

Der Bachelor- und Masterstudiengang in Physik an der Universität Zürich

Ulrich Straumann, Universität Zürich

Bemerkungen zum europäischen Bolognaprozess

In der sogenannten Bologna-Erklärung¹, die am 19. Juni 1999 von 29 Ländern, unter anderem der Schweiz, unterzeichnet wurde, war das Ziel vorgegeben, „bis zum Jahr 2010 einen einheitlichen europäischen Hochschulraum zu realisieren“. Es handelt sich um einen typischen "Top-Down-Approach". Die zuständigen Minister der entsprechenden Länder legten vier Ziele einer europäischen Hochschulreform fest: Erstens sollten leicht vergleichbare Hochschulabschlüsse geschaffen werden. Zweitens soll ein zweistufiges Ausbildungssystem nach angelsächsischem Muster entstehen, wobei dem ersten Abschluss ("undergraduate", in der Folge als "Bachelor" bezeichnet) nach mindestens drei Studienjahren eine für den europäischen Arbeitsmarkt relevante Qualifikation attestiert wird. Drittens soll mit Hilfe eines Leistungspunktesystems (heute als ECTS, European Credit Transfer System bezeichnet) grösstmögliche Mobilität erreicht werden und viertens alle anderen Hindernisse, die dieser Mobilität (für Studierende und Lehrende) entgegenstehen, aus dem Weg geräumt werden.

Obwohl die in Bologna und an den sich im zweijährigen Zyklus wiederholenden Folgekonferenzen beschlossenen Erklärungen keine verbindlichen Verträge, sondern lediglich Absichtserklärungen darstellen, hat der Prozess in ganz Europa eine erstaunliche Dynamik entwickelt. In fast allen Universitäten werden Studienreformen im Rahmen von Bologna diskutiert, erlassen und eingeführt, mit einer im Vergleich zu früheren Reformbemühungen grossen Tiefe und in einem atemberaubenden Tempo. Ueber die Gründe dieses scheinbaren Obrigkeitseingehorsams darf spekuliert werden; jedenfalls wird der Bologna-Prozess weitherum als grosser politischer Erfolg gefeiert. Es ist allerdings zu vermuten, dass ein bei vielen, vor allem jüngeren Hochschuldozierenden schon länger latent vorhandenes Bedürfnis nach einer Neugestaltung der Studienordnungen diesen Reformprozess stark gefördert hat. Heute sind etwa 45 Länder in der sogenannten "Bologna Follow-up Group" zusammengeschlossen. In der Schweiz befasst sich die Hochschulrektoren-Konferenz (CRUS) als wichtigster politischer Träger mit der Bolognareform².

Natürlich gibt es auch viel Kritik an der Bolognareform. Die meines Erachtens wichtigsten Einwände basieren auf der Tatsache, dass sich die Zielsetzungen fast ausschliesslich am Bedürfnis der Wirtschaft nach international vergleichbar ausgebildeten Fachkräften orientiert. Die viel beschworene Mobilitätsförderung wird nicht mit einem tatsächlichen oder auch nur angeblichen Bedürfnis der Studierenden begründet, sondern beruht hauptsächlich auf an sich verständlichen Anforderungen der Wirtschaft an ihre Mitarbeiter.

Unsere Universitäten besitzen jedoch einen Bildungsauftrag, der weit über die Ausbildung von mobilen Fachkräften hinausgeht. Sie sind dafür verantwortlich, die intellektuelle Elite hervorzubringen und zu erhalten, ohne welche ein demokratisches Staatswesen nicht funktionieren kann. Aus dieser Erkenntnis heraus vermitteln die Universitäten nach dem Prinzip der Einheit von Forschung und Lehre wissenschaftliche Bildung. Im Zentrum steht dabei die freie Kommunikation von Lehrenden und Lernenden in der universitären Gemeinschaft.

