Brauchen Ingenieure Mathematik? – Wie Praxisbezug die Ansichten über das Pflichtfach Mathematik verändert

Aeneas Rooch, Christine Kiss und Jörg Härterich

Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Mathematik, Universitätsstr.150, 44780 Bochum

aeneas.rooch@rub.de

joerg.haerterich@rub.de

christine.kiss@rub.de

Zusammenfassung
Dieser Artikel beschreibt das Modellprojekt *MathePraxis* an der Ruhr-Universität Bochum, das das Ziel verfolgt, unnötigen Studienabbruch in ingenieurs- und naturwissenschaftlichen Fächern zu verhindern. In Kooperation mit ingenieurswissenschaftlichen Lehrstühlen wurden an der Fakultät für Mathematik semesterbegleitende Projektarbeiten für Studierende in Maschinenbau, Bauingenieurswesen und Umwelttechnik entwickelt, mit denen die Studierenden bereits im ersten Studienjahr Anwendungen mathematischer Verfahren in praxisnahen Situationen selbst entdecken und deren Nutzen nachvollziehen können. Eine begleitende Evaluation in Anlehnung an (Grigutsch et al. 1998) zeigt, dass dieser anwendungsorientierte Ansatz ein tieferes Verständnis mathematischer Konzepte vermittelt, die Ansichten über das Fach Mathematik verändert, auf diese Weise die Motivation steigert und schon früh eigenständiges Lernen fördert.

Mathematik in den Ingenieurswissenschaften

Die Mathematikausbildung nimmt in den meisten technischen und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen eine wichtige Rolle ein. Zusammen mit Vorlesungen und Übungen zur Technischen Mechanik und zur Experimentalphysik werden dort die Grundlagen für die stärker technisch orientierten Lehrveranstaltungen und vor allen Dingen die Bewältigung von Aufgaben und Problemen im späteren Berufsalltag gelegt. Allerdings wird in den Vorlesungen der Bezug zu diesen Anwendungen oft nicht sichtbar. Auch die Aufgaben, die zur Festigung und Vertiefung des Vorlesungsstoffes in Tutorien oder als Hausaufgaben behandelt werden, haben in der Regel keine direkten Anknüpfungspunkte zum Studienfach. Die Verknüpfung mit den praktischen Anwendungen geschieht üblicherweise in den Spezialvorlesungen höherer Semester und wird regelmäßig dadurch erschwert, dass die in den Grundlagenvorlesungen behandelten Inhalte als träges Wissen zu diesem Zeitpunkt nicht mehr aktiv verfügbar sind, siehe (Engelbrecht et al. 2007). Dies hängt auch damit zusammen, dass ein großer Teil der Studierenden in den Wochen vor den Abschlussklausuren Formeln paukt und Standardaufgaben auswendig lernt. Daher verwundert es nicht, dass die Wirtschaft einen Mangel an anwendbarem Wissen bei Berufsanfängerinnen und -anfängern beklagt, siehe auch (Preißler et al. 2010).

Diese kurze Bestandsaufnahme zeigt, dass es notwendig ist, die Mathematikausbildung in technischen und naturwissenschaftlichen Studiengängen zumindest teilweise nach modernen lerntheoretischen Anforderungen neu auszurichten. Essentiell sowohl für die Motivation der Lernenden als auch für die Lernergebnisse selbst ist unserer Ansicht nach dabei, den Stoff der Grundlagenvorlesung Mathematik an die im beruflichen Alltag auftretenden Problemstellungen anzubinden.

In Vorlesungen und Übungsgruppen haben wir zudem in den letzten Jahren immer wieder beobachtet, dass Mathematik von Studienanfängerinnen und -anfängern in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen nicht als nützliches und nötiges Hilfsmittel wahrgenommen, sondern als theoretische Wissenschaft zum Selbstzweck empfunden wird; das Wissen oder zumindest die Überzeugung, dass mathematische Verfahren in vielen ingenieurswissenschaftlichen Anwendungen unabdingbar sind, scheinen Vorlesungen, Übungsgruppen und Hausaufgaben kaum zu vermitteln. Erst recht scheinen sie die konkrete Anwendung und den Nutzen wichtiger mathematischer Konzepte wie Näherungsverfahren oder Differentialgleichungen im Ingenieursalltag nicht darstellen zu können. Die Frage „Wofür braucht man das?" – oder noch schlimmer: „Braucht man das überhaupt?" – wird in den Übungsgruppen Jahr für Jahr aufs Neue gestellt.

