

Brunner, H. et al. (Hrsg.) Lehrerinnen- und Lehrerbildung braucht Qualität. Und wie!? Studien Verlag Innsbruck, 2002. Seiten 310-317.

Qualitätsmerkmale der fachlichen Ausbildung der MathematiklehrerInnen

Franz Pauer
Institut für Mathematik, Universität Innsbruck

1. Ziel der fachlichen Ausbildung, eine Annäherung

MathematiklehrerInnen sollen in der Lage sein, zumindest jenen Teil der Mathematik, der für den Unterricht an allgemeinbildenden und berufsbildenden höheren Schulen in Frage kommt, *einfach und verständlich zu erklären und gut zu motivieren*. Da man nur das einfach und verständlich erklären kann, was man selber sehr gut verstanden und durchdacht hat (wenn man sich also in diesem Bereich „wie der Fisch im Wasser“ fühlt), ergibt sich daraus eine erste Beschreibung des Zieles der fachlichen Ausbildung im Lehramtsstudium.

Die Unschärfe dieser Beschreibung liegt darin, dass es nicht von vorneherein klar ist, *welche Teile der Mathematik in der Schule unterrichtet werden sollen*. Zwar geben die Lehrpläne an Schulen einen inhaltlichen Rahmen vor (und müssen daher bei der Auswahl der Inhalte des Lehramtsstudiums berücksichtigt werden), aber natürlich sind diese nicht unveränderlich und müssen immer wieder kritisch hinterfragt werden. Wir werden uns also (im zweiten Abschnitt) mit der Frage nach dem, *was der Mathematikunterricht in der Schule vermitteln soll* und welche Themen der Mathematik daher in die Lehrpläne aufgenommen werden sollen, befassen müssen. (Zur Vermeidung von Missverständnissen sei angemerkt, dass in der Schule nur ein kleiner Teil des mathematischen Wissens unterrichtet wird. Wie die meisten anderen Wissenschaften ist auch die Mathematik ein schnell wachsendes Gebiet aktueller Forschung. Die Einschätzung der Bedeutung von Resultaten der Mathematik ist nicht unveränderlich, sondern zeitbedingt. Manche Theorien, die noch vor Jahrzehnten im Brennpunkt des Interesses standen, sind heute ad acta gelegt, und umgekehrt.)

Viele Studierende im Lehramtsstudium haben mit der fachlichen Ausbildung ein *Motivationsproblem*: Nach gut bestandener Matura und erfolgreicher Tätigkeit als NachhilfelehrerIn sind sie der Meinung, das fachliche Rüstzeug für einen guten Unterricht schon zu besitzen. Die Lehrveranstaltungen, die sie in die Denkweise der Mathematik einführen sollen und zum tieferen Verständnis der Methoden und Bereiche, die im Schulunterricht von Bedeutung sind, beitragen sollen, erscheinen ihnen als für ihr Berufsziel belanglos. Der große Unterschied zwischen Nachhilfeunterricht und Unterricht besteht aber darin, dass im ersteren ein bereits vorgegebener Weg mit den SchülerInnen ein zweites Mal nachgegangen wird, während der letztere „auf ein weisses Blatt Papier schreibt“. Die LehrerInnen müssen ihren SchülerInnen viele Begriffe (wie „Bruchzahl“, „Vektor“ oder „Gleichung“) und Methoden, von denen diese noch nie etwas gehört haben, zum ersten mal erklären. Diese Aufgabe ist sehr anspruchsvoll. Die Lehrenden in den einführenden Vorlesungen des Lehramtsstudiums sollten daher die Studierenden davon überzeugen, dass ihr mathematisches Wissen *im Hinblick auf ihre spätere Tätigkeit als LehrerInnen* in einem größeren Rahmen neu aufgebaut und wesentlich erweitert werden muss. Diese Vorlesungen müssen dazu *sowohl Qualität in fachlicher Hinsicht aufweisen, als auch den Bezug zum Berufsziel LehrerIn erkennen lassen*.

LehrerInnen müssen Unterrichtsinhalte (im Rahmen des Lehrplans) auswählen, also auch die Bedeutung der zur Wahl stehenden Themen abschätzen können. Die fachliche Ausbildung muss daher einen ausreichenden Einblick in die Aufgaben und Methoden der Mathematik geben.