Der Reformprozess in der Physik an der Universität Zürich

Auf den ersten Blick sehen sich die traditionellen Studiengänge in Physik auf der ganzen Welt sehr ähnlich. Sie bestehen aus fünf wichtigen Teilen: Eine phänomenologische Einführung (oft als Vorlesung über Experimentalphysik bezeichnet), mathematische Grundlagen, ein vier- bis fünfsemestriger Zyklus theoretischer Grundvorlesungen, sowie Uebersichten über aktuelle Gebiete (z.B. Festkörperphysik, Astrophysik, Teilchenphysik usw.) stellen das Grundgerüst der Ausbildung jedes Physikers dar. Die Vorlesungen werden mit Uebungen und Praktika ergänzt. Das Studium wird mit einer Diplomarbeit in einem aktuellen Forschungsgebiet abgeschlossen. Bei genauerem Hinsehen erkennt man allerdings erhebliche Unterschiede in der relativen Bedeutung dieser fünf Teile an den verschiedenen Universitäten im In- und

1 http://www.bmbf.de/pub/bologna_deu.pdf

2 <http://www.crus.ch/deutsch/lehre/lehre/index.htm>

Ausland. Die einzelnen Bereiche werden mehr oder weniger stark gewichtet. Trotzdem sind sich die verschiedenen Studiengänge inhaltlich so ähnlich, dass ein wesentliches Element der Bologna-Erklärung, nämlich die Mobilität, bereits im alten System aus inhaltlichen Gründen kaum eingeschränkt war.

Die Anforderung der Bolognaerklärung, vergleichbare Diplome zu schaffen, ist also teilweise bereits erfüllt. Auch Leistungsnachweise sind traditionell schon üblich, müssen doch in der Regel auch im alten Studiengang ein bestimmter Prozentsatz von gestellten Übungen gelöst und wohldefinierte Praktikumsexperimente durchgeführt und ausgewertet werden. Offensichtlich sollte sich ein Physikstudium im Vergleich etwa zu den Fächern der philosophischen Fakultät, inhaltlich leicht in das Bologna-System übertragen lassen.

In der Physik an unserer Universität wurde nach einigen informellen Diskussionen im Jahr 2000 und 2001 vorerst versucht, das bestehende Curriculum einfach in die neuen Strukturen abzubilden, mit dem Hauptziel, am Studienaufbau möglichst wenig zu ändern. In Gesprächen mit Kollegen und Studierenden entstand aber schnell der Wunsch, die Gelegenheit zu nützen, um verschiedene Verbesserungen einzuführen. In einer zweitägigen Klausurtagung im Herbst 2001 wurde deshalb zusammen mit Vertretern der Studierenden Zweck, Zielsetzungen, Inhalt und Methodik eines Physikstudiums grundsätzlich diskutiert. Vergleiche mit den Studienordnungen anderer Universitäten und eine Umfrage bei ehemaligen Studierenden ergänzten diese Phase der Informationsbeschaffung.

Im Frühling 2002 lag dann eine erste Version der neuen Studienordnung vor. Ab 2003 wurden die verschiedenen Neuerungen adiabatisch eingeführt. In den folgenden zwei Jahren wurden aufgrund aktueller Erfahrungen verschiedene kleine Korrekturen am Studienaufbau durchgeführt (Korrektur einer Überbelastung im dritten Semester, Anpassung der Kreditpunkte an den tatsächlichen Arbeitsaufwand und teilweise Abgleichung mit der ETHZ, Optimierung der Prüfungszeitpunkte, Änderungen im Konzept des Masterstudiums usw.). Seit etwa zwei Jahren funktioniert das System stabil. Die meisten Beteiligten stehen dem neuen Studium mittlerweile positiv gegenüber.

Die Zielsetzungen der Reform

Durch die Obrigkeit war eine Zweiteilung des Studienganges in einen Bachelor- und einen Masterteil vorgegeben. Die Regelstudienzeiten sollen 6 bzw. 3 Semester umfassen und 180 bzw. 90 Kreditpunkten entsprechen. Die Lehrveranstaltungen werden in Module zusammengefasst, für die jeweils aufgrund von tatsächlich erbrachten und kontrollierten Leistungen Kreditpunkte vergeben werden müssen, sowie Qualifikationen (Prüfungen, Noten) erteilt werden können. Die traditionellen Vordiplome fallen weg.

