

**Paul WOLF<sup>1</sup> & Rolf BIEHLER (Paderborn)**

# **Entwicklung und Erprobung anwendungsorientierter Aufgaben für Ingenieurstudienanfänger/innen**

## **Zusammenfassung**

In dieser Arbeit stellen wir ein Konzept zur Entwicklung spezieller anwendungsorientierter Aufgaben für Erstsemesterstudierende der Ingenieurstudiengänge (speziell Maschinenbau) sowie eine darauf bezogene Evaluationsstudie vom Wintersemester 2013/14 vor.

Die Aufgaben sollen Brücken zwischen der Mathematik und den physikalischen / technischen Themen und Interessen der Studierenden schlagen und somit Motivation, Verständnis der mathematischen Inhalte und eine höhere Relevanzeinschätzung der Mathematik für Maschinenbauer/innen fördern. Die Studie zeigt die Einstellungen der Studierenden zu den Aufgaben auf und liefert Erkenntnisse zur Optimierung des Konzepts und der Aufgaben.

## **Schlüsselwörter**

Anwendungsaufgaben, Mathematik für Maschinenbauer/innen, Konzept, Vergleichsstudie, Hochschuldidaktik Mathematik

---

<sup>1</sup> E-Mail: [wolf@khdm.de](mailto:wolf@khdm.de)

## **Devising and testing application-oriented tasks for first-year engineering students**

### **Abstract**

This paper presents a concept for devising special application-oriented tasks for first-year engineering students (especially for mechanical engineering) and a study of these tasks.

The main goal of these tasks is to build a connection between mathematics and physics / engineering, as well as student interests, in order to increase motivation, enhance understanding of mathematical content, and improve the relevance-rating of mathematics for engineers.

The paper describes the students' attitudes towards the tasks and provides suggestions for optimising both the concept and the tasks themselves.

### **Keywords**

application problems, mathematics for engineers, comparative study, research in higher mathematics education

## **1 Über das Projekt**

Die AG Ing-Math des Kompetenzzentrums Hochschuldidaktik Mathematik ([www.khdm.de](http://www.khdm.de)) führt derzeit drei Teilprojekte durch. Das Teilprojekt, welches hier seine Ergebnisse präsentiert, ist das Projekt „Mathematik für Maschinenbauer: Integration des Modellierens in ingenieurwissenschaftlichen Zusammenhängen“ (Leitung: Rolf Biehler und Gudrun Oevel, vgl. auch OEVEL et al. (2014)).

In diesem Teilprojekt werden Interventionselemente für die Veranstaltung „Mathematik für Maschinenbauer“ entwickelt und hinsichtlich ihrer Akzeptanz und Wirkung untersucht. Die geplanten Maßnahmen betreffen insbesondere:

- das Betonen der Einsatzgebiete der Mathematik in den Ingenieurwissenschaften: Vorbereitung der Studierenden auf das Simulieren, Modellieren und Interpretieren von Problemstellungen und Lösungen;
- die Veranschaulichung und Vernetzung der Mathematik durch ingenieurwissenschaftliche Anwendungsbeispiele;
- die zeitliche Umstrukturierung der Lerninhalte, so dass die benötigte Mathematik parallel zu den Fachveranstaltungen gelehrt wird;
- die Umgestaltung der Lerninhalte bezüglich ihrer Relevanz;
- empirische Studien zu Wirkung der Lehrinnovationen auf Einstellungen und Kompetenzen der Studierenden.

In folgender Arbeit soll es vor allem um den ersten, zweiten und den letzten Punkt gehen. Die entwickelten Aufgaben und deren zugrunde liegendes Konzept sowie deren Weiterentwicklung, Evaluierung und die zugrunde liegenden Theorien werden ein Hauptbestandteil der Dissertation des erstgenannten Autors sein.

## **2 Die Konzeptidee zur Aufgabenkonstruktion**

Ziel des Projektes ist es, Aufgaben zu entwickeln, die thematisch und von den Anforderungen her in den üblichen Übungsbetrieb einer Lehrveranstaltung „Mathematik für Ingenieure“ passen. Was aber kann in diesem Zusammenhang „passen“ überhaupt heißen? Wir gehen kurz auf die von uns entwickelten Kriterien ein, die einerseits in der Diskussion der Mathematikdidaktik zur Klassifikation von anwendungsbezogenen Aufgaben verankert sind (z. B. MAASS, 2010), andererseits aber die spezifischen Rahmenbedingungen von Mathematik-Lehrveranstaltungen für Ingenieurinnen und Ingenieure berücksichtigen. Die Aufgaben sollen vom Bearbeitungsumfang her etwa zu einer von üblicherweise vier wöchentlich gestellten Aufgaben äquivalent sein. Wir unterscheiden uns damit von deutlich zeitaufwändigeren und komplexeren Projekten, wie beispielsweise dem MathePraxis-Projekt von ROOCH et al. (2014) oder den Praxisprojekten von ALPERS (2001). Unser Ansatz ist im Vergleich dazu weniger umfangreich, aber auch weniger zeit- und kostenin-

tensiv und in nahezu jeder Mathematik-Serviceveranstaltung für Ingenieurinnen und Ingenieure einsetzbar.

Das Konzept, auf dem die Aufgabenentwicklung beruht, wird im Rahmen des Promotionsprojektes des erstgenannten Autors dieser Arbeit konstruiert und befindet sich noch in der Entwicklung. Die folgenden Erläuterungen finden sich so bzw. in ähnlicher Form auch in WOLF & BIEHLER (2014).