2. Erwartungen an den Mathematikunterricht in der Schule

Die Frage nach dem, was wir vom Mathematikunterricht in der Schule erwarten, lässt sich nicht von der Frage nach den allgemeinen Bildungszielen der Schule trennen. Die Schule soll die Kinder und Jugendlichen bei ihrer Persönlichkeitsentfaltung unterstützen und beim Aufbau ihres Selbstwertgefühls mitwirken. Die Schülerinnen und Schüler sollen vorbereitet und motiviert werden, in unserer Gesellschaft notwendige Aufgaben zu übernehmen und diese kompetent erfüllen zu können. *Bildung muss im Dienst des Menschen stehen*, sie muss langfristig die Lebensqualität der Schülerinnen und Schüler erhöhen. Es soll *nicht umgekehrt der Mensch im Dienst irgendeines Bildungsideals stehen*. In unserem Fall: *Die Mathematik ist für den Menschen da, nicht umgekehrt*. Die Begründungen „dieses Thema wird schon seit Jahr-

zehnten unterrichtet“ oder „dieses Thema darf nicht in Vergessenheit geraten“ allein reichen somit nicht aus, um es in den Lehrplan aufzunehmen.

Was soll nun der Mathematikunterricht in der Schule vermitteln? Meine Erwartungen an den Mathematikunterricht fasse ich in 5 Gruppen zusammen (die Reihenfolge bedeutet keine Wertung, die Liste ist sicherlich nicht vollständig).

2.1 „Nützliche Fertigkeiten vermitteln“:

Der Mathematikunterricht soll Fertigkeiten zur *Lösung von Problemen im Alltagsleben* vermitteln. Zum Beispiel: den sicheren Umgang mit Zahlen und den Grundrechnungsarten; die richtige Verwendung eines Taschenrechners oder PC's zum Rechnen; die Verzinsung eines Ratenkaufs und die (geringe) Wahrscheinlichkeit eines Lottogewinns berechnen können; die Auswirkungen von gewissen politischen Entscheidungen richtig einschätzen zu können (etwa: Wer gewinnt, wer verliert bei einer Steuerreform?).

Dabei ist zu beachten, dass die *Bedeutung dieser Fertigkeiten zeitbedingt* ist. Zum Beispiel waren früher schnelles Kopfrechnen oder Rechnen mit Logarithmen sehr bedeutend, heute aber nicht mehr.

2.2 „Interesse wecken“:

Unsere Gesellschaft braucht MathematikerInnen und AnwenderInnen der Mathematik in den Bereichen Informatik, Technik, Naturwissenschaft und Wirtschaft. Im Mathematikunterricht soll *Interesse für diese Berufe* geweckt werden. Dazu sollten *Einblicke in einige Anwendungsgebiete* der Mathematik und in die dort verwendeten mathematischen Methoden gegeben werden. Zum Beispiel sollten Einführungen in die Vektorrechnung und in die Differential- und Integralrechnung im Hinblick auf Anwendungen in Physik und Technik gegeben werden, sowie Grundkenntnisse über lineare Gleichungen, lineare Optimierung und Statistik im Hinblick auf Anwendungen in der Wirtschaft vermittelt werden.

2.3 Zum „Verständnis der Welt“ beitragen:

Mathematik ist *ein* Schlüssel zur Beschreibung und zum Verständnis unserer Welt. Im Mathematikunterricht sollen die Grundlagen dafür geliefert werden. Zum Beispiel sollte der Unterschied zwischen einer Zahl und ihrer Darstellung durch Ziffern vermittelt werden. (Dann würden weniger Leute an den 100-jährigen Kalender glauben oder Angst vor dem Jahr 2000 gehabt haben). Es sollte unterrichtet werden, wie Zahlen am Computer dargestellt werden und

wie damit gerechnet wird. Der *Begriff der Abbildung* oder Funktion (als Grundobjekt fast jeder mathematischen Beschreibung einer Situation) sollte vertraut gemacht werden, ebenso der Umgang mit den verschiedenen Möglichkeiten, Abbildungen darzustellen, wie zum Beispiel durch Tabellen oder Abbildungsgraphen.

