

Programmierte Unterweisung im physikalischen Praktikum

Ein Erfahrungsbericht vom WS 71/72

CHRISTIAN UCKE

90

Bestandsaufnahme

Das physikalische wie etwa auch das chemische Praktikum für Mediziner ist ein notwendiger Bestandteil der vorklinischen Ausbildung der Mediziner. Wohl in den meisten Fällen wird es von Physikern durchgeführt und geleitet. Im folgenden ist die Rede vom physikalischen Praktikum für Mediziner an der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München. Die beschriebenen Verhältnisse dürften in ähnlicher Weise für andere Hochschulen zutreffen.

Etwa 300 bis 500 Studenten (davon 85 % im 1. Semester) besuchen das physikalische Praktikum für Mediziner. Zu Beginn des Semesters erhalten die Studenten eine sogenannte Arbeitsunterlage zum Praktikum, eine Broschüre (250 Seiten, speziell für Mediziner verfaßt) mit kurzen Theorien, Versuchsanleitungen, allgemeinen Hinweisen usw. Jede Woche wird – von jeweils zwei Studenten zusammen – ein Versuch gemacht, für dessen Durchführung 2,5 Stunden zur Verfügung stehen. Die Versuche sind in der Mehrzahl nicht speziell für Mediziner zugeschnitten, sondern stellen oft vereinfachte Ausschnitte von Versuchen für Physiker bzw. Naturwissenschaftler dar.

Nachdem der Versuch im Praktikum durchgeführt worden ist, wird er zu Hause schriftlich ausgearbeitet und den Betreuern zur Durchsicht zurückgegeben. Die Ausarbeitung geschieht leider allzuoft nicht selbständig, sondern es wird von Kommilitonen abgeschrieben.

Auf jeweils zehn Studenten im Praktikum entfällt ein Betreuer, der den Versuch erklärt, für Fragen zur Verfügung steht, mündliche Tests durchführt usw. Die Betreuer sind teils wissenschaftliche Assistenten, teils wissenschaftliche Angestellte, teils wissenschaftliche Hilfskräfte; sie haben in der Regel einen Hochschulabschluß.

Die Betreuer sind im allgemeinen für das Praktikum pädagogisch nicht speziell vorbereitet worden; viele haben sich allerdings im Laufe langjähriger

Praktikumserfahrung einige Kenntnisse erworben. Das bedeutet, daß ziemlich unterschiedliche Konzeptionen etwa in den mündlichen Tests vorhanden sind (z. B. Wissensfragen versus Verständnisfragen). Es wäre gut, wenn die Betreuer vor Beginn des Praktikums auf einige pädagogische und psychologische Erkenntnisse hingewiesen würden. Dies könnte etwa in Seminaren über Gruppendynamik im Hochschulunterricht geschehen.

Fast alle Versuche im Praktikum bieten bisher keinen unmittelbaren Zusammenhang zur Medizin, zumindest liegt er den Studenten nicht schriftlich vor. Einige Betreuer weisen mündlich auf diese Zusammenhänge hin.

Eine Lernzielbestimmung für das Praktikum im Ganzen fehlt weitgehend; operationalisierte Lernziele für einzelne Versuche existieren erst in wenigen Fällen.

Es ist aber festzustellen, daß z. B. auf Bundesebene hochschuldidaktische Bemühungen im Hinblick auf das physikalische Praktikum für Mediziner ihre ersten Früchte tragen und damit auch einzelnen Praktika zugute kommen. Der Lernzielkatalog Physik für Mediziner (September 1971) stellt ein Beispiel dar¹⁾. Aus ihm lassen sich allgemeine Zielsetzungen, konkrete sachliche Punkte sowie Verbindungen der Physik zur Medizin entnehmen. Dies entbindet allerdings die einzelnen Hochschulen noch nicht davon, selbst etwas zu tun. Vor allen Dingen im Hinblick auf einzelne Versuche und deren Feilernzielbestimmung trägt die jeweilige Hochschule bzw. der Praktikumsleiter die Verantwortung. Es sollten ferner auch Verbindungen zur Chemie, Biologie, Physiologie usw. gepflegt werden sowie das Praktikum nicht isoliert gesehen werden, sondern in einem sinnvollen Verbund mit Vorlesungen, Seminaren usw.