Leider bleibt es nicht dabei, dass die Anfänger den Nutzen der Mathematik als Werkzeug eines Ingenieurs nicht erkennen: Immer wieder begegnet man der irrigen Ansicht, die Mathematikkurse zu Anfang des Studiums dienten nur dazu, schlechte Studierende „auszusieben". Tatsächlich sind die Mathematik-Klausuren in den ersten zwei Semestern für viele Anfängerinnen und Anfänger eine Hürde. Nicht selten ist zu beobachten, dass Studierende, die ihre selbstgesteckten Ziele nicht erreichen, das Fach Mathematik für ihr Scheitern verantwortlich machen – zu schwer, zu viel, zu abstrakt, lauten häufige Klagen.

Wir glauben nicht nur, dass diese Interpretation in vielen Fällen falsch ist (die Gründe für ein Scheitern sind unserer Ansicht nach vielfältiger und äußern sich lediglich im Fach Mathematik besonders schnell und deutlich), sondern auch, dass ein Scheitern in Mathematik oft unnötig ist: Weder ist der Stoffumfang prinzipiell zu groß noch der Inhalt prinzipiell zu abstrakt, so dass es für einen überwiegenden Teil der Studierenden mit Schwierigkeiten letzten Endes eine Frage der Motivation und der Lernstrategie ist, die Klausuren erfolgreich zu absolvieren.

Das Ziel des Projektes *MP*^{2} *– Mathe/Plus/Praxis*, das an der Ruhr-Universität Bochum für Studierende in den beiden ersten Semestern angeboten wird, ist, hier die nötige Starthilfe zu geben und dadurch einen unnötigen Abbruch des Studiums im ersten Studienjahr zu verhindern.

Typische Probleme bei Studienabbruch

Das Projekt *Mathe/Plus/Praxis* basiert auf zwei Hypothesen zum Studienabbruch. Studierende mit erheblichen Anfangsschwierigkeiten im Studium haben in der Vergangenheit dafür immer wieder zwei Ursachen genannt:

1. Ihnen fällt der Übergang von der Schule zur Hochschule schwer. Sie übertragen Lernmuster, mit denen sie in der Schule erfolgreich waren, an die Universität (z.B. Lernen erst kurz vor der Klausur, in letzter Zeit unter dem Schlagwort *Bulimielernen* oft im Zusammenhang mit der Bologna-Reform genannt) und scheitern damit meist direkt in der Startphase des Studiums. Obwohl aufgrund der gewichtigen Rolle der Mathematik im Grundlagenstudium[1] eine ausreichende Lernveranlassung vorliegen sollte, wird die Hürde entweder nicht ernst genug genommen oder die Lernstrategien reichen nicht aus, mit den veränderten Rahmenbedingungen zurechtzukommen.
2. Sie verlieren die Motivation, weil sie den Anwendungsbezug der mathematischen Verfahren nicht sehen. Sie interessieren sich für Technik und Maschinen und sehen in Formeln und Rechenverfahren keinen Nutzen. Diese Demotivation tritt typischerweise im Laufe des zweiten Semesters auf; im ersten Semester akzeptieren die Studierenden noch, dass sie Grundlagen lernen müssen, die erst später benötigt werden.

Zwei konkrete Maßnahmen setzen im Projekt *Mathe/Plus/Praxis* genau bei diesen beiden Ursachen für Studienabbruch an. In der ersten Projektstufe, *MathePlus*, bekommen Anfängerinnen und Anfänger des ersten Semesters Hilfestellung beim Einüben erfolgversprechender Lerntechniken, siehe (Glasmachers et al. 2011); in der zweiten Stufe, *MathePraxis*, erhalten Studierende des zweiten Semesters im Rahmen kleiner Projekte die Möglichkeit, sich zu erarbeiten, wie Mathematik in der Praxis Anwendung findet. Üblicherweise erkennen Studentinnen und Studenten die Anwendung der gelernten Grundlagen erst in höheren Semestern, da in Deutschland zunächst das Basiswissen bereitgestellt wird, um in der zweiten Hälfte des Studiums anwendungsnahe Probleme bearbeiten zu können, in denen Verfahren und Konzepte aus ganz verschiedenen Disziplinen wie Materialkunde, Mechanik und Mathematik zusammenspielen. Ein Vorziehen eines solchen Einblicks mit dem zugehörigen „Aha“-Effekt, soll bei den Anfängerinnen und Anfängern die Bereitschaft anregen, sich auch mit abstrakten Themen zu beschäftigen, und

[1] Die Veranstaltung ist in den ersten beiden Semestern mit jeweils 9 CP nach ECTS kreditiert.

verstehendes Lernen fördern. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Implementierung dieser zweiten Maßnahme *MathePraxis*, ersten Erfahrungen und Evaluierungen sowie einem Ausblick.