Wir sprechen nun von der Konzeptidee „Gute anwendungsorientierte Aufgaben in der Mathematik für Maschinenbauer“. Die Abb. 1 fängt die wichtigsten Stichworte in Kurzschreibweise auf. Im weiteren Verlauf wird auf jeden Unterpunkt einzeln eingegangen, die Begriffe werden erklärt und in ihrer Relevanz und Umsetzbarkeit bewertet.

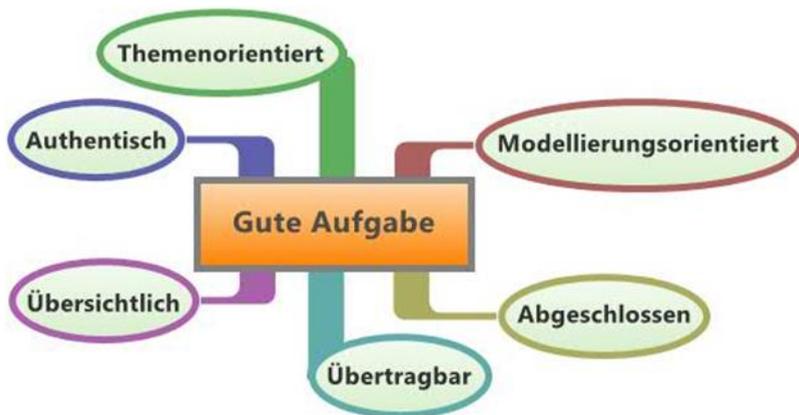


Abb. 1: Die Konzeptidee in Stichworten

Folgende Punkte sollten von einer guten Anwendungsaufgabe in Mathematik für Maschinenbauer/innen erfüllt werden:

**Mathematik-Themenorientiert („Themenorientiert“)**

Da die Übungsaufgabe in einer Mathematikvorlesung ausgeteilt wird, sollte natürlich das Thema, welches geübt werden soll (z. B. Gleichungssysteme lösen), auch den mathematischen Teil der Aufgabe bestimmen oder mindestens in auffälliger Weise darin vorkommen. Die Brücke zwischen der Mathematik und den Fachinhalten kann nur geschlagen werden, wenn den Lernenden die Zusammenhänge klar werden. Die aus der Vorlesung bekannte Mathematik soll dabei möglichst so angewendet werden, wie sie auch gelehrt wurde (z. B. Gauß-Verfahren). Hierin unterscheiden sie sich von Aufgaben in Maschinenbauvorlesungen, in denen oft eigene mathematische Praktiken eingeführt und benutzt werden dürfen. Weiterhin zeichnet sich eine – insbesondere im Sinne der Mathematik – gute Aufgabe auch dadurch aus, dass die Studierenden den mathematischen Gedanken des Verallgemeinerns erfahren und umsetzen müssen. Hiermit wird eine Art der Verallgemeinerung angestrebt, die eher in Richtung der Mathematik als in Richtung einer Theorie im Maschinenbau geht. Im Beispiel der Gleichungssysteme kann dies leicht durch Einführung von zusätzlichen Parametern oder Variablen geschehen.

**Maschinenbau-Authentisch („Authentisch“)**

Wir verlangen hier, dass keine eingekleidete Mathematik-Aufgabe vorliegt, in der der Maschinenbau-Kontext nur behauptet wird und unrealistische Zahlenwerte sowie unrealistische Annahmen und Fragestellungen verwendet werden. Die Werte müssen in der Praxis vorkommen können und nicht wirken, als ob sie nur für ein „schönes“ Ergebnis gewählt wurden (ein Stahlträger, der nur wenige Gramm wiegt, macht wenig Sinn). Die Verwendung von korrekten Einheiten und für Maschinenbauer/innen relevanten Problemstellungen sollte eigentlich selbstverständlich sein. Bei der Erstellung der Aufgabe sollte man sich fragen, ob man in der Realität hier tatsächlich etwas berechnen würde (wenigstens bei sehr großen oder schweren Objekten und Bauvorhaben) oder ob man einfach probieren würde. Eine Aufgabe wirkt sehr künstlich, wenn es keinen Grund gibt, das Problem überhaupt mathematisch exakt lösen zu wollen. Dieser Aspekt des Konzepts verhält sich ähnlich zu der Forderung von ALPERS (2001) nach relevanten Themen in Projekten für Ingeni-

eursstudierende. Insgesamt soll dieser Punkt auch den Zusammenhang zu den technischen Inhalten des Studiums garantieren und das Interesse an den mathematischen Themen steigern. Dass solch ein Querbezug das Interesse deutlich steigern kann, ließ sich in allgemeiner Form durch Studien an Schülerinnen und Schülern (KRAPP, 1998, S. 188) sowie aktuell auch direkt an Studierenden technischer Fächer (ROOCH et al., 2014, S.406) zeigen. Um die Maschinenbau-Authentizität sicherzustellen, wurden die Aufgaben Dozierenden aus Maschinenbau-Lehrveranstaltungen zur Beurteilung vorgelegt. Mit den Studierenden muss ein neuer „didaktischer Kontrakt“ (BROUSSEAU, 1997) (gemeint ist damit eine meist implizit bleibende Vereinbarung zwischen Lehrenden und Lernenden über das Wissen und die Strategien, die bezogen auf diese Aufgaben genutzt werden können und sollen) geschlossen werden, der z. B. beinhaltet, dass zur Lösung maschinenbaulich-physikalisches Wissen nicht nur erwünscht, sondern für die Lösung erforderlich ist, und dass im Maschinenbau übliche Validierungsstrategien über Einheiten und Größenordnung der Ergebnisse hier anwendbar sind. Das ist schon deshalb wichtig, weil viele Studierende aus ihrem Mathematikunterricht eher nur eingekleidete Aufgaben kennen, die eine andere Lösungsstrategie erfordern, bei der das Ernstnehmen des Anwendungskontextes sogar manchmal hinderlich sein kann.

