

Frode RØNNING, Trondheim

Methoden zur Studentenaktivierung in der Ingenieurausbildung

Dieser Artikel berichtet von einem Projekt an der Norwegischen Technisch-Naturwissenschaftlichen Universität (NTNU), wo man versucht hat, verschiedene Formen von Studentenaktivierung einzuführen.

1. Ingenieurausbildung an der NTNU

Ingenieurausbildung in Norwegen findet in entweder dreijährigen (Bachelor) oder fünfjährigen (Master) Studiengängen statt. Diese Studiengänge sind getrennt in dem Sinne, dass die Studierenden sich von Anfang an für einen drei- oder fünfjährigen Studiengang entscheiden müssen. Es ist jedoch möglich, nach Absolvierung eines dreijährigen Studiengangs in die zwei letzten Jahre eines fünfjährigen Studiengangs zu wechseln. Die fünfjährigen Studiengänge sind etwas theoretischer ausgerichtet als die dreijährigen.

NTNU in Trondheim spielt eine Hauptrolle insbesondere für die fünfjährige Ingenieurausbildung in Norwegen. Unter den norwegischen Universitäten bietet NTNU die größte Auswahl fünfjähriger Ingenieursprogramme an. Jedes Jahr fangen in diesen Programmen etwa 1700 neue Studierende, auf 17 verschiedene Studiengänge verteilt, an. Die Studiengänge werden von einem zentralen Ausschuss koordiniert, und man hat festgelegt, dass alle 17 Studiengänge mindestens fünf Lehrgänge (5 x 7,5 ECTS) in Mathematik/Statistik beinhalten müssen. Es gibt nur geringfügige Unterschiede zwischen den Inhaltskomponenten für die verschiedenen Studiengänge. Dieses Prinzip soll unter anderem Übergänge zwischen den Studiengängen erleichtern. Im ersten Semester teilen sich alle den Lehrgang Calculus 1. Hier werden klassische Themen der Differential- und Integralrechnung wie Grenzwerte, Stetigkeit, die Ableitung und das Integral behandelt, ebenso wie Taylorpolynome, Folgen und Reihen, und Differentialgleichungen. Die Darstellung ist auf Anwendungen ausgerichtet, bemüht sich aber auch um eine theoretische Grundlage und soll nicht nur Methoden und Prozeduren vermitteln.

2. Das Projekt „Qualität, Zugänglichkeit und Differentiation in der grundlegenden Mathematikausbildung für Ingenieure“

Der Übergang Schule – Universität ist für viele Studierende herausfordernd, sowohl fachlich als sozial. Obwohl die Themen in Calculus 1 von der Schule bekannt sind, erfahren die Studierenden, dass das stärkere Gewicht auf Theorie herausfordernd ist. In der Schule genügt meistens prozedurales Wissen während man an der Universität sein Vorgehen in höherem Maß belegen und

rechtfertigen muss. Auf der sozialen Ebene kommen Probleme wie hohes Tempo, Vorlesungen in großen Hörsälen und weniger Feedback und Kontakt mit den Dozenten, als man es von der Schule gewöhnt ist, hinzu.

Um sich der Vielfalt unter den Studierenden anzupassen, wurde 2014 das Projekt „Qualität, Zugänglichkeit und Differentiation in der grundlegenden Mathematikausbildung für Ingenieure“ gegründet. Das Projekt umfasst Maßnahmen wie die Entwicklung von Lernmaterial im Internet (Text, Video), eine Mischung aus Hausaufgaben mit automatischer Bewertung (CAA) und mit manueller Bewertung (schriftliche Einreichungen), die Einführung einer neuen Vorlesungsstruktur mit verbesserten Möglichkeiten für Interaktion, ein gewisser Beitrag der Hausaufgaben zur Schlussnote und die Einrichtung eines Lernzentrums („Mathelabor“).