Der organisatorische Rahmen

In Kooperation mit verschiedenen ingenieurswissenschaftlichen Lehrstühlen wurden zu drei Projekten Lerneinheiten entwickelt, mit denen sich Studentinnen und Studenten in den Studiengängen Maschinenbau, Bauingenieurswesen und Umwelttechnik im zweiten Semester parallel zu ihren regulären Lehrveranstaltungen freiwillig befassen können. Im Unterschied zu anderen Modellprojekten wie (siehe (Diercksen 2005), (Verner et al. 2008)), bei denen Mathematikveranstaltungen mit Anwendungen aus unterschiedlichem Kontext verzahnt werden, wurde bei *MathePraxis* großen Wert auf den Bezug zu Arbeits- und Forschungsgebieten an der eigenen Universität gelegt. Soweit bei dem frühen Stadium in der Ausbildung möglich, haben sich die Projekte an den Forschungsrichtungen der kooperierenden Lehrstühle orientiert, entsprechend dem im Leitbild Lehre der Ruhr-Universität Bochum verankerten Motiv des „forschenden Lernens". Darüber hinaus erwerben die Studierenden im Rahmen des Projekts diverse Schlüsselqualifikationen wie die Fähigkeit zu Teamwork sowie Präsentations- und Selbstorganisationstechniken.

Die Projekte sollten in kleinen Gruppen von etwa fünf Personen bearbeitet werden, wobei ein Schwerpunkt von *MathePraxis* darauf liegt, dass die Studentinnen und Studenten sich das nötige Wissen weitgehend eigenständig erarbeiten. Um allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern eine adäquate Betreuung bieten zu können, wurde die maximale Teilnehmerzahl auf 30 festgelegt, entsprechend jeweils zwei Gruppen à fünf Personen zu jedem der Projektthemen.

Da nicht auf Erfahrungen ähnlicher Maßnahmen an anderen Universitäten zurückgegriffen werden konnte, wurden in den unterschiedlichen Projektgruppen verschiedene Formen der Anleitung erprobt. Während eine Gruppe einen umfangreichen Leittext erhielt, orientierte sich die zweite an einer groben Anleitung mit zu lösenden Aufgaben und die dritte Gruppe bekam lediglich Wochenaufgaben. In kurzen wöchentlichen Treffen diskutierten die Projektleiter mit den Teilnehmerinnen und Teilnehmern Fragen, die sich bei der Bearbeitung der Materialien ergeben hatten, und gaben, soweit nötig, in kurzen Präsentationen Einführungen in Themen und Verfahren, die sich nur schwer selbstständig erschließen lassen. Den Projektteilnehmerinnen und -teilnehmern wurde auf diese Weise eine sehr große Freiheit gelassen, sich selbst zu organisieren.

Mit einer kurzen Informationsveranstaltung in der Vorlesung, Flyern und Plakaten wurde zu Anfang des Semesters unter den Hörerinnen und Hörern der Vorlesung *Mathematik für Maschinenbauer, Bauingenieure und Umwelttechniker (MB, BI, UTRM) 2* für das Projekt *MathePraxis* geworben; Interessierte konnten sich über eine Homepage um die Teilnahme bewerben. Von den circa 600 Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Vorlesung bewarben sich 32 Anfängerinnen und Anfängern

für das Projekt, von denen schließlich 29 in *MathePraxis* aufgenommen wurden. Voraussetzung für die Aufnahme war unter anderem, dass die Abschlussklausur zur Vorlesung *Mathematik für MB, BI und UTRM 1* erfolgreich bestanden war, da anderenfalls eine Konzentration auf das Bestehen der Wiederholungsklausuren zu diesem Modul empfehlenswert ist. Betrachtet man die Klausurergebnisse der Teilnehmenden an *MathePraxis,* so zeigt sich eine deutliche Zweiteilung: Während ungefähr eine Hälfte der Teilnehmerinnen und Teilnehmer zur Spitzengruppe der Studierenden in Mathematik gehört, hat die andere Hälfte die erste Klausur mit deutlich schlechteren Zensuren bestanden. Für das ursprünglich geplante Ziel, vorrangig Teilnehmer mit schwächeren Leistungen in der ersten Mathematikklausur zu *MathePraxis* zuzulassen, war die Anzahl der Bewerberinnen und Bewerber nicht groß genug.
Für die aktive Teilnahme am gesamten Projekt inklusive dem Erstellen einer Abschlusspräsentation wurden in Zusammenarbeit mit den entsprechenden Fakultäten 3 CP vergeben, die in einem Modul im späteren Studienverlauf als Wahlfach anrechenbar sind.