Programmierte Unterweisung und Versuch

Für das Praktikum wurde eine weitgehend lineare programmierte Unterweisung (PU) mit dem Titel: „Einige Grundlagen der geometrischen Optik an Hand eines Augenmodells“ sowie der entsprechende Versuch dazu entwickelt; PU und Versuch zusammen werde als Unterrichtseinheit bezeichnet. Als Grundprinzip für die PU wurde ein gestaltungspsychologischer Ansatz²⁾ gewählt, d. h. ein zunächst unstrukturierter und lückenhafter Wissensbestand wurde mit der PU geordnet, erweitert und als Grundlage für eine weitere Wissensvermittlung durch einsichtiges Lernen genommen.

Der Stoff „Optik des Auges“ eignet sich in fast idealer Weise für eine Verbindung von Physik und Medizin. Diese Verbindung wurde sehr bewußt ausgeführt, indem z. B. medizinische Fachausdrücke mitverwendet wurden (Cornea, aphak, myop usw.) oder in der Augenoptik gebrauchte Geräte (Sphärometer, Probierrgläser usw.) beim Versuch benutzt wurden. Die – sparsame – Verwendung der Fachausdrücke, die im übrigen immer erklärt wurden, sowie der ophthalmologischen Geräte sollte die Motivation der Studenten zum Durcharbeiten der Unterrichtseinheit erhöhen.

Der neue Versuch ersetzte den früheren: „Brennweitenbestimmung nach Bessel“, der für die Studenten nur schwer einen Bezug zur Medizin im eben beschriebenen Sinne erkennen ließ.

Die Einzelheiten der Erstellung der Unterrichtseinheit können hier nicht mitgeteilt werden. Erwähnt sei, daß die PU von Fachleuten (Medizinern, Pädagogen und Physikern) und von Studenten vorgeprüft wurde, bevor sie tatsächlich zum Einsatz kam. Das bedeutet, daß die PU Schritt für Schritt mit den Studenten durchgegangen wurde, wobei in einem Protokoll Zeitaufwand, Kritik, Anregungen, Schwierigkeiten usw. festgehalten wurde. Aus dem Destillat der gesammelten Protokolle ergaben sich dann Änderungen und Verbesserungen für die endgültige Fassung der PU. Ähnlich wurde beim Versuch und dessen Durchführung vorgegangen.

Der Inhalt der Unterrichtseinheit sei an Hand der Abb. 1 skizziert. Aufbauend auf einem phänomenologischen Vergleich zwischen Auge und Fotoapparat wurde die Gleichung für die Abbildung an einer sphärischen Fläche (entsprechend der Cornea), sodann für die Abbildung an einer Linse

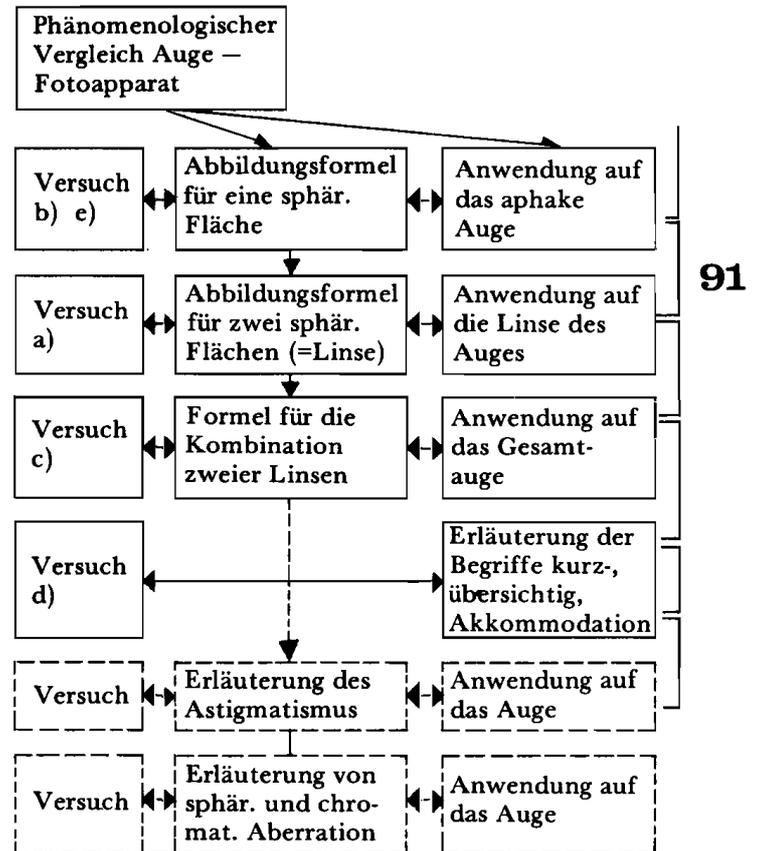


Abb. 1

Blockdiagramm zur PU und zum Versuch: „Einige Grundlagen der geometrischen Optik an Hand eines Augenmodells“.