Im weiteren haben wir uns in der Physik für die Reform folgende Ziele gesetzt:

1. Die oben beschriebenen klassischen fünf Teile des Physikstudiums werden beibehalten.
2. Die traditionellen Besonderheiten des Physik-Studiums an der Universität sollen soweit möglich stärker herausgearbeitet werden (z.B. relativ starkes Gewicht der phänomenologischen Uebersicht, der Nebenfächer, der eigenständigen Arbeiten in Form von Praktika und Seminarvorträgen, und der praktisch-technischen Ausbildung). Der Anteil eigenständiger Arbeiten soll im Laufe des Studiums kontinuierlich erhöht werden.
3. Ungeeignete Studierende sollen schon früh im Studium erkannt werden.
4. Der Bachelorstudiengang soll eine vollwertige Grundausbildung darstellen. Insbesondere soll ein voller Theoriezyklus enthalten sein.
5. Bis zum Bachelor soll nur *ein* Studiengang in Physik existieren (keine Unterscheidung mehr zwischen theoretischer und Experimentalphysik). Damit wird die Universalität der Physikausbildung unterstrichen.
6. Es muss genügend Raum für einen Wahlfachbereich vorhanden sein, um eine hinreichende Studienbreite zu ermöglichen ("studium generale"). Alternativ soll auch eine Vertiefung in Physik oder Mathematik angestrebt werden dürfen.
7. Die Einteilung in die klassischen Lehrformen (Vorlesungen, Übungen und Praktika) hat sich didaktisch bewährt und soll grundsätzlich beibehalten werden, in praxisorientierten Gebieten sollen jedoch vermehrt Blockkurse vorgesehen werden.
8. Inhaltlich zusammengehörige Veranstaltungen werden in Module zusammengefasst, insbesondere bilden jeweils Vorlesung, Übungen, evt. dazugehörige Praktikumsversuche und in der Regel eine mündliche Prüfung zusammen ein Modul. Damit soll erreicht werden, dass während der

Lehrveranstaltung auch tatsächlich gelernt wird, und dass Praktika und Prüfungen in einem vernünftigen Zeitrahmen absolviert werden. Dieses Konzept ersetzt auch das frühere Vorgerücktenpraktikum.

9. Die vorlesungsfreie Zeit (Semesterferien) wird in die Studienorganisation einbezogen und durch Blockkurse und Modulprüfungen belegt. Dafür reduziert sich die Präsenzzeit während dem Semester, damit mehr Zeit für das kontinuierliche Nacharbeiten der Vorlesungen zur Verfügung steht.
10. Die Studierenden sollen schon früh mit der aktiven Forschung in Kontakt kommen.
11. Mit dem Uebertritt in das Masterstudium sollen sich die Studierenden für ein bestimmtes Forschungsgebiet ihrer Wahl entscheiden. Der Bachelorabschluss wird so als eine Zäsur im Studium zwischen der Grundausbildung und der Spezialisierung verstanden.
12. Im Zentrum des Masterstudiums soll die Masterarbeit stehen, die der ehemaligen Diplomarbeit als einer wissenschaftlichen Forschungstätigkeit mit knapp einem Jahr Dauer entspricht. Ihr Umfang soll nicht zu stark reduziert werden.
13. Die Studierenden sollen weiterhin die Möglichkeit haben, während dem Studium einer teilzeitlichen Erwerbstätigkeit nachzugehen, mit entsprechender Verlängerung der Studiendauer.

Der Aufbau des neuen Bachelor-Studienganges³, Zusammenarbeit mit der ETHZ

In den ersten drei Semestern findet eine phänomenologische Einführung in die Gebiete der klassischen Physik (Newton'sche Mechanik, Thermodynamik und statistische Mechanik, Elektrodynamik, Optik, spezielle Relativitätstheorie, Quantenmechanik des Wasserstoffatoms) statt. Die sechs Wochenstunden (im 3. Semester fünf Stunden) umfassende Vorlesung bietet auch eine grosse Zahl von Demonstrationsexperimenten. Praktika und Uebungen ergänzen diese Module. Nach jedem Semester findet eine Modulprüfung statt, womit verhindert werden soll, dass ungeeignete Studierende zu lange an der Universität bleiben (im alten System meldeten sich gerade schwache Studierende oft erst nach dem dritten Semester zur ersten Vorprüfung an).

Die mathematische Grundausbildung umfasst in den ersten beiden Studiensemestern je ein Modul mit vier Semesterwochenstunden Vorlesung in Analysis und Linearer Algebra mit zugehörigen Uebungen. Im dritten und vierten Semester werden in zwei vierstündigen Vorlesungen mit Uebungen die mathematischen Methoden vertieft, die für das Verständnis der theoretischen Physik notwendig sind.