3. Die interaktiven Vorlesungen

Traditionsgemäß finden Vorlesungen in 2x45 Minuten zweimal pro Woche in großen Hörsälen statt. Diese Organisation bietet wenig Raum für Interaktion und kann leicht zu Passivität unter den Lernenden führen. Mit der Verfügbarkeit von Lernmaterial verschiedener Art u.a. im Internet könnte man vermuten, dass das Bedürfnis nach Vorlesungen nicht mehr so groß ist und dass man nach dem Flipped Classroom Prinzip (Mazur, 2012) arbeiten könnte, bei dem man die Vorlesungszeit für die Besprechung des Fachinhalts nutzt. Durch Interviews mit den Studierenden habe ich erfahren, dass sie Vorlesungen, insbesondere in Mathematik, sehr schätzen. Deswegen haben wir uns entschieden, bei den Vorlesungen zu bleiben, aber mit einer geänderten Struktur.

Die Vorlesungen kommen jetzt in zwei Ausführungen vor. Die erste Vorlesung der Woche ist eine *Übersichtsvorlesung*, wo die wichtigsten Themen, Ideen und Begriffe, mit denen man sich in der laufenden Woche beschäftigen will, präsentiert werden. Diese Vorlesungen finden in Gruppen von bis zu 500 Studierenden statt. Die Übersichtsvorlesung bietet einen theoretischen Zugang mit wenig Zeit für Beispiele und Anwendungen. Die zweite Vorlesung der Woche wird als *Interaktive Vorlesung* bezeichnet. Diese basiert auf ausgewählten Aufgaben, die im Voraus veröffentlicht werden. Die Studierenden arbeiten während der Vorlesungszeit in Gruppen und der Dozent kann sich mit den verschiedenen Gruppen besprechen, aber auch, nach Bedarf, kurze Vorführungen an der Tafel machen.

Die Aufgaben für die Interaktive Vorlesungen können anwendungsorientiert sein, sie können aber auch auf eine tiefere Auseinandersetzung mit der Theorie abzielen. Ein Beispiel aus dem Thema Taylorpolynome folgt.

Der Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung lautet, für f' stetig:

$$f(x) - f(a) = \int_a^x f'(t) dt$$

a) Mit $u = f'(t)$ und $v = x - t$, wende partielle Integration einmal an auf:

$$\int_a^x f'(t) dt$$

und setze das Ergebnis in den Hauptsatz ein. Was ergibt sich?

b) Wiederhole das Verfahren mit $u = f''(t)$ und $v = (x - t)^2/2$. Was ergibt sich jetzt?

c) Wenn Du b) korrekt gelöst hast, erscheint am Ende das Glied

$$\frac{1}{2} \int_a^x f'''(t)(x-t)^2 dt$$

Wie kannst Du das interpretieren?

In dieser Aufgabe wird man gebeten, bekannte Verfahren für Integration zu verwenden und die Ergebnisse zu betrachten. Das endgültige Resultat ist

$$f(x) - f(a) = f'(a)(x-a) + \frac{f''(a)}{2}(x-a)^2 + \frac{1}{2} \int_a^x f'''(t)(x-t)^2 dt$$

und dann hat man also die Taylorsche Formel mit Restglied bewiesen.

4. Computerbewertete Hausaufgaben

Wöchentliche Hausaufgaben mit schriftlicher Einreichung, die von studentischen Hilfskräften bewertet werden, sind eine feste Größe in den Mathematikveranstaltungen. Wegen der großen Anzahl von Studierenden benötigt man dafür viele Ressourcen. Man hat gedacht, dass diese Ressourcen in der Betreuung besser genutzt werden könnten. Deswegen hat man sich für computerunterstützte Bewertung (CAA) entschieden, und das System Maple T.A. wurde gewählt. Maple T.A. erlaubt Antworten als Zahlen (in exakter Form) oder als algebraische Ausdrücke. Das System liefert sofort eine Rückmeldung, ob die Antwort richtig oder falsch ist, aber keinen Hinweis, *warum* eine falsche Antwort falsch ist.