Motivation durch realistischen Praxisbezug

Während des ersten Durchlaufs von *MathePraxis* im Sommersemester 2011 wurden drei unterschiedliche Projekte angeboten, wobei zu jedem Projekt zwei Gruppen eingerichtet wurden:

- **Ausbalancieren mit Differentialgleichungen: Der Segway**
  In diesem Projekt gingen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Frage nach, wieso ein Segway, ein selbstbalancierender Roller auf zwei nebeneinander stehenden Rädern, nicht umfällt.

Dazu berechneten sie, wie ein Inverses Pendel durch eine Regelung stabilisiert werden kann. Ein solches „kopfstehendes“ Pendel ist an einer beweglichen Aufhängung befestigt, wird nach oben ausgelenkt und dann durch eine geschickte Regelung, die den Aufhängepunkt hin- und herbewegt, in der instabilen oberen Gleichgewichtslage gehalten. Dieses Problem verdeutlicht, wie ein Segway funktioniert (beim Segway arbeitet eine solche Regelung, die gleichzeitig noch auf Bewegungen des Fahrers reagiert, prinzipiell auf die gleiche Weise, ist aber natürlich komplizierter).

Um eine geschickte Regelung zu finden, muss ein System von Differentialgleichungen linearisiert und gelöst werden. Hier sind die Themen Eigenwerte, Eigenvektoren, Hauptvektoren und Matrizenrechnung aus den Mathematikvorlesungen nötig.

- **Immer cool bleiben: Der Rippenkühler**
  Im zweiten Projekt beschäftigten sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit der Frage, wie ein Kühlkörper beschaffen sein muss, um eine optimale Wärmeübertragung einer Maschine an die Umgebung zu gewährleisten, ohne einen Lüfter zu benötigen. Als Beispiel diente dabei ein Passivkühler mit Kühlrippen wie er für Prozessoren in Computern Verwendung findet. Dabei galt es, zwei Größen zu berechnen, zum einen die Maße des Kühlers, also Dicke und Höhe der Rippen, um die Wärmeabgabe an die Umluft zu maximieren, zum anderen den Rippenwirkungsgrad. Dieser ist definiert als das Verhältnis des Wärmestroms, den eine Rippe tatsächlich abgibt, zu dem idealen Wärmestrom, den die Rippe abgäbe, wenn sie über ihre gesamte Länge die Rippenfußtemperatur hätte. Ausgangspunkt war die allgemeine Wärmeleitungsgleichung, die unter praxisnahen Annahmen vereinfacht und gelöst wurde. Hierzu sind Kenntnisse zur Lösung von Differentialgleichungen und zur Taylorentwicklung notwendig.

- **Mit Trigonometrie schaukelfrei ans Ziel: Geschickte Kransteuerung**
  Im dritten Projekt untersuchten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer, wie man eine (feste, nicht adaptive) Kransteuerung programmieren muss, damit die Last, die bewegt wird, beim Bremsen nicht zu pendeln beginnt. In zwei vorgegebenen Beschleunigungsmodellen, mit denen die Krankatze gesteuert werden kann (und die einem sanften und einem abrupten Anfahren/Bremsen entsprechen), haben die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die entsprechenden Bewegungsgleichungen für ein bewegtes Pendel linearisiert und gelöst, die passenden Parameter gesucht, die die Randbedingungen, dass die Last zu Anfang und zu Ende des Transportes ruht, nicht verletzen, und beide Beschleunigungsarten anhand von Zahlenbeispielen verglichen.

Zu den mathematischen und didaktischen Details der beiden ersten Projekte siehe (Härterich et al. 2012).