(= zwei sphär. Flächen) und weiter für die Kombination zweier Linsen gegeben. An Hand der Formeln wurden in einfacher Weise das menschliche Auge durchgerechnet sowie Begriffe wie kurz-, übersichtlich und Akkommodation behandelt und jeweils für den Versuch umgesetzt.

Die gestrichelt eingezeichneten Blöcke bzw. Pfeile sind noch nicht realisiert, stellen aber mögliche Erweiterungen dar. Bei dem weiteren Ausbau des Versuchs bzw. der PU könnten die Studenten dann nach Absolvierung eines Mindestprogramms andere Versuchsteile nach eigenem Interesse hinzunehmen. In der Ausbaustufe hätten dann auch noch etwas anspruchsvollere Geräte, wie z. B. ein Projektions-scheitelbrechwertmesser ihren Platz.

Die PU besaß 47 Lernschritte (pro Seite einen Schritt) und umfaßte einschließlich Einführung, Glossar, Versuchsanleitung und Aufgaben zum Selbsttesten insgesamt 60 Seiten, die allerdings zum Teil nur zur Hälfte oder zu einem Viertel

bedruckt waren. 25 Zeichnungen veranschaulichten einen Großteil der Begriffe.

Die operationalisierten Lernziele der Unterrichtseinheit standen in der PU selbst und waren damit den Studenten bekannt (Beispiel: Aus gegebenen Daten soll eine Fehlsichtigkeit des menschlichen Auges berechnet und korrigiert werden können; Formeln werden dazugegeben).

Ergebnisse

Die beim Einsatz der beschriebenen Unterrichtseinheit gewonnenen Ergebnisse sind teilweise spezifisch für dieses Programm bzw. für programmierte Texte überhaupt, teilweise aber auch grundsätzlicher Art. Sie sind auch insbesondere unter dem Aspekt zu sehen, daß die Studenten (Adressaten) und die Betreuer im allgemeinen das Prinzip einer PU nicht kannten. In der PU selbst und auch mündlich wurde deswegen auf die Möglichkeiten und Grenzen dieser Lehrform hingewiesen, um Mißverständnissen möglichst vorzubeugen.

Die Gesamtbearbeitungszeit für die PU betrug durchschnittlich 3,7 Stunden. In einer schon früher durchgeführten Umfrage hatten die Studenten selbst 3–4 Stunden Vorbereitungszeit für einen Versuch als praktikabel angegeben.

Beim Einsatz der PU durfte der „normale“ Praktikumsbetrieb so wenig wie möglich gestört werden. Es konnten aber doch in beschränkter Weise Vor- und Nachtests durchgeführt und statistisch ausgewertet werden. Hierbei ergab sich ein Lernzuwachs³⁾ von 0,74 (Lernzuwachs = Quotient aus der Differenz zwischen Endleistung und Anfangsleistung und der Differenz zwischen höchstmöglicher Endleistung und Anfangsleistung; als Maß für die Leistung wurde etwa die Zahl der gelösten Klausuraufgaben genommen.).

Im Gegensatz zu anderen Versuchen bestand die Möglichkeit, die zu Beginn erwähnte schriftliche Ausarbeitung noch während der Versuchszeit vorzunehmen. Davon machten allerdings nur etwa 20 bis 30 % der Studenten Gebrauch, während die anderen es vorzogen, sie in Ruhe zu Hause und ausführlich zu machen. Viele Studenten hatten Schwierigkeiten mit der Bruchrechnung (Beispiele: $0,2/0,4 = 0,2$; $1/3 + 1/4 = 1/7$; $1/0,005 = ?$ usw.), sie verrechneten sich oft und wurden dann im Prakti-

kum nervös und nicht fertig. Die Mathematikkennnisse sowie die Rechenfertigkeit waren insgesamt ungenügend. Rechenschieber wurde oft nicht beherrscht; etwas schwierigere Funktionen (z. B. sin, log) waren oft weitgehend unbekannt.

Es erhebt sich hier die Frage, inwieweit das physikalische Praktikum die eben angesprochenen mathematischen Grundkenntnisse bzw. -fertigkeiten mitzu- **92** vermitteln hat? Der schon erwähnte Lernzielkatalog Physik bejaht diese Frage jedenfalls. Die entsprechenden Kenntnisse werden ja auch im chemischen und später dann in den physiologischen bzw. biochemischen Praktika benötigt.