2.4 Das Denken „schulen“:

Im Mathematikunterricht soll *nüchternes, sachliches, vorurteilsfreies und folgerichtiges Denken* eingeübt werden. Ebenso auch exaktes Argumentieren, zielgerichtetes Arbeiten und kreatives Arbeiten.

Es ist daher wichtig, dass *alle im Mathematikunterricht verwendeten Begriffe genau vereinbart* werden. Es soll exemplarisch gelernt werden, Probleme zu analysieren und *Lösungsstrategien zu entwickeln*. Zum Beispiel sollten lineare Gleichungen nicht als „formale Ausdrücke der Form $2x+3y=1$, $x-y=2$, mit den Variablen x und y “ eingeführt werden, sondern als *Aufgabe*: Gesucht sind alle Zahlenpaare (x,y) , die die Bedingungen $2x+3y=1$ und $x-y=2$ erfüllen. Als allgemeine Lösungsstrategie kann dann vermittelt werden: Wenn man die Lösung einer Aufgabe nicht sofort sieht, verändere die Aufgabe so zu einer anderen, leichteren Aufgabe *mit der gleichen Lösung*. In unserem Beispiel hat die durch $5y=-3$ und $x-y=2$ gegebene Aufgabe dieselbe Lösung wie die erste, und diese Lösung ist $(7/5,-3/5)$.

2.5 „Freude an der Mathematik vermitteln“:

An Mathematik kann man auch Freude haben, sie hat (zwar in geringerem Ausmaß, aber doch ähnlich wie die Musik) auch *Freizeitwert*. Der Mathematikunterricht soll *Freude am kritischen und kreativen Denken* und an der Erkenntnis von Zusammenhängen (zum Beispiel Sätze der Geometrie) wecken. Die Beschäftigung mit Mathematik *verbraucht keine knappen Ressourcen* (wie zum Beispiel Benzin oder Wasser), sie kann mit beliebig vielen Menschen geteilt werden und verursacht nur geringe Kosten (für Bücher zum Beispiel). Das Wecken solcher Interessen ist somit auch eine *Absage an eine reine Konsumideologie*.

3. Lehrpläne und Schulbücher als Qualitätssteuerung?

Die Qualität des Mathematikunterrichts an der Schule hängt wesentlich auch von der Festlegung der Unterrichtsziele und –inhalte ab. Die Erstellung des Lehrplans ist eine *bildungspoli-*

tische Entscheidung, muss aber auf einer *breiten und tiefen fachlichen Kenntnis der Mathematik* beruhen. Die entsprechenden Beschlüsse sollten nachvollziehbar sein und nur nach einem transparenten Verfahren unter *Einbeziehung von Fachvertretern aller österreichischen Universitäten* fallen.

Entsprechend dem allgemeinen Anliegen des Mathematikunterrichts, klares und nachvollziehbares Denken und Sprechen zu fördern, sollten die *Lehrpläne in einer einfachen und zugleich präzisen Sprache verfasst* werden. Die Beschreibung des Lehrstoffes jeder Klasse sollte so formuliert sein, dass sie von AbsolventInnen dieser Klasse gelesen und gut verstanden werden kann. Leider enthält zum Beispiel der „Lehrplan 99“ für die Unterstufe der AHS sprachliche Ausdrücke wie „Arbeiten mit Variablen“, „Gleichungen bzw. Formeln aufstellen“, „direkte Proportionalitäten“, „charakteristische Kennzeichen von indirekten Proportionalitäten“, „Darstellungen in Koordinatensystemen“, „Umformungen von Formeln oder Termen“, „Arbeiten mit funktionalen Abhängigkeiten“, „einfache Bruchterme“. Diese könnten ohne großen Aufwand und ohne Verlust an Genauigkeit und Inhalten durch einfachere Formulierungen ersetzt werden.

Für die Umsetzung des Lehrplans im Unterricht spielen *Schulbücher* zweifellos eine wichtige Rolle. Daher erfordert auch die Approbation von Schulbüchern eine vorangehende breite Diskussion. Es wäre sinnvoll, für die Erstellung von Lehrplänen und die Approbation von Schulbüchern ein Begutachtungsverfahren einzuführen, das dem Verfahren entspricht, das nach Universitätsstudiengesetz 1997 für die Erstellung von Studienplänen erforderlich ist. Alle fachzuständigen Institute österreichischer Universitäten sollten dabei die Möglichkeit zur Stellungnahme erhalten.

