



TU Clausthal



Institut für
Technische Mechanik

Bewerbung um den Lehrpreis 2014

Simulationsmethoden in den Ingenieurwissenschaften

PROFESSOR DR. GUNTHER BRENNER

CHRISTIAN-HENRIK WALTER

FAKULTÄT FÜR MATHEMATIK/INFORMATIK UND
MASCHINENBAU

INSTITUT FÜR TECHNISCHE MECHANIK
ABTEILUNG FÜR STRÖMUNGSMECHANIK

GUNTHER.BRENNER@TU-CLAUSTHAL.DE

(05323) 72-2515

CHW@TU-CLAUSTHAL.DE

(05323) 72-3522

FÜR DIE STUDIENGÄNGE
BACHELOR VERFAHRENSTECHNIK/CHEMIEINGENIEURWESEN
MASTER ENERGIESYSTEMTECHNIK
MASTER MASCHINENBAU

Inhaltsverzeichnis

Bewerbung um den Lehrpreis 2014	1
Simulationsmethoden in den Ingenieurwissenschaften	1
1. Ausgangslage	3
2. Konzept & Ziele.....	5
3. Struktur der Veranstaltung	7
4. Evaluation, Dokumentation und Nachhaltigkeit.....	8
5. Mittelverwendung	9

1. Ausgangslage

Entwicklungen in Industrie und Forschung sind heutzutage ohne den Einsatz von Berechnungsmethoden nicht mehr denkbar. In Folge werden Ingenieure in ihrem Berufsleben in zunehmendem Maße mit diesem Thema konfrontiert. Als Entwicklungsingenieur sind sie Anwender von Programmen und müssen somit über ausreichende Expertise verfügen um die vielfältigen Möglichkeiten dieser Methoden ausnutzen zu können. Als Führungskräfte müssen sie Entscheidungen treffen, die oft auf Ergebnissen von Simulationen basieren. Dies setzt wiederum voraus, dass sie Ergebnisse von Berechnungen sinnvoll bewerten können. Beides setzt neben fachspezifischem bzw. technischem Erfahrungswissen grundlegende Kenntnisse in simulationsspezifischen Themen (numerische Mathematik, Informatik etc.) voraus. Vor diesem Hintergrund wurde beschlossen, im Zuge der Neugestaltung der Studiengänge des Maschinenbaus und der Verfahrenstechnik das Thema "Simulationsmethoden in den Ingenieurwissenschaften" als verpflichtenden Bestandteil im Bachelor oder Master zu etablieren. Das Ziel der Veranstaltung ist es, den Studierenden einen Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten von Berechnungsmethoden mit Industriestandard in Maschinenbau und Verfahrenstechnik zu geben. Dabei wird bewusst darauf verzichtet, Detailwissen um methodische Einzelheiten zu vermitteln. Vielmehr sollen die Studierenden erlernen, diese Methoden aus der potentiellen Sicht eines Entwicklungsingenieurs kennen zu lernen und in diesem Ergebnisse zu erarbeiten und zu bewerten. Organisatorisch ist die Veranstaltung am Institut für Technische Mechanik und dem Simulationswissenschaftlichen Zentrum angesiedelt.

Die Veranstaltung war bisher zweigeteilt: In einer mehrwöchigen Vorlesungsphase wurden die grundlegenden Prinzipien und Vorgehensweisen bei einer Simulation behandelt. Dabei wurden Simulationsmethoden aus verschiedenen Ingenieursdisziplinen vorgestellt. Ebenso kamen Grenzen und Möglichkeiten angesichts endlicher Rechenleistung und mathematischer Verfahren zur Lösung von Problemen zur Sprache.

Im zweiten Teil der Veranstaltung führten die Studierenden im Computerraum des Instituts diverse Simulationen am Computer unter Anleitung von Assistenten durch. Die Prüfungsleistung bestand aus einer als Gruppe zu erarbeitenden Simulation, die in Form eines Abschlussberichts dokumentiert und benotet wurde, sowie aus einer mündlichen Prüfung.

Dieses Konzept weist einige Probleme auf:

- Die Unterweisung in der Bedienung des Simulationsprogramms findet frontal statt. Die Lehrenden erläutern die Bedienung der Software am Computer mittels Projektion. Die Studierenden vollziehen an Ihren Arbeitsplätzen die einzelnen Arbeitsschritte nach. Sie müssen sich mit Ihrer Arbeitsgeschwindigkeit genau an die Vorführung der Lehrenden halten. Wie die Erfahrungen der anwesenden Assistenten zeigt, ist die Vorführung für einige Studierende zu schnell, für andere zu langsam. Einige Studierende können nicht mehr folgen, die Übung wird unterbrochen um individuell zu helfen. Bei dieser Methode erleben die Studierenden oftmals Frustration, da ihr individuelles Lerntempo keine Berücksichtigung findet. Die Langsamen werden

abgehängt, die Schnelleren langweilen sich, besonders in Zwangspausen, die durch die erste Gruppe verursacht werden.