### **Modellierungsorientiert**

Es soll ein stetiger Wechsel zwischen Physik-Interpretation und mathematischem Vorgehen zum Lösen der Aufgabe notwendig sein. Dieser Wechsel darf durch spezielle Aufgabenteile an verschiedenen Stellen wiederholt angeregt werden, doch sollte darauf geachtet werden, dass es nicht möglich ist, die Aufgabe zu lösen, ohne den Wechsel Physik–Mathematik–Physik wenigstens einmal vollzogen zu haben. Offene, komplexe Modellierungsaufgaben, wie sie in der schulischen Mathematikdidaktik gefordert werden, werden i. d. R. auch nicht in Anfängervorlesungen zum Maschinenbau gestellt. Wir wählen deshalb auch hier Aufgaben, die bereits an einem „Realmodell“ ansetzen, das auch im Maschinenbau Verwendung findet (vgl. LEISS et al., 2010), und die Studierenden nicht dadurch überfordern, dass selbstständig weitreichende Idealisierungen und Annahmen zu treffen sind. Weiterhin

soll die Fähigkeit, Aufgaben mit gegebenem Realmodell lösen zu können, ausgebaut werden.

### **Übersichtlich und kognitiv angemessen („Übersichtlich“)**

Die Studierenden dürfen nicht allein durch die Textmasse abgeschreckt werden, die Aufgabe zu bearbeiten, stattdessen ist es angebracht, stilistische Mittel wie z. B. Bilder oder Skizzen einzubauen und die Aufgabenstellung möglichst kurz und präzise zu formulieren. Als groben Richtwert sollte man versuchen, nicht mehr als eine DIN-A4-Seite zu füllen, so dass nicht umgeblättert werden muss. Natürlich muss zudem die Schwierigkeit der Aufgabe angemessen sein, allerdings nicht nur im mathematischen Teilbereich, sondern insbesondere auch im technischen und physikalischen. Im optimalen Fall wurden die technischen Aspekte bereits in einer Fachvorlesung behandelt, bevor die Aufgabe gestellt wird. So ergibt sich zugleich auch ein Wiederholungseffekt.

### **Abgeschlossen bzgl. Maschinenbauwissen („Abgeschlossen“)**

Es sollte entweder bekanntes Wissen aus den Maschinenbau-Fachvorlesungen verwendet werden oder man muss Informationen zum physikalisch-technischen Hintergrund der Aufgabenthematik oder eventuell vorgegebener Formeln in der Aufgabe selber vermitteln. Um den Aufgabentext nicht zu überlasten (siehe „Übersichtlichkeit“), besteht eine Möglichkeit darin, diese Informationen in einem Anhang zu erklären. Für die eigentliche Aufgabebearbeitung ist dieser i. d. R. optional für die Studierenden, aber er kann zur Wertschätzung der Authentizität beitragen. Gerade in den ersten Semestern sollten allerdings die Themen so gewählt sein, dass ein Hinweis auf ein Buch oder auf eine gute Internetseite den Anhang auch ersetzen kann. So findet beispielsweise jede/r Studierende zum Thema „Schwerpunkt“ sofort die Formeln und gute Erklärungen im Internet und hat die Möglichkeit, sich auf eigenen Wunsch hin in kürzester Zeit weiter zu informieren. Im didaktischen Kontrakt muss nur klar sein, dass diese Bearbeitungsstrategien erwünscht und erforderlich sind.

## **Prototyp- und Ankerbeispielaufgabe für Mathematik und / oder Maschinenbau („Übertragbar“)**

Im besten Falle dienen die Aufgaben den Studierenden später als Gedankenbrücke bei anderen Aufgaben ähnlichen Typs. Dieser Punkt lässt sich nur schwer bei der Aufgabenkonstruktion erzwingen, allerdings dient er im Nachhinein als ein zusätzliches Qualitätsmerkmal.

# **3 Die Laserstrahl-Aufgabe**

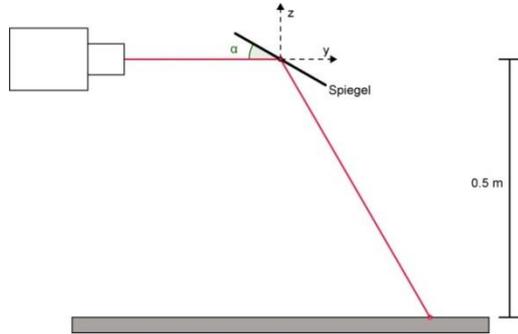
## **3.1 Überblick**

Im Folgenden wollen wir uns zunächst eine nach diesem Konzept konstruierte Aufgabe näher ansehen. Diese steht stellvertretend für alle anderen. Weitere Aufgaben (mit Lösungen) werden in der jeweils neusten Version des khdm-Reports von WOLF & BIEHLER (2014) veröffentlicht. Hier finden sich beispielsweise die Aufgaben „Halfpipe“ (Integralrechnung), „Pendeluhr“ (Folgen und Reihen) und „Heißer Stahl“ (Differentialgleichungen).