Zur Erstellung eines Studienplans für das Lehramtsstudium müssen Vertreter der Schulbehörden in die zuständige Studienkommission kooptiert werden. Das ist sehr sinnvoll. Umgekehrt sollten aber *auch fachzuständige Vertreter der Universitäten in die Kommissionen, welche die Lehrpläne erstellen und neue Schulbücher zum Gebrauch im Unterricht zulassen*, kooptiert werden.

4. Ziele der fachlichen Ausbildung, genauere Beschreibung

Das Nachdenken über die Inhalte des Mathematikunterrichts an der Schule (wie zum Beispiel im Abschnitt 2) ermöglicht eine genauere Beschreibung der durch das Lehramtsstudium in Mathematik zu erreichenden fachlichen Kompetenzen. In dem im Jahr 2001 beschlossenen

Qualifikationsprofil für das Lehramtsstudium an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Innsbruck werden diese wie folgt beschrieben:

Die Absolventinnen und Absolventen des Lehramtsstudiums im Unterrichtsfach Mathematik sollen in der Lage sein,

jenen Teil der Mathematik, der in den allgemeinbildenden höheren Schulen und berufsbildenden mittleren und höheren Schulen unterrichtet wird, einfach und verständlich zu erklären und gut zu motivieren. Dazu ist es notwendig, dass sie diese Bereiche der Mathematik und ihre wissenschaftlichen Hintergründe und Zusammenhänge sehr gut kennen und beherrschen.

den Computer und mathematische Software im Unterricht einzusetzen.

bei ihren Schülerinnen und Schülern Interesse für Berufe, die viel Mathematik brauchen, zu wecken und Querverbindungen zu anderen Unterrichtsfächern herzustellen. Dazu ist die Kenntnis einiger wichtiger Anwendungen der Mathematik erforderlich.

die Qualität von Schulbüchern und anderen Unterrichtsbehelfen (z. B. Software) zu beurteilen und diese kritisch zu verwenden.

den Lehrplan kritisch zu interpretieren und sich gegebenenfalls aus der Literatur neue Lehrplaninhalte selbständig zu erarbeiten.

über die geschichtliche Entwicklung und gesellschaftliche Bedeutung der Mathematik zu informieren.

Das Qualifikationsprofil definiert die Ziele der Ausbildung und damit auch Merkmale für deren Qualität. Zu ergänzen ist, dass „Bereiche der Mathematik sehr gut kennen“ natürlich nicht nur das entsprechende Faktenwissen meint, sondern auch ein tiefgehendes Verständnis der Zusammenhänge, die Fähigkeit, das Wissen anzuwenden, sowie zu wissen, warum diese Inhalte von Interesse sind. Die AbsolventInnen sollten daher in der Lage sein, ihren SchülerInnen zu vermitteln, dass die Beschäftigung mit Mathematik lebensnah, interessant, nützlich und kreativ ist. Nicht erst seit der TIMS Studie ist bekannt, dass es Probleme mit dem Mathematikunterricht in den Oberstufen der österreichischen Schulen gibt: zu viele SchülerInnen brauchen Nachhilfe, zu viele empfinden Mathematik als unerfreulich, unverständlich und für sich selbst nutzlos.

Um die im Qualifikationsprofil genannten Ziele zu erreichen, wurden die folgenden Lehrveranstaltungen in den Studienplan aufgenommen: Grundkurse in Analysis, Algebra und Geometrie, Programmieren und mathematische Software, sowie in Stochastik (Wahrscheinlich-

keitstheorie und Statistik). Diese Grundkurse werden für das Lehramtsstudium und das Diplomstudium gemeinsam angeboten. Der Grund dafür ist nicht nur Sparsamkeit, sondern auch die Tatsache, dass in den ersten zwei, drei Semestern viele Studierende vom Lehramtsstudium ins Diplomstudium (oder umgekehrt) wechseln. Eine zu frühe Trennung der zwei Gruppen von Studierenden würde Studienverzögerungen verursachen. Natürlich müssen die Leiter dieser gemeinsamen Lehrveranstaltungen darauf achten, dass vor allem *die Themen behandelt werden, die für beide Gruppen von Interesse* sind, und andere Themen auf weiterführende Lehrveranstaltungen für Diplomstudierende verschieben.