Die Wirkung der verschiedenen Maßnahmen ist regelmäßig durch Fragebögen an die Studierenden untersucht worden. Die Kritik an den CAA-Aufgaben war ganz eindeutig, sie seien zu schwierig. Durch die Fragebögen und durch Interviews mit den Studierenden habe ich entdeckt, dass die Studierenden mit Aufgaben mit automatischer Bewertung anders umgehen als mit Aufgaben mit menschlicher Bewertung. Die Rückmeldung „falsch“ von dem System ist sehr unbefriedigend, weil es keine Hinweise gibt, was eigentlich

falsch ist. Das hat auch eine Wirkung auf das Selbstvertrauen der Studierenden. Eine Studentin hat im Interview ihre Reaktion auf die Meldung „falsch“ so ausgedrückt: „Dann befrage ich alles, was ich getan habe, ob vielleicht alles falsch ist, und dann werde ich unsicher“. Es gibt auch mehrere Aussagen, die darauf deuten, dass man mit schriftlichen Einreichungen sorgfältiger und gründlicher arbeitet. Weil der Rechner sich nur um die Antwort kümmert, macht man mehrere Versuche, bis man die Rückmeldung „richtig“ kriegt, und dann ist man sich manchmal nicht so bewusst, was man eigentlich getan hat. Dieses Verfahren beeinflusst den Lernprozess. Die Aufmerksamkeit wird durch die Fixierung auf die Antwort abgelenkt: „Wenn ich die Lösung einer schriftlichen Einreichung schreibe, gebe ich mehrere Erklärungen. Dadurch wird es auch für mich selbst klarer“, so ein Student. Es ist nicht überraschend, dass das sorgfältige Aufschreiben der Lösung einer Aufgabe fördernd für den Lernprozess ist, aber es scheint auch so zu sein, dass CAA-Systeme ein sorgfältiges Aufschreiben eher behindern. Dieses Thema wird in (Rønning, 2017) ausführlicher behandelt.

Nach der Kritik, dass die Aufgaben zu schwierig seien, wurde versucht, sie einfacher zu machen. Während 2014 fast 90 % der Studierenden die Aufgaben als zu schwierig bewertet haben, lag in 2016 der Anteil bei etwa 55 %. Gleichzeitig hat sich der gefühlte Lerneffekt gesteigert. Der Anteil der positiven Reaktionen auf die Aussage „Ich lerne viel von den Aufgaben“ hat sich in der selben Zeit von etwa 40 % auf fast 80 % gesteigert.

Ein Vergleich der Aufgaben von 2014 mit den Aufgaben von 2016, um die Veränderungen zu charakterisieren, ist in (Rønning, Buan, Langaas, & Thaule, 2017) durchgeführt. Hier wird gezeigt, dass die Entwicklung von Aufgaben, die eine kreative, mathematikbasierte Denkweise fordern, zu Aufgaben, die mit einer imitativen Denkweise gelöst werden können (Lithner, 2008), geht. Deswegen könnte CAA für reine Übungsaufgaben eher geeignet sein als für theoretisch tiefgreifende Aufgaben.

Literatur

- Lithner, J. (2008). A research framework for creative and imitative reasoning. *Educational Studies in Mathematics*, 67, 255-276.
- Mazur, E. (2012). Twilight of the lecture. Heruntergeladen von <http://harvardmagazine.com/2012/03/twilight-of-the-lecture>
- Rønning, F. (2017). Influence of computer aided assessment on ways of working with mathematics. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, 36(2), 94-107.
- Rønning, F., Buan, A. B., Langaas, M., & Thaule, M. (2017). Bruk av digitale øvinger i grunnutdanningen i matematikk. *Læring om læring*, 1, 113-119. Heruntergeladen von <https://www.ntnu.no/ojs/index.php/lo/issue/view/271>