Mitgliedern einer Arbeitsgruppe, aber auch einem 90-Minuten-Vortrag eines Studenten über MATHEMATICA-Anwendungen in der Quantenmechanik, der als Äquivalent zu einer Teilklausur anerkannt wurde.
- (iii) Es wurden zwei Teilklausuren geschrieben, die erst nach 7 Wochen, die zweite gegen Ende des Semesters, in denen man zusammen mindestens 33 (bzw. 99) Punkte erhalten musste, und einen Leistungsnachweis mit 3 (bzw. 9) ECTS-Punkten zu erlangen. Wer dieses Minimum erreicht hatte, konnte seine Note durch Zusatzpunkte für Anwesenheit oder das Halten von Vorträgen verbessern. Nachklausuren waren nicht nötig.
- (iv) Es gab noch einige flankierende Maßnahmen, die ich hier nur stichwortartig nennen will:
 - (a) Diskussion der geplanten Neuorganisation ab Sommer 2010 in einem stud.ip Forum ⁺,
 - (b) Fragebögen und Einzelinterviews von 10-15 Minuten Dauer mit allen Teilnehmern in den ersten beiden Wochen des Semesters, in denen z. B. die

⁺ stud.ip ist in der Universität Osnabrück ein Portal für die online-Verwaltung von Lehrveranstaltungen.

unterschiedlichen Voraussetzungen und die Wünsche zur Gruppenbildung besprochen wurden,

- (c) Führung einer vertraulichen „Personalakte“ für jeden Teilnehmer, die alle für die Veranstaltung wichtigen Informationen enthielt,
- (d) Führung von Anwesenheitslisten als Grundlage für Zusatzpunkte, s.o.,
- (e) Nach den studentischen Vorträgen kurze Diskussionen über Fragen der Präsentation und des Inhalts,
- (f) Fragebogen gegen Ende des Semesters zur Beurteilung der Veranstaltung aus studentischer Sicht.

4. Erfahrungen

Die Erfahrungen mit dem neuen Modell waren überwiegend positiv.

- (i) Von 43 Teilnehmern (15 mit 3 ECTS-Punkten und 28 mit 9 ECTS-Punkten als Ziel) haben nur drei den Leistungsschein nicht erhalten; sie haben aber alle noch die Chance auf Nachprüfungen. Natürlich sind diese Zahlen wenig aussagekräftig, wenn man nicht weiß, wie schwer die Klausuren waren. Nach der Einschätzung von Studierenden waren die Klausuren durchaus anspruchsvoll („ein ziemlicher Hammer“) und hätten im herkömmlichen System nicht so erfolgreich bearbeitet werden können.
- (ii) Die Teilnahmequote der Veranstaltung, durch Anwesenheitslisten dokumentiert, blieb über das ganze Semester konstant bei zwei bis drei Übungen pro Woche, je nach angestrebten ECTS-Punkten. Wie geplant, haben die meisten der 3-Punkte-Aspiranten ihre Teilnahme an der Veranstaltung nach 7 Wochen beendet.
- (iii) Nach meinem Eindruck herrschte in den Präsenzübungen eine angenehm lockere aber gleichzeitig konzentrierte Arbeitsatmosphäre. Etwa bei der Hälfte der Gruppen gab es intensive, natürlich leise Diskussionen, manchmal auch zwischen den Gruppen. Zum Ende der 90-minütigen Übung gab es keinen schlagartigen Aufbruch, sondern die einzelnen Arbeitsgruppen lösten sich nach und nach auf.
- (iv) Die Veranstaltung wurde in den Fragebögen zu Ende des Semesters durchgehend positiv beurteilt.
- (v) Der Arbeitsaufwand für mich als Veranstalter war zu Beginn des Semesters höher als üblich; insgesamt aber vergleichbar mit der Erarbeitung einer neuen Vorlesung. An die veränderte Rolle des Lehrenden, vom Alleinunterhalter zum Aufsichtspersonal, muss man sich allerdings erst gewöhnen. Es erfordert ein gewisses Fingerspitzengefühl, den Mittelweg zwischen Interesse an der Arbeit in den Gruppen und unerwünschter Belästigung zu finden.

Natürlich haben sich meine Erwartungen nicht in allen Fällen erfüllt.

- (i) Die Mitarbeit der Studierenden bei der Konzeption der Veranstaltung konzentrierte sich z. T. auf Vorschläge für ein noch detaillierteres System der Punktevergabe.

- (ii) Die Resonanz auf das Angebot an Vortragsthemen war geringer als erwartet. Man wollte erst die zweite Teilklausur abwarten, um zu entscheiden, ob sich der Aufwand für einen Vortrag überhaupt punktemäßig lohnt.
Die beiden letzten Punkte verführen zur Klage über die Verschulung der Studierenden; dabei muss man gerechterweise zugeben, dass auch wir, die Lehrenden, an der Verschulung des Systems mitgewirkt haben.
- (iii) Nach meinen Überlegungen hätten die wenigen Vorlesungen, die ich in der zweiten Semesterhälfte gehalten habe (etwa zu Anwendungen auf die Theorie kleiner Schwingungen, zum Zusammenhang der drei verschiedenen Fouriertransformationen und zum Begriff des Hilbertraums) wegen des Vorlaufs an praktischen Übungen auf einen fruchtbaren Boden fallen müsse. Ich habe da allerdings meine Zweifel.

Trotz dieser geringfügigen Einschränkungen halte ich das Konzept einer Lehrveranstaltungen mit den beiden genannten Elementen (Individualisierung in Lerngruppen und didaktische Umorientierung von Theorie und Praxis) für erfolgreich und ausbaufähig. Es bleibt natürlich die offene Frage, auf welche Lehrveranstaltungen (Theoretische Physik, Experimentalphysik) sich das Konzept übertragen läßt.

Literatur

- [1] P. W. Laws, Calculus-based physics without lectures, *Physics Today* **44**, 12, 24-31 (1991)
- [2] L. Deslauriers, E. Schelew, and C. Wiemann, Improved learning in a large-enrollment physics class, *Science* **332**, 6031, 862-864 (2011)
- [3] E. Stern, Interview mit der Frankfurter Rundschau, S. 22, 25. Oktober 2011.