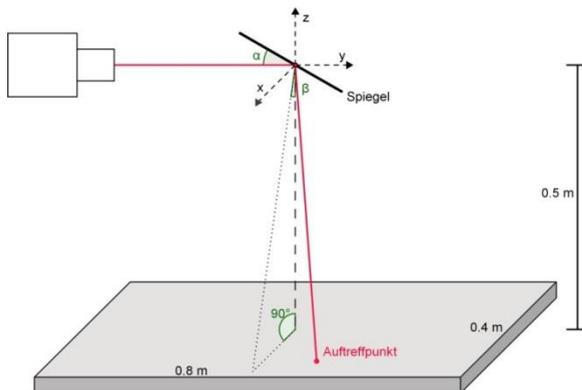
## **3.2 Die Laserstrahl-Aufgabe**

Mittels eines Lasers soll eine Metallplatte graviert werden. Aus praktischen Gründen wird nicht der Laser selbst bewegt, sondern nur ein Spiegel, über den der Laserstrahl weitergeleitet wird. Zu diesem Zweck soll eine Maschine konstruiert werden, die den Spiegel ausrichtet. Der Spiegel wurde mittig über der Platte angebracht.

- a) Zunächst soll nur eine einzelne Linie in die Platte graviert werden. Die Entfernung zwischen der Drehachse des Spiegels und der Platte beträgt 50 cm, wobei der Spiegel nur um die x-Achse gedreht werden kann (siehe rechte Skizze). Dieser Drehwinkel wird mit  $\alpha$  bezeichnet. Bestimmen Sie den Auftreffpunkt des Laserstrahls auf die Platte in Abhängigkeit vom Drehwinkel  $\alpha$  !



- b) Die Platte ist 80 cm breit und der Laserstrahl soll sich dem Rand nicht mehr als 10 cm nähern. Welche Werte sind in der Teilaufgabe a) für  $\alpha$  sinnvoll bzw. erlaubt?
- c) Um die komplette Platte treffen zu können, kann der Spiegel nun zusätzlich auch um die y-Achse rotieren. Dieser Drehwinkel wird mit  $\beta$  bezeichnet. Geben Sie den Auftreffpunkt des Laserstrahls auf die Platte in Abhängigkeit von  $\alpha$  und  $\beta$  an!



- d) Beachten Sie, dass die Platte 80 cm breit und 40 cm lang ist, und dass ein Abstand von 10 cm zu allen Rändern eingehalten werden soll! Welche Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  sind in Teilaufgabe c) also sinnvoll bzw. erlaubt?

### 3.3 Erläuterungen zur Aufgabe

Erläuterungen zur Konstruktion mittels des Konzepts sowie zu den Lernzielen und Voraussetzungen dieser Aufgabe finden sich in WOLF & BIEHLER (2014) und würden an dieser Stelle den Rahmen sprengen.

## 4 Die Aufgabenakzeptanzstudie und ihre Ergebnisse

### 4.1 Durchführung der Studie – Datenerhebung

Im Wintersemester 2013/2014 führte das Projektteam eine Begleitstudie an der Universität Paderborn durch. Die Ziele bestanden darin, die Intervention durch das Einsetzen der Anwendungsaufgaben hinsichtlich zweier Aspekte zu testen:

- Studie 1 (Aufgabenakzeptanz-Studie): Subjektiver Aspekt: Wie bewerten die Studierenden die Aufgaben?
- Studie 2: Objektiver Aspekt: Welche messbaren Effekte ergaben sich durch das Einsetzen der Aufgaben, z. B.: hinsichtlich
  - erhöhter Studienmotivation
  - besserer Relevanzeinschätzung der Mathematik
  - leichteren / besseren Verständnisses der mathematischen Inhalte

Gegenstand der Studie war die Vorlesung „Mathematik 1 für Maschinenbauer“ an der Universität Paderborn. Auf Grund der hohen Teilnehmerzahlen wurde die Vorlesung zweimal von Prof. Dr. H. Winkler gehalten. Insgesamt nahmen 750 Studierende an der Studie teil, davon 305 Maschinenbauer/innen (MB), 413 Wirtschaftsingenieurinnen und -ingenieure (WING) und 32 aus dem Chemieingenieurwesen (CIW).

In Studie 1 wurde jeweils einer Auswahl von Studierenden (je nach Aufgabe lag  $N$  zwischen 50 und 73) ein Fragebogen zu der von ihnen bearbeiteten Anwendungs-

aufgabe vorgelegt. Diese Übungsgruppen wurden aus organisatorischen Gründen gewählt und haben ansonsten keinen nennenswerten Zusammenhang. Es wurden jeweils alle anwesenden Studierenden einer Übungsgruppe gebeten, die Umfragen auszufüllen. Im Laufe der Studie wurden auch die anderen Übungsgruppen zu den weiteren Anwendungsaufgaben befragt, so dass jeder Student und jede Studentin maximal drei bis vier Umfragebögen über das ganze Semester verteilt ausfüllen musste.

Diejenigen, die die Aufgaben nicht bearbeitet haben, wurden nach ihren Gründen befragt. Nur wenige Teilnehmer/innen gaben an, dass sie die Anwendungsaufgabe nicht bearbeitet haben (im Falle der Laserstrahl-Aufgabe waren es nur 8,3 % der Stichprobe), und der häufigste genannte Grund war Zeitmangel.

Studie 2 konnten wir in einem quasi-experimentellen Design durchführen. Der gleiche Dozent hielt dieselbe Vorlesung zweimal vor jeweils etwa 300 Studierenden. Nur in einer der Gruppen wurden die Anwendungsaufgaben eingesetzt. In beiden Gruppen wurden Einstellungen und Motivation zu Semesterbeginn und zum Semesterende gemessen. Wir berichten in dieser Arbeit nur über die Studie 1 und konzentrieren uns auf Ergebnisse zur Laserstrahl-Aufgabe.