- Mit steigenden Studierendenzahlen an der Universität hat sich die Teilnehmerzahl vom zweistelligen in den dreistelligen Bereich entwickelt. Das Betreuungsverhältnis verschlechtert sich.
- Die Studierenden sind an Ort und Zeit der Übungen gebunden. Mit steigender Teilnehmerzahl, aber begrenzter Raumkapazität führt dies bei immer mehr Studierenden zu Überschneidungen.
- Das Wissen um die Bedienung veraltet mit der Software und verliert seinen Wert. Die verwendeten Übungs- und Projektaufgaben konzentrieren sich relativ stark auf die Bedienung.
- Um den steigenden Studierendenzahlen gerecht zu werden ist ein zunehmender personeller Aufwand erforderlich, was zu erheblichen Kosten führt. Auch aus diesem Grund muss über andere Lehrformen nachgedacht werden um die Lehrqualität aufrecht zu erhalten.

Die geplanten Änderungen betreffen alle Studierenden, die an dieser Veranstaltung teilnehmen müssen. Das Konzept wird für die Veranstaltung Simulationsmethoden in den Ingenieurwissenschaften erprobt.

2. Konzept & Ziele

Die Umstellung der Veranstaltung basiert auf der Verwendung von Lehrvideos. Dies ermöglicht den Studierenden ihr Lerntempo selbst zu bestimmen. Begleitend dazu werden Sprechstunden angeboten. Im Verbund dieser Angebote können die Studierenden nun auch Ort und Zeit der Bearbeitung wählen und ihre Stundenpläne entflechten. Das Simulationsprogramm kann dafür auf den privaten Rechnern installiert werden. Die Studierenden können sich durch Recherche und spielerisches Ausprobieren zusätzliche Kenntnisse selbstständig aneignen. Die Freiheit bei der Ausgestaltung der Lernsituation soll das Selbststudium anregen. Wir wollen so dazu ermutigen die vorgezeichneten Pfade zu verlassen.

Diese flexible Gestaltung gestattet es, die Hilfestellung in den Sprechstunden ohne Zeitdruck zu geben. Die Nachfragen der Studierenden sind nun keine (von anderen Studierenden teils unerwünschte) Unterbrechung, sondern der Mittelpunkt der Sprechstunden. Die Studierenden werden Ihre Prüfungsleistung in Form einer Projektpräsentation erbringen. Die Projektaufgaben werden dabei in Gruppen bearbeitet, die vom Institut verbindlich festgelegt werden. Diese Auswahl erfolgt nach Möglichkeit im Sinne einer kulturellen Durchmischung. Die persönliche Komfortzone soll dabei verlassen und die Arbeitsweisen des Berufslebens geübt werden.

Der praktischen Anwendung wird mehr Zeit eingeräumt. Die Vorlesung wird auf drei Termine beschränkt, in denen zentrale Inhalte vorgestellt werden.

Bei den Lehrvideos sind mögliche Lernhürden der Studierenden zu antizipieren und bei der Gestaltung zu berücksichtigen. Die Videos müssen geplant, inhaltlich gestaltet und für angemessene Qualität im Rechenzentrum aufgenommen werden. Für die Sprechstunden sind Studierende als wissenschaftliche Hilfskräfte einzustellen. Diese müssen geschult und auf Ihre Aufgabe vorbereitet werden. Betroffen sind die Ingenieursstudiengänge Maschinenbau und Verfahrenstechnik mit ihren diversen Vertiefungsrichtungen. Für sie ist die Teilnahme an der Veranstaltung verpflichtend. Vertiefende Vorlesungen (z.B. Einführung in die Finite Elemente Methode, Numerische Strömungsmechanik, [Höhere FEM-Simulation mit ANSYS](#), [Modellierung und Simulation verfahrenstechnischer Systeme](#), [Stationäre Simulation mit Aspen Plus](#) etc.) profitieren von dem Vorwissen und höheren Niveau der Studierenden.

Dieses Basiskonzept wird in diesem Wintersemester (2013/14) erstmals erprobt, löst aber nur einen Teil der genannten Defizite. Daher wollen wir weitere Anstrengungen unternehmen. Dazu gehört als zweite Komponente die Qualität und den Anspruch der Übungen und Aufgaben zu steigern.