Speziell für Lehramtsstudierende werden eine Überblicksvorlesung über angewandte Mathematik, eine Lehrveranstaltung über elementare Geometrie und eine Vorlesung über Geschichte der Mathematik angeboten. Um das in den Grundkursen gelernte auch explizit mit dem Schulunterricht in Verbindung zu bringen, müssen während der letzten Semester des Lehramtsstudiums zwei Vorlesungen „Algebra und Geometrie in der Schule“ und „Analysis und Stochastik in der Schule“ absolviert werden. Damit spannt die fachliche Ausbildung im Lehramtsstudium Mathematik einen Bogen von einem von „Null“ beginnenden *systematischen Aufbau eines sicheren und durchdachten mathematischen Wissens* bis hin zur *neuerlichen (aber nun im Licht des erworbenen Wissens kritischen) Lektüre der Schulbücher*. Die AbsolventInnen sollten dann in der Lage sein, ihren *Unterricht nach eigenen Konzepten zu gestalten* und weder bedingungslos von einem Schulbuch abhängig sein noch (wie es nicht so selten vorkommen soll) den Unterricht an Hand der Hefte aus der eigenen Schulzeit gestalten müssen.

Bei der Erstellung eines Studienplans für das Lehramtsstudium bemerkt man bald, dass die vorgesehene Studienzeit von 9 Semestern eigentlich zu kurz ist (das betrifft nicht nur das Fach Mathematik, sondern zumindest alle naturwissenschaftlichen Fächer). Die Lehramtsstudierenden müssen eine Diplomarbeit schreiben (ein Semester), eine schulpraktische und pädagogische Ausbildung absolvieren (ein Semester) und zwei Fächer studieren. Pro Fachstudium stehen also etwa dreieinhalb Semester zur Verfügung. Ein Diplomstudium in einem naturwissenschaftlichen Fach dauert zehn Semester, den Lehramtsstudierenden kann also nicht einmal das Fachwissen vermittelt werden, das dem ersten Studienabschnitt des entsprechenden Diplomstudiums entspricht. Meines Erachtens *sollte das Lehramtsstudium zwölf Semester dauern*, wenn man die Kombinationspflicht beibehalten möchte.

5. Lehrerfortbildung als Qualitätspartner

Die Inhalte des Lehramtsstudiums und des Schulunterrichts *beeinflussen einander gegenseitig und sind zeitbedingt* (durch die sich ständig verändernden Anforderungen der Gesellschaft und durch die Weiterentwicklung der mathematischen Wissenschaft). Besonders auffällige Veränderungen dieser Inhalte während der letzten zwei Jahrzehnte waren die steigende Bedeutung des Computereinsatzes und der Statistik im Mathematikunterricht. Daher darf sich die fachliche Ausbildung von LehrerInnen nicht nur auf die Studienzeit beschränken, eine *regelmäßige Fortbildung ist unabdingbar*. Diese soll nicht nur als Freizeitbeschäftigung einiger engagierter LehrerInnen betrachtet werden, sondern als wichtiger Teil der Dienstpflichten aller LehrerInnen. Der Bereich der Lehrerfortbildung sollte neu konzipiert und von Schulen und Universitäten *gemeinsam* durchgeführt werden. Im Rahmen dieser Fortbildungsveranstaltungen könnte auch die Bewertung des Lehramtsstudiums durch LehrerInnen nach mehrjähriger Unterrichtspraxis erhoben werden. So könnten diese Veranstaltungen zur Qualitätssteigerung sowohl des Schulunterrichts als auch des Lehramtsstudiums beitragen.

Überlegungen zur fachlichen LehrerInnenbildung können also nicht auf das Lehramtsstudium allein beschränkt werden, sie müssen auch *die LehrerInnenfortbildung und die Reflexion über die Inhalte des Schulunterrichts* umfassen. Vorschläge, die Lehrerausbildung von den Universitäten abzukoppeln, gehen meines Erachtens in die falsche Richtung. Vielmehr sollten die *Universitäten stärker als bisher in die fachliche Ausbildung (im umfassenden Sinn) der LehrerInnen eingebunden werden*, natürlich in Zusammenarbeit und offenem Dialog mit den Schulen bzw. Schulbehörden.