Die Studenten waren insgesamt gesehen, positiv zur PU und zum Versuch eingestellt, wie aus spontanen Äußerungen und Umfragen seitens der Betreuer hervorging. Sie erwähnten vor allem, daß diese Unterrichtseinheit die Verbindung zur Medizin gut erkennen lasse; außerdem sei die PU viel verständlicher als die üblichen Arbeitsunterlagen (die ständigen „Kontrollfragen“ seien gut). Als sehr angenehm empfanden die Studenten den Ton, in dem die PU abgefaßt war (z. B. war die Rede von der längsten Formel, die überhaupt in der PU auftauchen würde und die sie (die Studenten) nicht ableiten und auch nicht auswendig lernen mußten). Der (äußerliche) Umfang der PU sei zu groß; der Inhalt aber angemessen, wurde weiter bemerkt. Das letztere bezieht sich hauptsächlich auf die Fülle und Unverständlichkeit des Stoffes in den üblichen Arbeitsunterlagen.

Die Betreuer waren gleichfalls überwiegend positiv eingestellt. Sie meinten u. a., daß das Wissen der Studenten in Hinsicht auf das, was in der PU enthalten war, sehr gut gewesen sei. Das kam vor allem in den von den Betreuern ständig durchgeführten mündlichen Kurzprüfungen zum Ausdruck, zeigte sich aber auch bei der Durchführung des Versuchs und in den schriftlichen Ausarbeitungen. Eine Meinung ging sogar dahin, man solle doch deswegen das ganze Praktikum programmieren.

Kritisiert wurde von einigen Betreuern, daß die Studenten nicht über den in der PU gebotenen Stoff hinausdenken würden, sobald man sie in entsprechender Weise fragt. Diese Bemerkung ist unter dem zu Beginn dieses Kapitels ausgesprochenen Aspekt zu sehen, daß die Grundlagen und Möglichkeiten einer PU trotz entsprechender Hinweise nicht immer berücksichtigt wurden. Die

Aussage stellt insofern eine erwähnenswerte Tatsache dar, als daraus dann mehr oder minder stark abgeleitet wurde, daß die Lehrform der PU eben nicht so leistungsfähig sei.

Weiter wurde zum Ausdruck gebracht, daß physikalische Begriffe teilweise unzulässig vereinfacht würden; der Inhalt der PU sei zu wenig quantitativ (Bemerkung: zuviel Medizin und zu wenig Physik). Hieraus wird im nächsten Kapitel eingegangen.

Diskussion

Der schon erwähnte Entwurf des Lernzielkatalogs Physik für Mediziner nennt neben anderen Punkten die folgenden: Der Physikunterricht im vorklinischen Studium soll zu naturwissenschaftlichem Denken und Handeln im medizinischen Bereich hinführen und am einfachen physikalischen Beispiel die möglichst exakte Erfassung der komplizierten biologischen Zusammenhänge vorbereiten sowie Kenntnisse und Fertigkeiten vermitteln, die jeder Student der Medizin in Theorie und Praxis seines späteren Berufes braucht. Wenn auch dieser Anspruch sehr umfassend und vielleicht kaum erfüllbar ist, so wird in ihm zumindest klar ausgedrückt, daß der Physikunterricht (d. h. also Praktikum, Vorlesung, Seminar usw.) eindeutig zur Medizin hingelerichtet sein soll. Das ist heutzutage vielfach nicht der Fall. Die Tatsache, daß im Praktikum für Mediziner z. B. großenteils nur vereinfachte Versuche aus dem komplizierteren und unter anderen Voraussetzungen konzipierten Praktikum für Physiker vorhanden sind, ist damit nur schwer vereinbar. Zugegeben sei, daß aus räumlichen, finanziellen und personellen Gründen oft kein anderer Ausweg übrigbleibt.

Die Meinungen scheiden sich ferner, wenn es darum geht, wieviel Physik nun tatsächlich gebracht werden muß, wieviel Medizin dazugenommen werden darf und schließlich, was überhaupt alles noch in das Gebiet Physik fällt.