Eine Vorlesung wurde nur von den MB-Studierenden und die andere nur von WING- und CIW-Studierenden besucht. Inhaltlich und organisatorisch waren die Vorlesungen und Übungen identisch. Jede Woche waren die Studierenden aufgefordert, an den Präsenzübungen teilzunehmen und bis zur nächste Woche zu Hause Heimübungen zu lösen. Hier lag der einzige Unterschied zwischen den beiden Kohorten vor: Die MB-Studierenden erhielten etwa alle zwei Wochen eine unserer Anwendungsaufgaben als Heimübung, während die restlichen Studierenden eine klassische Mathematikaufgabe lösen sollten. Die Abgaben waren zwar freiwillig, jedoch konnte man Bonuspunkte sammeln, die die Klausurnote sogar über die Bestehensgrenze heben konnte. Dies wirkte anscheinend sehr motivierend, da regelmäßig und reichhaltig die Bearbeitungen zur Korrektur eingereicht wurden.

Wie bereits erwähnt, bestand die Studie aus drei Teilen. Zu Beginn des Wintersemesters 2013/14 wurden sämtliche Besucher/innen der „Mathematik 1 für Maschi-

nenbauer“ gebeten, einen Umfragebogen auszufüllen. Neben dem dreischrittigen Code, der es möglich macht, im späteren Verlauf weitere Umfragen auf anonymem Wege der gleichen Person zuzuordnen, wurden die Studierenden nach Geschlecht, Staatsangehörigkeit, Alter, schulischem Hintergrund, Studiengang, Studiums- / Fachmotivation, Einstellungen zur Mathematik und ihrem Lernverhalten befragt.

Die meisten Übungen waren gut besucht (bis zu 30 Teilnehmer/innen) und die Abgaben der Hausübungen erfolgten regelmäßig und zahlenmäßig wie erhofft. Wir ließen zu jeder Anwendungsaufgabe aus jeder Übungsgruppe jeweils etwa zwei gute, zwei mittlere und zwei eher schlechte studentische Lösungen einscannen, um auch im Nachhinein die Fehler und Vorgehensweisen analysieren zu können. Des Weiteren wurden die Studierenden von jeweils drei Übungsgruppen zu Beginn der Übung (nach dem Austeilen der korrigierten Abgaben) gebeten, kurze Umfragebögen auszufüllen. Hier ging es in erster Linie um die Einstellungen der Studierenden zu der jeweiligen Aufgabe, ob sie sie als authentisch oder künstlich einstufen, ob sie motivierend wirkte und verständlich formuliert war.

Zum Ende des Semester, also Anfang Februar 2014, wurden alle Teilnehmer/innen der Vorlesungen gebeten, den Endfragebogen auszufüllen. Da, wie bereits erwähnt, die WING- und die MB-Studierenden je eigene (aber an sich identische) Mathematik-Vorlesungen besuchten, konnten wir den Endfragebogen in zwei Versionen erstellen. Beide Gruppen wurden nach ihrem Studierverhalten, der Relevanzeinschätzung der Mathematik, der Anwendbarkeit der einzelnen Themen der Mathematikveranstaltung, ihrer Motivation, ihren Einstellungen zu den Übungsaufgaben, der Nützlichkeit der Vorlesung, ihrem Lernverhalten und der Verzahnung Mathematik / Ingenieurwissenschaften befragt. Die Maschinenbaustudierenden wurden zusätzlich noch speziell nach den Anwendungsaufgaben gefragt, wobei es hier um ihre Einstellungen und ihr Erinnerungsvermögen zu diesen ging.

## 4.2 Forschungsfragen und Instrumente für die Akzeptanzstudie

Unsere zentralen Forschungsfragen lauten:

- Entspricht die Aufgabe laut Einschätzung der Studierenden dem Konzept?
  - Wird der Anwendungsbezug als authentisch wahrgenommen?
  - War die Aufgabe übersichtlich bzw. verständlich gestellt?
  - Hilft die Aufgabe, die Modellierungsfähigkeit zu schulen?
- Wird die Aufgabe von den Studierenden gut angenommen?

Die Konzeptpunkte „Themenorientiert“ und „Abgeschlossen“ konnten objektiv beurteilt werden und wurden daher nicht quantitativ untersucht. Die „Übertragbarkeit“ wurde im Rahmen dieser Aufgabenbefragung nicht geprüft.

Für Studie 1 wurde dazu ein Fragebogen mit 27 Items entwickelt, unter Mitwirkung von Didaktikerinnen/Didaktikern, Fachmathematikerinnen/-mathematikern und Psychologinnen/Psychologen. Unsere Items lassen sich zu folgenden Gruppen zusammenfassen.

1. Beurteilung des Schwierigkeitsgrades der Aufgabe (3 Items)
2. Beurteilung der Qualität des Anwendungsbezuges (7 Items)
3. Verständnis des Anwendungsbezuges der Mathematik (2 Items)
4. Beitrag zur Modellierungsfähigkeit (3 Items)
5. Motivierender Charakter der Aufgabe (5 Items)
6. Gründe zur Ablehnung der Aufgabe (7 Items und individuelle Angaben)

Weiterhin wurde gefragt, wie viele Punkte die Studierenden pro Aufgabenteil erhalten haben und wie lange sie die Aufgabe bearbeitet haben. Ferner wurden schriftliche Einschätzungen und Verbesserungsvorschläge zur Aufgabe erbeten.

Wir werfen nun einen Blick auf die Ergebnisse.