Begleitende Evaluation

Um den Effekt des Projektes zu quantifizieren, wurde es begleitend evaluiert. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer füllten zu Anfang und zu Ende des Projektes einen Fragebogen aus, der ihre Ansichten über das Fach Mathematik abfragt. Zum Vergleich wurde der Fragebogen auch von einer Kontrollgruppe aus Hörern der Vorlesung *Mathematik für MB, BI, UTRM II* ausgefüllt, die nicht am Projekt teilgenommen haben.

Die Gestaltung des Fragebogens orientiert sich an (Grigutsch et al. 1998), die das mathematische Weltbild von Lehrern untersucht haben, da wie in unserem Fall hier nicht allein ein intrinsisches Interesse an Mathematik angenommen werden kann. Drei Aspekte stehen im Zentrum der Fragen: Wie wird der Anwendungsbezug mathematischer Verfahren eingeschätzt, wie wird Mathematik als Prozess wahrgenommen, und in welcher Weise wird Mathematik als Werkzeugkasten empfunden? Jeder dieser drei Aspekte wurde durch fünf Items operationalisiert, die einander semantisch ähneln oder widersprechen, um eingrenzen zu können, wie gültig Aussagen über bestimmte Merkmale sind. Die Items waren auf dem Fragebogen ungruppiert und zufällig sortiert. Bei jedem Item konnten sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zwischen den Möglichkeiten „stimmt genau", „stimmt großteils", „unentschieden", „stimmt nur teilweise" und „stimmt gar nicht" entscheiden.

Zum *Anwendungsbezug mathematischer Verfahren* lauteten die zu bewertenden Aussagen:

- Mathematik hilft, alltägliche Aufgaben und Probleme zu lösen.
- Nur wenige Dinge aus den Mathe-Vorlesungen kann man später wirklich verwenden. (*)
- Mathematik ist nützlich, egal wo man später arbeitet.
- Viele Teile der Mathematik haben einen praktischen Nutzen oder direkten Anwendungsbezug.
- Mathematik ist ein zweckfreies Spiel und beschäftigt sich mit Objekten, die mit der Wirklichkeit nichts zu tun haben. (*)

Mit einem (*) markierte Items werden bei der anschließenden Auswertung umgekehrt sortiert wie die unmarkierten Items.

Zum Aspekt *Mathematik als Prozess* wurde die Einschätzung zu folgenden Themen abgefragt:

- In der Mathematik kann man viele Dinge selbst finden und ausprobieren.

- Mathematik lebt von Einfällen und neuen Ideen.
- Mathematik betreiben heißt: Sachverhalte verstehen, Zusammenhänge sehen, Ideen haben.
- Mathematische Aufgaben und Probleme können auf verschiedenen Wegen richtig gelöst werden.
- Um eine Matheaufgabe zu lösen, gibt es meist nur einen einzigen richtigen Lösungsweg, den man finden muss. (*)

Und schließlich lauteten die Items zum Aspekt *Werkzeugkasten Mathematik*:

- Mathematik ist eine Sammlung von Verfahren und Regeln, die genau angeben, wie man Aufgaben löst. (*)
- Wer Mathematik betreibt, muss viel Übung darin haben, Rechenschemata zu befolgen und anzuwenden. (*)
- Fast alle mathematischen Probleme können durch direkte Anwendung von bekannten Regeln, Formeln und Verfahren gelöst werden. (*)
- Mathematik verlangt viel Übung im korrekten Befolgen von Regeln und Gesetzen.
- Wenn man eine Mathematikaufgabe lösen soll, muss man das einzig richtige Verfahren kennen, sonst ist man verloren. (*)

Darüber hinaus wurde nach dem Nutzen verschiedener konkreter mathematischer Verfahren und Themen gefragt. Diese Items stehen jeweils nur für sich und werden nicht gruppiert:

- Differentialgleichungen spielen eine Rolle in vielen alltäglichen Dingen und im Berufsalltag eines Ingenieurs.
- Vektorrechnung zu lernen, ist für die spätere Berufspraxis wichtig.
- Eigenwerte sind ein wichtiges Werkzeug bei Problemen im Ingenieursalltag.
- Ein Ingenieur hat es im Berufsalltag oft mit Ableitungen zu tun.
- Bei vielen technischen Problemen sind Taylorentwicklungen von Bedeutung.

Auf diese Weise ergibt sich ein Fragebogen mit 20 Fragen, der schnell und ohne große Mühe ausgefüllt werden kann, so dass eine hohe Rücklaufquote erzielt werden konnte. Er ist jedoch ausführlich genug, um prägnante Rückschlüsse über die tendenzielle Einstellungen gegenüber Mathematik und dem Nutzen von Mathematik in der Ingenieurswelt zuzulassen.