Neu bereits im dritten Semester beginnt der Zyklus der theoretischen Physik mit der klassischen Mechanik. Theoretische Elektrodynamik, Thermodynamik, klassische und relativistische Quantenmechanik und statistische Mechanik werden in zwei bis vierstündigen Vorlesungen bis zum Bachelordiplom absolviert. Der theoretische Zyklus unterscheidet sich inhaltlich nicht mehr vom entsprechenden Zyklus der ETH, sodass die Vorlesungen in der Regel gemeinsam gehalten werden. Die Uebungsstunden werden nachwievor an den beiden Hochschulen getrennt geführt.

Im vierten bis sechsten Semester werden Module über aktuelle Forschungsgebiete angeboten. Dazu gehören jeweils Praktika in Blockkursen in den anschliessenden Semesterferien. In je einem Proseminar in theoretischer und experimenteller Physik muss ein Vortrag gehalten werden.

Im technischen Bereich müssen Blockkurse in der mechanischen Werkstatt und in der Informatik besucht werden. Wichtig für den "Marktwert" eines Physikers sind Erfahrung in der statistischen Auswertung von Daten, in die unter anderem ein Kurs im dritten Semester einführt und die im Masterstudiengang nochmals vertieft werden kann.

Insgesamt ein Sechstel der gesamten Bachelorstudienleistung kann frei gewählt werden. Es können alle an der Universität Zürich oder an der ETHZ angebotenen Module darin angerechnet werden. Je nach Neigung können die Studierenden in einem bestimmten Fach einen Schwerpunkt bilden. In diesem Fall wird dieses Fach als Nebenfach in die Diplomurkunde eingetragen. Oder sie können ihre Grundausbildung in Mathematik oder Physik durch Wahl entsprechender Module vertiefen. Weniger empfehlenswert, aber auch erlaubt, ist das unspezifische Sammeln von Kreditpunkten in ganz verschiedenen Gebieten. Oft werden hier auf Gesuch hin Kurse angerechnet, die der Studierende in einem früheren Studiengang besucht hat, wie zum Beispiel Elektrotechnik oder Informatik, sofern sie dem Universitätsniveau entsprechen.

3 <http://www.physikstudium.unizh.ch/dokumente/wegleitung.pdf>

Am Schluss des Bachelorstudienganges wird eine etwa zweimonatige Bachelorarbeit verlangt. Der Studierende soll im Rahmen einer Forschungsgruppe ein kleineres Teilgebiet bearbeiten. Neue Forschungsergebnisse können natürlich nicht in jedem Fall erwartet werden, aber es ergibt sich so ein erster Kontakt mit der Forschungsarbeit und der Anteil an selbständiger Arbeit im Studiengang wird erhöht. Das Resultat der Arbeit wird in einem schriftlichen Bericht festgehalten und in einem Seminarvortrag vorgestellt.

Der Masterstudiengang⁴

Nach dem Bachelordiplom soll sich der Studierende für ein Spezialgebiet entscheiden. Es kommen im Prinzip Festkörperphysik, Elementarteilchenphysik (experimentell oder theoretisch orientiert) oder Astrophysik in Frage. Im Zentrum des Masterstudiums steht die Masterarbeit, die der früheren Diplomarbeit entspricht, aber leicht verkürzt wurde (Zielsetzung sechs bis neun Monate). Dazu sind für alle drei Gebiete separate Programme an Spezialvorlesungen im Umfang von drei bis fünf zwei- bis vierstündigen Vorlesungen ausgearbeitet worden, die zum Teil gemeinsam mit der ETH angeboten und mit Modulprüfungen abgeschlossen werden. In speziellen Fällen können auch Studienprogramme individuell zusammengestellt werden. Masterarbeiten können auch in externen Forschungsgruppen durchgeführt werden.

Es wird eine Schlussprüfung durchgeführt, die jedoch nur noch aus einem Vortrag über die Resultate der Masterarbeit und einer Befragung über Themen aus dem Umfeld der Masterarbeit besteht (je halbstündig).

Die Forschungslaufbahn wird vorläufig wie bisher mit einer Dissertation im Anschluss an das Masterstudium fortgesetzt. Es wird jedoch diskutiert, Doktoratsstudien in Zukunft auch direkt nach dem Bachelor-Abschluss zu ermöglichen..