### 4.3 Ergebnisse der Akzeptanzstudie

Es wurden 72 Studierende zu dieser Aufgabe befragt. Die auf den einzelnen Grafiken angegebenen Zahlen  $N$  entsprechen den jeweils gültigen Antworten.

#### 4.3.1 Schwierigkeitsgrad

Auf einer Skala von 1 (sehr schwer) bis 6 (sehr leicht) wurde diese Aufgabe im Median mit 3 bewertet. Für eine Aufgabe, die die Studierenden herausfordern soll, war dieses Ergebnis auch gewünscht. Bei einer Unterteilung in die Erstellung eines mathematischen Lösungsansatzes für den Anwendungsbezug und in der Lösung dieses Ansatzes zeigte sich, dass beides etwa gleich schwer bewertet wurde (siehe Abb. 2). Alle diese Werte sind absolut akzeptabel. Die Items lauteten: „Den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe bewerte ich insgesamt mit:“, „Die Entwicklung eines mathematischen Lösungsansatzes aus dem gegebenen Anwendungsbezug heraus bewerte ich mit:“ und „Die Entwicklung einer mathematischen Lösung zu dem mathematischen Ansatz bewerte ich mit:“.

$N=58$	1	2	3	4	5	6	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	sd
	% (gerundet)						(gerundet)		
Schwierigkeitsgrad	2	38	57	3	0	0	3	2,6	0,6
Ansatzentwicklung	0	12	48	29	9	2	3	3,4	0,9
Mathe. Lösungsentwicklung	0	16	31	40	12	2	4	3,5	1

Abb. 2: Analyse des Schwierigkeitsgrades, Skala von 1 (sehr schwer) bis 6 (sehr leicht)

### 4.3.2 Beurteilung der Qualität des Anwendungsbezuges

Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, haben die Studierenden im Hinblick auf den Anwendungsbezug klar bestätigt, dass dieser als authentisch zu werten ist und dass hier kein mathematisches Problem künstlich eingekleidet wurde. Dies ist von zentraler Bedeutung, da dies einer der wichtigsten Ansprüche an die Aufgabe unsererseits war und ist. Erwähnenswert ist zudem, dass der Anwendungsbezug nicht abschreckend wirkt, sondern, ganz im Gegenteil, sogar das Interesse an der Aufgabe wecken konnte. Dass er keine völlig neue Anwendung der trigonometrischen Funktionen zeigen konnte und dass die Aufgabe kaum interessant hinsichtlich Tätigkeiten außerhalb des Studiums ist, war von vornherein zu erwarten und sollte nicht als Kritik an der Aufgabe verstanden werden.

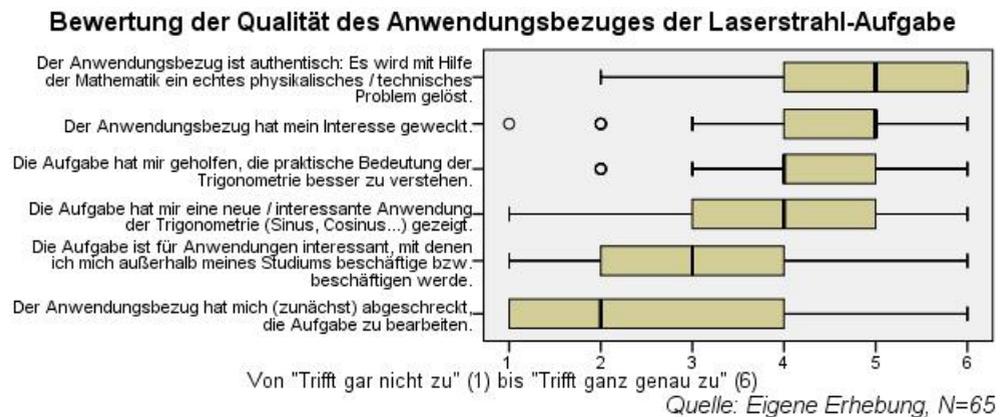


Abb. 3: Analyse der Qualität des Anwendungsbezuges. Das Item „Der Anwendungsbezug ist künstlich“ wurde nicht aufgelistet, da es nur invers zu „authentisch“ bewertet wurde.

### 4.3.3 Beitrag zur Modellierungsfähigkeit

Eine positive Einschätzung ist in der Abbildung 4 zu sehen, in der gefragt wird, ob die Aufgabe die praktische Bedeutung und Anwendbarkeit der Trigonometrie aufzeigt und das Gefühl vermittelt, die Fähigkeit zu verbessern, Aufgaben mit techni-

schem / physikalischem Anwendungsbezug im Allgemeinen bearbeiten zu können. Diese Punkte sollen von den Konzeptaufgaben unterstützt werden, daher ist auch dieses Ergebnis erfreulich und weist die Modellierungsorientiertheit der Aufgabe (im Sinne des Konzepts) nach. Weiterhin ist zu erkennen, dass die Aufgabe aus Sicht der Studierenden einen Beitrag zur Modellierungsfähigkeit leistet, da sie angeben, dass die Aufgabe geholfen hat, die praktischen Probleme mit der Trigonometrie zu lösen, und dass sie die Fähigkeit verbessert, Aufgaben mit physikalischem / technischem Kontext mathematisch zu bearbeiten.

N=66	1	2	3	4	5	6	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	sd
	% (gerundet)						(gerundet)		
Praktische Probleme lösen	3	5	12	36	36	8	4	4,2	1,1
Fähigkeit verbessert	0	6	17	30	42	5	4	4,2	1

Abb. 4: Beitrag zur Modellierungsfähigkeit, Skala von 1 „trifft gar nicht zu“ bis 6 „trifft ganz genau zu“

#### 4.3.4 Gesamtbewertung und Verständlichkeit der Aufgabe

Rund 64 Prozent der Befragten haben die Aufgabe insgesamt mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet, was ein erfreuliches Ergebnis darstellt. Die gesamte Verteilung ist in Abbildung 5 dargestellt.