Ergebnisse

Für die Auswertung wurde eine fünfstufige Lickert-Skala verwendet. Um die innere Konsistenz der Skalen zu kontrollieren, wurden mit dem Paket ltm in R die Korrelation der einzelnen Items und Cronbachs Alpha berechnet. Dabei ergaben sich folgende Werte:

Skala	**Cronbachs Alpha**
Nutzen mathematischer Verfahren	0.752
Anwendungsbezug	0.652
Mathematik als Prozess	0.697
Mathematik als Werkzeugkasten	0.247

Die ersten drei Skalen sind daher nach der üblichen Faustregel zur Interpretation der Alpha-Werte ($\alpha > 0.65$) gerade noch als akzeptabel einzustufen, während *Mathematik als Werkzeugkasten* dieses Kriterium weit verfehlt. Zu möglichen Gründen siehe die detailliertere Analyse unten.
Von Studierenden der Projektgruppe wurden 23 auswertbare Fragebögen abgegeben, während aus der Kontrollgruppe 37 Fragebögen zur Verfügung standen.
In Figure 1 und Figure 2 sind die Gruppen-Mittelwerte der Kontrollgruppe (gestrichelt) und der Projektgruppe (durchgezogen) vor bzw. nach der Projektdurchführung aufgetragen und zur Verdeutlichung durch eine Gerade verbunden.

Nutzen konkreter mathematischer Verfahren:
Bei allen fünf Items ist ein klarer Unterschied zwischen der Kontroll- und der Projektgruppe zu erkennen. Beispielsweise herrscht bei der Bewertung der Bedeutung der Themen *Vektorrechnung* und *Taylorentwicklung* sogar ein gegenläufiger Trend vor: Während die Kontrollgruppe beide Themen bei der Vorbefragung wichtiger einschätzt als bei der Nachbefragung am Ende des Semesters, ist es bei der Projektgruppe genau umgekehrt, und die Bedeutung wird am Ende des Semesters höher eingeschätzt. Besonders signifikant ist dies beim Item *Taylorentwicklung,* das sich auf eine Methode bezieht, mit der komplizierte, schwer berechenbare Zusammenhänge durch einfachere angenähert werden. Eine mögliche Erklärung ist, dass Beispiele in allen drei Teilprojekten die Anwendung der Approximation von Funktionen verdeutlichen und die Studierenden der Projektgruppe so erleben konnten, wie die Approximation durch Taylorentwicklung in einem praxisnahen Kontext eingesetzt werden kann.
Für die Items *Differentialgleichungen*, *Eigenwerte* und *Ableitungen* lässt sich beobachten, dass die Bedeutung in beiden Gruppen am Ende des Semesters höher

eingeschätzt wird als zu Beginn. Während der Trend in der Kontrollgruppe nur leicht in Richtung „wichtiger“ geht, ist diese Tendenz bei der Projektgruppe weitaus deutlicher ausgeprägt.

Anwendungsbezug mathematischer Verfahren:
Auch hier zeigt sich eine stärkere Veränderung in der Projektgruppe: Der Anwendungsbezug wird nach Durchlaufen des Projekts stärker eingeschätzt als vorher, wohingegen sich bei der Kontrollgruppe die Einschätzung nur unwesentlich ändert und der Anwendungsbezug weiterhin als nur gering eingestuft wird. Da dieses Item auf den Kern der gesamten *MathePraxis*-Maßnahme zielt, sind die Unterschiede der beiden Gruppen in diesem Punkt nicht überraschend. Unsere Ausgangshypothese, dass Anwendungsbezug für Studierende technischer Fächer besonders wichtig ist und großen Einfluss auf die Motivation besitzt, wird hier bestätigt.