Da das Wissen um die detaillierte Bedienung von Software seinen Wert schnell verliert, ist es unser Ziel, die Aufgaben nach dem plakativen Motto „weniger Klicken, mehr Denken“ weiterzuentwickeln. Von Hilfskräften vorbereitete Übungsaufgaben sollen das Anforderungsniveau vom Anwenden der Programmkenntnisse hin zum Analysieren, Konzipieren, Bewerten und Beurteilen verschieben und hier den wesentlichen Schwerpunkt bilden. Diese Kenntnisse sind relativ unabhängig von Programmen und veralten nicht wie

diese. Dennoch erfordern neue Generationen von Simulationssoftware eine Erneuerung der Lehrmaterialien. Diese Erneuerung wollen wir aber in möglichst großen Abständen vornehmen. Von exzellent geschulten Mitarbeitern entworfene Übungen und Projekte, deren Bearbeitung wenig Bedienung, aber umso mehr Analyse und Transfer erfordert, leisten dies.

Die Studierenden zu motivieren ist ein wichtiger Aspekt für höhere Lehrqualität. Die Projektaufgaben für die Gruppen stammen aus der Feder des Instituts und sind auf die Rahmenbedingungen der Veranstaltung zugeschnitten. Die Bearbeitung der Aufgaben dient nur dem Erbringen der Prüfungsleistung und findet darüber hinaus keine Verwendung. Wir wollen in der Zukunft durch Aufgaben und Fragestellungen aus der Praxis die intrinsische Motivation fördern. Dazu haben wir beispielsweise Kontakt zu GreenVoltageRacing, dem Clausthaler Formula-Student-Team, aufgenommen. Mit gemeinsam konzipierten, praxisrelevanten Projektaufgaben wollen wir

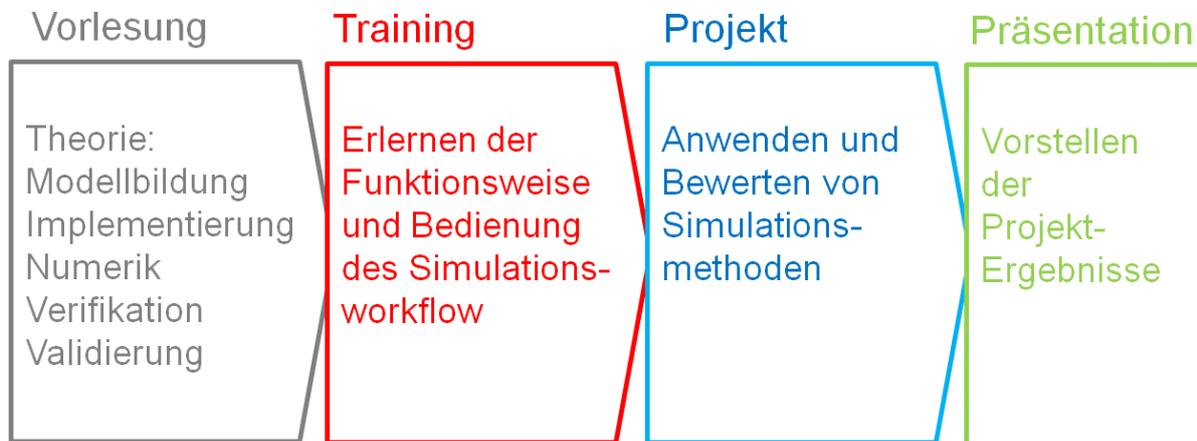
- eine Schnittstelle zu ehrenamtlichem Engagement schaffen,
- den Studierenden zeigen, dass ihre Arbeit gebraucht wird (intrinsische Motivation)
- und Begeisterung für eine anspruchsvolle, aber wundervolle Ingenieurstätigkeit schaffen.

Das Institut beabsichtigt mit angemessenem personellem Aufwand eine effektivere Lehre zu erreichen. Da jeder Studierende sein individuelles Lerntempo verfolgen kann, soll eine breitere Fach- und Methodenkompetenz vermittelt werden. Den Erwerb von sozialer Kompetenz leisten die Studenten im Spannungsfeld von Sprachhürden (und kultureller Unterschiede) und Konfrontation mit anderen Arbeitsweisen.

Aus der Qualität der Projektarbeiten, der Rückmeldung der Sprechstunden-Hilfskräfte und der Studierenden wird das Institut die Güte des Konzeptes beurteilen.