Das Mentorsystem

In zufällig zeitlicher Koinzidenz mit der Bologna-Reform wurde in der Physik an der Universität ein Mentorsystem eingeführt. Jeder Physikstudierende erhält zu Beginn des Studiums einen der Professoren als Götti zugeteilt, mit dem er regelmässig über den Fortgang des Studiums, die Wahl der verschiedenen Module und die Studienplanung im allgemeinen diskutieren kann. Da die neue Studienordnung von den Studierenden regelmässig nicht immer leichte Entscheidungen abverlangt, erhielt das Mentorsystem eine stärkere Bedeutung. Allerdings nimmt nur ein kleiner Teil der Studierenden diese Diskussionsmöglichkeiten mit dem Mentor regelmässig wahr.

Beurteilung

Die Auswirkungen der neuen Studienordnung sind zweifellos bescheidener als in der Öffentlichkeit manchmal dargestellt wird. Die Voraussetzungen, die die Studierenden vom Gymnasium mitbringen sollten, haben sich nicht verändert. Die inhaltliche Zielsetzung des Masters entspricht dem alten Diplom.

Die bisher etwa dreijährige Erfahrung mit dem neuen System zeigt allerdings klare Vorteile. So arbeiten die Studierenden mehr und effizienter als im alten System. Es scheint seltener vorzukommen, dass Vorlesungen nur zum Skriptensammeln besucht werden, ohne den geringsten Versuch, etwas verstehen zu wollen. Nach dem Abschluss des Bachelors verfügen die Studierenden über ein solides Rüstzeug, um sich in ein Forschungsgebiet einzuarbeiten zu können. Bisher haben sich alle Studierenden für eine Fortsetzung des Studiums zum Master entschlossen.

Im Wahlbereich wird bisher am häufigsten eine Vertiefung in Mathematik oder Physik gewählt. Auch ein Interesse an Nebenfächern wie Informatik oder Astrophysik ist festzustellen. Gelegentlich werden Fächer der philosophischen Fakultät gewählt. Unspezifisches Punktesammeln konnte bisher nicht beobachtet werden.

Der frühe Kontakt mit den Forschungsgruppen im Rahmen der Bachelorarbeit bewährt sich sehr. Manche Studierende bleiben für die Masterarbeit in ihrem Gebiet, manche wechseln die Forschungsgruppe, je nach

⁴ http://www.physikstudium.unizh.ch/dokumente/wegleitung_master_juli_05.pdf

persönlichen Erfahrungen. Die Bachelorarbeiten, wie auch die Seminarvorträge, stellen allerdings die Assistierenden und die Professoren vor zusätzliche Aufgaben.

Die Flexibilität zur individuellen Verlängerung des Studiums, zum Beispiel wegen Erwerbsarbeit ist allerdings eingeschränkt. Zwar kann die Studienzeit ohne weiteres auf das Doppelte der Regelstudienzeit gestreckt werden. Meistens möchten die Studierenden aber teilzeitlich arbeiten, ohne die Studiendauer erheblich zu verlängern. Wird auch nur ein einziges Modul verschoben, so verlängert sich das Studium jedoch in der Regel um ein ganzes Jahr. Die stärkere Belegung der Semesterferien mit Prüfungen und Blockkursen verunmöglicht zwar das vollzeitliche Geldverdienen in den Ferien weitgehend. Dafür ist die verlangte Präsenzzeit während dem Semester im Vergleich zu früher reduziert, was eine kleinere, kontinuierliche Teilzeitarbeit während dem ganzen Studium eher erlaubt.

Es ist klar, dass die Bolognareform eine stärkere Verschulung des Studiums mit sich bringt. Das ist der Preis der für die höhere Effizienz zu bezahlen ist. In der Physik ist dieser Effekt im Vergleich zum alten Studiengang relativ klein, da schon immer ziemlich wohldefinierte Anforderungen in Form von Übungsaufgaben und Praktikumsberichten zu erfüllen waren. Oft wird eingewendet, dass sehr gute Studierende keine solche Strukturen benötigen und sich ihre Fähigkeiten und ihre Bildung im persönlichen Kontakt mit den Professoren und der Wissenschaft selbständig erarbeiten können und sollen. Das ist natürlich richtig. Wir müssen uns leider bewusst sein, dass sich unsere klugen Studienorganisationen letzten Endes am studentischen Mittelmaß orientieren. Die Kunst eines guten Studienbetriebes besteht darin, einerseits dieses Mittelmaß genügend hoch zu halten und andererseits den exzellenten Studierenden keine Hindernisse für ihr Entfaltung in den Weg zu legen.