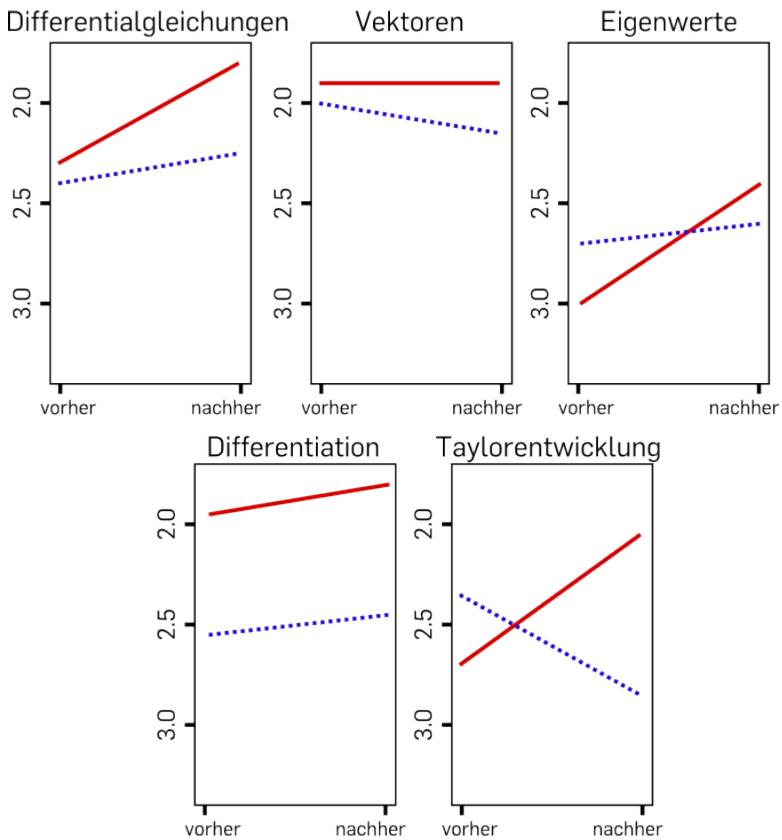

Fig. 1: Bewertung der verschiedenen mathematischen Verfahren vorher/nachher. Kontrollgruppe: gestrichelt; Projektgruppe: durchgezogen. Die Werte 2.0 bzw. 3.0 entsprechen dabei den Antworten „stimmt großteils“ bzw. „unentschieden“

Mathematik als Prozess:
Hier ist die Differenz zwischen Projekt- und Kontrollgruppe nicht groß, jedoch ist bei der Projektgruppe ein Trend hin zu einer mehr problem- und prozessorientierten Sichtweise der Mathematik zu erkennen. Mathematik wird am Ende des Projekts mehr als vorher als Lösungsprozess angesehen. Da zumindest in zwei der drei Projekte auch die mathematische Modellierung und Herleitung der verwendeten Gleichungen breiten Raum einnimmt, ist die unterschiedliche Entwicklung der beiden Gruppen in diesem Punkt gut erklärbar.

Werkzeugkasten Mathematik:
Bei diesem Item kann nur ein geringer Unterschied zwischen Projekt- und Kontrollgruppe festgestellt werden. Während in der Projektgruppe kein Unterschied vorher/nachher besteht, nimmt die Zustimmung in der Kontrollgruppe leicht zu. Allerdings ist die Zustimmung zu diesem Punkt insgesamt geringer als zu den anderen Items, obwohl dieser Aspekt aus Sicht der Autoren eine wichtige Rolle für das Bestehen von Mathematikklausuren spielt. Erklären lässt sich die „mittige“ Einstufung des Items eventuell dadurch, dass die entsprechenden Aussagen auf dem Fragebogen neutral formuliert waren, und nicht wie bei den anderen Items eindeutig positiv oder negativ bewertet werden konnten. Außerdem spielte der Werkzeugaspekt in *MathePraxis* nur eine untergeordnete Rolle, sodass die Studierenden beider Gruppen für die Aussagen zu diesem Punkt auf ähnliche Erfahrungen zurückgreifen konnten.

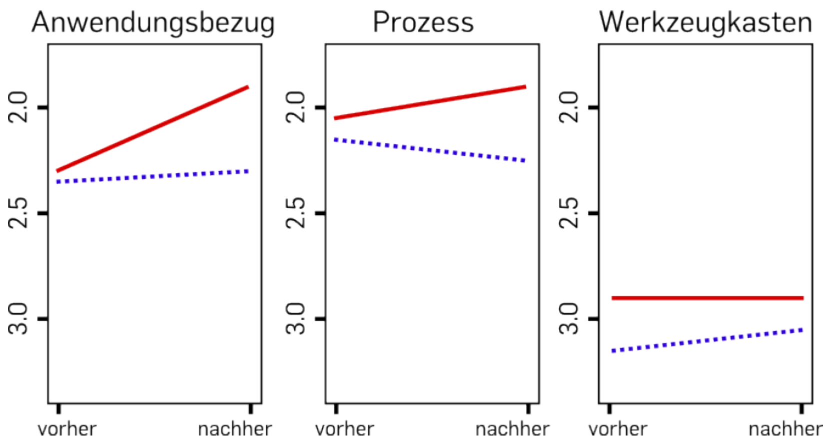

Fig. 2.: Bewertung der verschiedenen Themen vorher/nachher. Kontrollgruppe: gestrichelt; Projektgruppe: durchgezogen.