Zum letzteren ist zu sagen, daß der Begriff Physik sehr wohl auch weit gefaßt werden kann und daß z. B. Kybernetik (Informationsverarbeitung in neuronalen Systemen, Regeltechnik), gewisse statistische Betrachtungsweisen usw. dazugehören und dementsprechend im Physikunterricht, d. h. auch partiell im Praktikum vertreten sein sollen. In dem Katalog Physik für Mediziner sind denn auch dankens-

wertweise diese Gebiete mit aufgeführt. Daß sich dann allerdings aus der Vielfalt der Gebiete eine strikte Beschränkung auf wenige ausgewählte Kapitel ergibt, folgt schon allein zwingend aus der zur Verfügung stehenden Zeit. Darüber hinaus folgt aber weiter, daß man die Sachverhalte nur noch in einer fast unzulässigen Vereinfachung bringen kann. Dies sei an dem beschriebenen Programm in einigen Punkten erläutert.

Es gibt keinen Hinweis im Programm, daß die gegebenen Abbildungsformeln nur für kleine Achswinkel (im paraxialen Gebiet) gültig sind. Es wurden diese Formeln nämlich nicht abgeleitet, sondern nur angegeben. Erst aus der zwar einfachen aber längeren Ableitung folgt diese Beschränkung, die im übrigen bei Anwendung der Formeln auf das Auge nur eine geringe Rolle spielt. Der Begriff der Hauptebene wurde nicht eingeführt, da er nicht notwendig für das gegebene Lernziel war. Auch im medizinischen Bereich des Programms wurde ähnlich verfahren, indem die Anatomie teilweise sehr stark vereinfacht wurde. Die Cornearückfläche wurde aus Gründen der Einfachheit der Berechnung weggelassen, es wurde nicht erwähnt, daß die Linse des menschlichen Auges eine vom Mantel zum Kern zunehmende Brechzahl besitzt usw.

Die Beispiele ließen sich vermehren, Sie zeigen die aus inhaltlichen und didaktischen Gründen notwendige Beschränkung und Vereinfachung des Stoffes auf. Sie stehen meines Erachtens durchaus in Übereinstimmung mit den zu Beginn formulierten Lernzielen für ein physikalisches Praktikum für Mediziner. Ein Prinzip sollte z. B. auch sein, daß man sich nicht durch die vorgenommenen Vereinfachungen ein genaueres Eingehen auf den Stoff zu einem späteren Zeitpunkt verbaut bzw. das nur noch mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand tun kann.

Soll man nun, wie es teilweise angeregt wurde, ein ganzes Praktikum programmieren? Meine Antwort sei vorweggenommen. Unter keinen Umständen! Nicht nur weil die Sammlung der PU für ein Praktikum ziemlich umfangreich würde, sondern vor allen Dingen, weil sich nach hochschuldidaktischen Untersuchungen keine prinzipielle Überlegenheit einer PU gegenüber herkömmlichen Methoden nachweisen läßt (sofern sie didaktisch ebenso sorgfältig wie eine PU verfaßt und geprüft wurden) 4).

Nach meiner Meinung liegt ein entscheidender Vorteil im Verbund verschiedener Möglichkeiten (herkömmliche Unterlagen, PU, Gruppenunterricht, evtl. computerunterstützter Unterricht, Fernsehen usw.). Eine PU wäre dann nur eine unter mehreren angebotenen Lehrformen. Es ließen sich so auch Einseitigkeiten in didaktischer Hinsicht vermeiden.

Aus den Erfahrungen mit der beschriebenen Unterrichtseinheit darf man folgern, daß sowohl Studenten wie Betreuer davon profitiert haben. Für die Betreuer kann ein entsprechender Einsatz in einer Unterrichtsveranstaltung eine nützliche Lehrerfahrung bringen.

Allen Mitwirkenden sei an dieser Stelle gedankt.

Literatur:

- 1) Lernzielkatalog „PHYSIK“ für Mediziner, 1. Entwurf, Sept. 71, Göttingen
- 2) J. U. Martens, Theorie und Praxis der Programmierten Unterweisung, in: Jahrbuch für Wissenschaft, Ausbildung, Schule, WAS 71, Deutscher Studienverlag, Frankfurt
- 3) Empfehlungen für die Prüfung von Unterrichtsprogrammen, Beiheft 3 zur Zeitschrift programmiertes lernen und programmierter unterricht, Franz Cornelsen Verlag, Berlin 1968
- 4) E. Guhde, Bibliographie zur Hochschuldidaktik, Hochschuldidaktische Materialien Nr. 17 des AHD, Hamburg 1970

Anschr. d. Verf.: Dipl.-Phys. Christian Ucke,
c/o Inst. f. med. Optik, 8 München 40, Barbarastraße 16.