3. Struktur der Veranstaltung

Die Veranstaltung ist zeitlich klar gegliedert. Der theoretische Block in Form der Vorlesung erstreckt sich über drei Wochen. Im Anschluss beginnt der praktische Block mit einer vierwöchigen Trainingsphase. Die Studierenden erhalten insgesamt vier Aufgaben die sie mit Hilfe der Lehrvideos in Gruppen bearbeiten und dies dokumentieren. Danach gibt das Institut Projektaufgaben aus, die bis zum Ende des Semesters zu bearbeiten sind. Die Projektphase endet mit der Präsentation in Form einer Abschlussveranstaltung in der Aula Academica. Die Präsentationen der Studierenden werden von Vorträgen aus der Industrie umrahmt. An diesem „SimDay“ werden die Ergebnisse in Form von Postern präsentiert und von Vorträgen aus der Industrie zum Thema Simulation umrahmt.



Der Aufwand besteht in der einmaligen Produktion der Lehrmittel und ihrer Ausarbeitung. Langfristig zwingen die relativ kurzen Produktlebenszyklen der Simulationsprogramme zur Überarbeitung der Lehrvideos. Der größte zeitliche Aufwand fällt während der Trainingsphase mit der Betreuung der Teilnehmer und dem Training der Hilfskräfte an. Ein neuer, anspruchsvoller Aufgabenkatalog kann von Mitarbeitern und erfahrenen Hilfskräften langfristig erstellt werden.

4. Evaluation, Dokumentation und Nachhaltigkeit

Die Sprechstunden bieten durch verbindliche Einteilung eine persönliche Atmosphäre (maximal zwölf Teilnehmer pro Sprechstunde). Die Studierenden können so leichter ihre Kritik äußern und Verbesserungen anregen. Da die Hauptansprechpartner Kommilitonen sind, gehen wir von einer niedrigen Hemmschwelle für Kritik aus. In der Vergangenheit haben sich die Studierenden besonders im Kontakt mit dem Professor zurückhaltend gezeigt.

Den Lernerfolg der Studierenden können die wissenschaftlichen Hilfskräfte in den Sprechstunden beobachten. Die Anzahl und Art der Rückfragen und die Qualität der bearbeiteten Übungen gibt uns Aufschluss über den Kompetenzerwerb.

Zur Bewertung erhalten die Hilfskräfte einen schriftlich ausgearbeiteten Erwartungshorizont. Die Meinungen der Studierenden und ihre Sichtweise wollen wir mit Feedbackbögen ermitteln, die am Ende der Übungsphase in den Sprechstunden ausgeteilt werden. Darüber hinaus wird eine klassische Evaluation vorgenommen.

Die Anforderungen bei einer Simulation sind vielschichtig. Die Studierenden...

- können ANSYS und die anhängenden Programmen bedienen,
- haben Kenntnis über die Simulationsmethoden (mechanisch-statische Analyse, Modalanalyse, Strömungssimulation, deren Kopplung und statistische Versuchsplanung),
- wenden ihre Bedienkenntnisse zur Modellbildung an,
- analysieren die Aufgabenstellung,
- erstellen Randbedingungen für die Probleme,
- interpretieren die Ergebnisse der Berechnungen,
- bewerten und beurteilen die Ergebnisse im Vergleich mit der Realität,
- erarbeiten zusätzliche Informationen im Umfeld der Aufgabenstellung, z.B. für wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen, und schaffen so zusätzlichen Mehrwert.

Das Konzept lässt sich auf alle Ingenieursvorlesungen übertragen, die einen praktischen Teil mit Softwareanwendung haben.

Da es sich um eine Pflichtveranstaltung handelt und die Studierendenzahlen weiter steigen, können viele Studierende von Verbesserungen, die jetzt angestoßen werden, profitieren.

5. Mittelverwendung

Anspruchsvolle Aufgaben erfordern einerseits eine Erneuerung der Lehrmaterialien in Form von Videos und Aufgaben. Andererseits sind für die Betreuung der Studierenden und die Produktion der Lehrmaterialien exzellent geschulte Mitarbeiter und Hilfskräfte nötig. Die Schulung ist so Fundament und Voraussetzung für die Erstellung von Lehrmaterial. Mit anspruchsvollen, möglichst programmunabhängigen Aufgaben kann die Lehre über größere Zeiträume aktuell gehalten werden. Übungen und Projekte können mit geringerem Aufwand auf neue Programme angepasst werden. Projektaufgaben aus der Praxis, die beispielsweise gemeinsam mit dem Formula-Student-Team oder Industriepartnern erstellt werden, steigern die Motivation.

• Schulungsmaßnahmen Mitarbeiter & Hilfskräfte	5000 Euro
• Weiterentwicklung der Übungen & Projektaufgaben (Hilfskräfte)	3500 Euro
• Erneuerung Lehrvideos (Hilfskräfte)	1500 Euro