Fazit und Ausblick

Das Projekt *MathePraxis* wurde im Sommersemester 2011 an der Ruhr-Universität Bochum zum ersten Mal angeboten. Aufgrund der vorgesehenen en-

gen Betreuung richtet es sich nur an einen kleinen Teil der Studierenden in der Vorlesung *Mathematik für MB, BI und UTRM 2*. Von den anfangs 29 Teilnehmerinnen und Teilnehmern blieben die meisten bis zum Ende dabei, nur drei Studierende zogen sich in einer sehr frühen Phase aus *MathePraxis* zurück. Als Gründe wurden starke private Belastungen und eine völlig andere Erwartung an das Projekt angegeben. Ob das Projekt dazu beiträgt, Studienabbruch zu verhindern, kann wegen der geringen Teilnehmerzahl nach diesem ersten Durchlauf noch nicht eingeschätzt werden. Die Motivation der Studierenden war bis zum Ende des Projekts hoch und führte dazu, dass die Abschlusspräsentationen eine hohe fachliche und auch technische Qualität aufwiesen. Auch die mündlichen Prüfungen verliefen erfreulich, so dass am Ende durchwegs sehr gute und gute Noten vergeben werden konnten.
Die Studierenden äußerten sich überwiegend positiv zum Verlauf des Projekts und regten nur wenige Modifikationen für weitere Durchführungen des Projekts an. Unter anderem wünschten sie sich mehr Experimente oder praktische Phasen.
Neben einem weiteren Durchlauf von *MathePraxis* mit neuen Projekten im Sommersemester 2012 ist geplant, ähnliche Maßnahmen für weitere Fächer umzusetzen und in die regulären Lehrveranstaltungen zu integrieren, um eine Weiterentwicklung der Mathematikausbildung mit aktuellem Anwendungsbezug zu ermöglichen. Dies entspricht nicht nur dem Wunsch vieler Studentinnen und Studenten, sondern bringt auch weitere positive Effekte mit sich, wie unser erster Modelldurchlauf gezeigt hat. Insbesondere werden erste wichtige Schlüsselqualifikationen und ein umfassendes, realistisches Bild vom eigenen Studienfach vermittelt.

Danksagung
Die Autoren bedanken sich bei B. Rösken für die Unterstützung bei der Konzeption der Evaluierung. Das Projekt *Mathe/Plus/Praxis* wird gefördert vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft und der Heinz-Nixdorf-Stiftung.

Literatur

Diercksen. C.: Mathematik im Technik-Grundstudium – neue Ansätze unter Berücksichtigung von Gender-Aspekten, Glob. J. Eng. Educ., **9** (3), 223-226 (2005)

Engelbrecht, J., Harding, J., du Preez, J.: Long-term retention of basic mathematical knowledge and skils with engineering students. European Journal of Engineering Education **32** (6), 735–744 (2007)

Glasmachers, E., Griese, B., Kallweit, M., Rösken, B.: Supporting Engineering Students in Mathematics. Proceedings of the 35th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Ankara, Turkey, 2011

Grigutsch, S., Raatz, U., Törner, G.: Mathematische Weltbilder bei Mathematiklehrern. Schriftenreihe des Fachbereichs Mathematik, Universität Duisburg 296 (1995). Journal für Mathematikdidaktik 19, 3-45 (1998) (MathDi 96c.02230)

Härterich, J., Kiss, C,. Mönnigmann, M,. Rooch, A,. Schulze Darup, M,. Span, R.: MathePraxis -- Connecting first year mathematics with engineering applications. Eur. J. Eng. Educ. **37** (3), 255-266 (2012)

Preissler, I., Müller, R., Hammerschmidt, J., Scholl, S.: Treibstoff für die Ingenieurausbildung - fachübergreifende Didaktik. Zeitschrift für Hochschulentwicklung ZFHE **5**, 105-115 (2010)

Verner, I., Aroshas, S, .Berman, A.: Integrating supplementary application-based tutorials in the multivariable calculus cours. Int. J. Math. Ed. In Science and Technology **39**, 427-442 (2008)