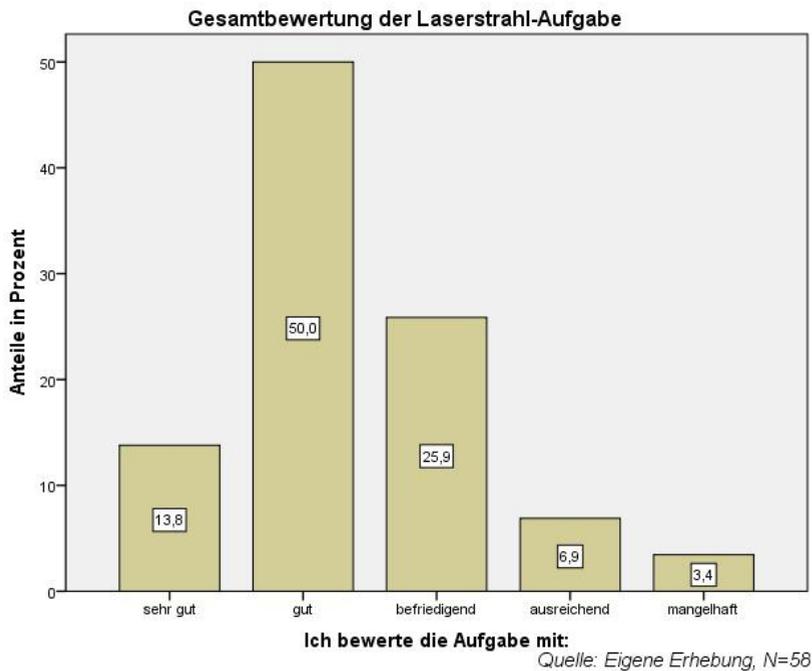


Abb. 5: Gesamtbewertung. Mit einer Standardabweichung von 0,93 liegt der Median bei 2,0 (= „gut“) und das arithmetische Mittel bei 2,36.

Überaus deutlich zeigt sich, dass die Skizzen als sehr hilfreich bewertet wurden. Auch die Aufgabenstellung wurde erfreulicherweise als verständlich formuliert angesehen, so dass, abgesehen von kleineren Ergänzungen, die Aufgabenstellung so belassen werden kann (siehe Abb. 6). Die Likert-Skala geht hier von „trifft gar nicht zu“ (1) bis „trifft ganz genau zu“ (6).

N=66	1	2	3	4	5	6	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	sd
	% (gerundet)						(gerundet)		
Skizzen hilfreich	2	3	5	5	29	58	6	5,3	1,1
Formulierung verständlich	0	3	11	14	41	32	5	4,9	1,1

Abb. 6: Bewertung der Aufgabenstellung

#### 4.3.5 Motivierender Charakter der Aufgabe

Schaut man sich den motivierenden Charakter der Aufgabe näher an (siehe Abb. 7), so zeigt die Befragung, dass die Bearbeitung der Aufgabe die Studierenden gut herausgefordert hat. Weitere Faktoren wie „Spaß“ und der „besondere Eindruck“ verhalten sich relativ neutral, was nicht verwundert. Im Vergleich zu den anderen Auswertungen kann man sich relativ sicher sein, dass der „besondere Eindruck“ wohl meist als ein positiver Eindruck verstanden wurde.

N=65	1	2	3	4	5	6	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	sd
	% (gerundet)						(gerundet)		
Gut herausgefordert	0	3	11	32	38	17	5	4,6	1
Gefesselt	12	23	28	26	11	0	3	3	1,2
Besonderer Eindruck	3	17	32	23	14	12	3	3,6	1,3
Spaß	8	14	31	29	12	8	3	3,5	1,3

Abb. 7: Analyse des motivierenden Charakters. Skala von 1 „trifft gar nicht zu“ bis 6 „trifft ganz genau zu“

Ferner haben wir die Frage gestellt: „Statt dieser Anwendungsaufgabe hätte ich mir lieber eine Mathematikaufgabe gewünscht, in der ich die mathematischen Inhalte für sich üben kann“. Eines der interessantesten Ergebnisse der Befragung zeigt sich darin, dass eine deutliche Mehrheit von 86,76 % der Studierenden diese Frage verneint.

#### **4.3.6 Bearbeitungsdauer und Punkteverteilung**

Die Aufgabe wurde insgesamt sehr erfolgreich bearbeitet (17 von 18 möglichen Punkten im Median bei einer Standardabweichung von 3,4 Punkten). Es haben über 90 % der Studierenden mehr als zwei Drittel der Punkte erhalten.

Eine Analyse der Bearbeitungsdauer zeigte, dass sich die meisten Studierenden etwa zwei Stunden mit der Aufgabe beschäftigt haben (Median ist 2 mit Standardabweichung 1,3). Dies ist ein durchweg wünschenswertes Ergebnis, da die Aufgabe für diese Bearbeitungszeit konzipiert wurde.

#### **4.3.8 Lob, Kritik und Kommentare**

Die Studierende hatten die Gelegenheit, Lob und Kritik an der Aufgabe zu äußern. Lobend wurden insbesondere der Anwendungsbezug / Praxisbezug, die klare Aufgabenstellung, die Veranschaulichung durch die Skizzen und die langsame Steigerung des Schwierigkeitsgrades innerhalb der Aufgabe erwähnt. Die Kritik bezog sich vor allem auf kleinere Mängel in der Aufgabenstellung, die bereits für den nächsten Durchlauf behoben wurden. Diejenigen, die eine reine Mathematikaufgabe vorziehen würden, d. h. gerade einmal 13,24 % der Befragten, gaben häufig in den Kommentaren als Grund an, dass in der Klausur keine Anwendungsaufgaben vorkommen würden und daher reine Mathematikaufgaben besser zur Klausurvorbereitung geeignet wären.

Viele der zusätzlich geforderten Begründungen zu den Bewertungen der Aufgabe zielten inhaltlich auf den gleichen Aspekt ab. Wir wollen daher diesen Abschnitt mit zwei repräsentativen Studierendenkommentaren zur Laserstrahl-Aufgabe abschließen:

*„Beispiele mit Bezug zur Realität helfen mir beim Ansatz zum Lösen, da ich mir die Problemstellung vorstellen kann. Ich stand auch während des Lösungsweges mit einer Taschenlampe vorm Spiegel, um mein Ergebnis zu kontrollieren.“*

*„Anwendungsaufgaben helfen, die mathematische Theorie auf reale Probleme zu übertragen. Die Verknüpfung mathematischer Vorgänge mit physikalischen Hintergründen ist grundlegend für das weitere Studium. Diese Fähigkeit muss weiter gefördert werden.“*

## **5 Ausblick**

Das Konzept und die Aufgaben wurden bisher hauptsächlich für die Mathematikveranstaltungen der ersten zwei Semester für Maschinenbauer/innen konstruiert. Einer Ausweitung des Konzepts auf andere Ingenieurstudiengänge steht jedoch nichts im Wege, da die Konstruktionsprinzipien für andere Fachbereiche nahezu identisch bleiben können.

Die vorgestellte Innovation hat den Vorteil, dass sie kostengünstig und, sofern die Aufgaben einmal zur Verfügung stehen, wenig zeitaufwendig ist. Sowohl konventionelle als auch methodisch innovative Lehrveranstaltungen können das Konzept und die Aufgaben aufgreifen und verwenden, um den Studierenden die Relevanz der Mathematik für ihr Studium und ihr Fach näherzubringen.

Die Auswertung der erwähnten Studie, insbesondere hinsichtlich des Vergleiches zwischen den Maschinenbauerinnen/Maschinenbauern und den Wirtschaftsingenieurinnen/Wirtschaftsingenieuren, ist derzeit in Arbeit. Des Weiteren soll das Konzept weiter optimiert und die entwickelten (und sich noch in der Entwicklung befindenden) Aufgaben erprobt und analysiert werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- Alpers, B.** (2001). Mathematical Application Projects for Mechanical Engineers - Concept, Guidelines and Examples. In M. Borovcnik & H. Kautschitsch (Hrsg.), *öbv&hpt, Technology in Mathematics Teaching, Proc. of ICTMT 5 in Klagenfurt 2001* (S. 393-396). Wien.
- Brousseau, G.** (1997). *Theory of didactical situations in mathematics 1970-1990*. Dordrecht: Kluwer.
- Krapp, A.** (1998). Entwicklung und Förderung von Interesse im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 44, 185-201.
- Leiss, D., Schukajlow, S., Blum, W., Messner, R. & Pekrun, R.** (2010). The Role of the Situation Model in Mathematical Modelling-Task Analyses, Student Competencies, and Teacher Interventions. *JMD*, 31(1), 119-141.
- Maaß, K.** (2010). Classification Scheme for Modelling Tasks. *JMD*, 31(2), 285-311.
- Oevel, G., Henning, M., Hoppenbrock, A., Kortemeyer, J. & Mertsching, B.** (2014). Werkstattbericht der Arbeitsgruppe „Mathematik in den Ingenieurwissenschaften“. In T. Wassong, D. Frischemeier, P. R. Fischer, R. Hochmuth & P. Bender (Hrsg.), *Mit Werkzeugen Mathematik und Stochastik lernen – Using Tools for Learning Mathematics and Statistics* (S. 471-486). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Roosch, A., Kiss, A. & Härterich, J.** (2014). Brauchen Ingenieure Mathematik? – Wie Praxisbezug die Ansichten über das Pflichtfach Mathematik verändert. In I. Bausch et al. (Hrsg.), *Mathematische Vor- und Brückenkurse – Konzepte, Probleme und Perspektiven* (S. 398-409). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Wolf, P. & Biehler, R.** (2014). Anwendungsorientierte Aufgaben für die Erstsemester-Mathematik-Veranstaltungen im Maschinenbaustudium. *khdm-Report 03-14*. Kassel: Universitätsbibliothek Kassel. <https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/handle/urn:nbn:de:hebis:34-2014013144836>, Stand vom 2. April 2014.

## Autoren



Dipl.-Math. Paul WOLF || Universität Paderborn, Institut für Mathematik und Kompetenzzentrum Hochschuldidaktik Mathematik || Warburger Straße 100, D-33098 Paderborn

<http://lama.uni-paderborn.de/personen/paulwolf.html>

[wolf@khdm.de](mailto:wolf@khdm.de)



Prof. Dr. Rolf BIEHLER || Universität Paderborn, Institut für Mathematik und Kompetenzzentrum Hochschuldidaktik Mathematik || Warburger Straße 100, D-33098 Paderborn

<http://lama.uni-paderborn.de/personen/rolf-biehler.html>

[biehler@math.upb.de](mailto:biehler@math.upb.de)