



Ernst Otto Fischer-Lehrpreis der TUM

Bewerbung für den Ernst Otto Fischer-Lehrpreis 2012

## **Teamwork Across Disciplines**

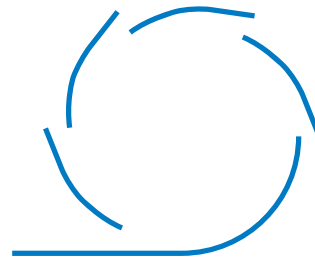
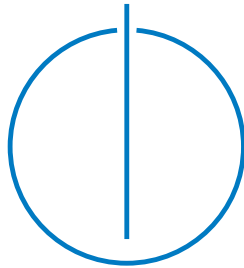
**Interdisciplinarity Meets Supervised Teaching**

Philipp Neumann\*  
Christoph Kowitz

Fakultät für Informatik  
Lehrstuhl für Wissenschaftliches Rechnen

Felix Schraner  
Dmitrii Azarnykh

Fakultät für Maschinenwesen  
Lehrstuhl für Aerodynamik und  
Strömungsmechanik



**15. Juni 2012**

\*Hauptautor / Initiator

# 1 Erfolgreiches Arbeiten in Teams: Herausforderung in Beruf und Ausbildung

Ein Studium an der Technischen Universität München bietet Studenten eine exzellente Ausbildung. Hierbei eröffnet das weitgefächerte Spektrum in Vorlesungen, Praktika und Seminaren den Studenten die Möglichkeit, sich eine individuelle Ausbildungsrichtung zu suchen und sich somit in ihrem Kernfach und verwandten Gebieten tiefstgehend zu schulen. Aufgrund des weitreichenden Studienangebots der Fakultäten besteht eine Vielzahl von inhaltlichen Verzahnungen zwischen verschiedenen Lehrveranstaltungen. Diese Verzahnungen und die Ausbildung der Studenten haben maßgeblich zur Etablierung interdisziplinärer Studiengänge beigetragen – Computational Science and Engineering oder Computational Mechanics bilden zwei Beispiele, welche erfolgreich eine Brücke zwischen der Informatik und den Ingenieurwissenschaften schlagen.

In den interdisziplinären Studiengängen besuchen Studenten zumeist Lehrveranstaltungen verschiedener Fachgebiete, beispielsweise des wissenschaftlichen Rechnens (Informatik) und der Aerodynamik (Maschinenwesen). Jedes Fachgebiet setzt auf die Vermittlung der eigenen Kernkompetenz. Die anderen involvierten Bereiche werden oft angeschnitten, jedoch ist es schwer und stellenweise aufgrund der Komplexitäten und der begrenzten Lehrzeit oft auch nicht möglich, näher auf diese Bereiche einzugehen. Somit werden die Fachinhalte, welche hinter den “Schnittstellen” zu den anderen Disziplinen liegen, gerne als Black-Box betrachtet. Die Studenten haben folglich durch den Besuch verschiedener Lehrveranstaltungen zwar die Möglichkeit, eine Problemstellung und ihren interdisziplinären Charakter aus den Blickwinkeln der verschiedenen Fachbereiche zu beleuchten. Eine intensivere Analyse der Schnittstelle durch eine gemeinsame, verschmolzene Lehrveranstaltung der verschiedenen involvierten Bereiche wird den Studenten – trotz der enormen Wichtigkeit – jedoch nur selten angeboten.

Im späteren Berufsleben ist eine klare Abgrenzung verschiedener Kompetenzen zwischen Disziplinen zudem oftmals nicht gegeben. Somit kann auf dem Arbeitsmarkt derjenige Uni-Absolvent überzeugen, der fachübergreifendes Wissen vorweisen kann *und* an der Schnittstelle zwischen Kompetenzfeldern erfolgreich agieren kann. Eine entsprechende Vorschulung im Rahmen der universitären Ausbildung ist somit von großer Wichtigkeit. In diesem Zusammenhang spielt die Schulung in Bezug auf den interdisziplinären Austausch von Wissen eine besonders wichtige Rolle. Der Transfer von Wissen innerhalb eines interdisziplinär aufgestellten Teams birgt einige Herausforderungen – jeder Experte spricht seine Fachsprache, was den Informationsaustausch erheblich erschwert. Eine weitergreifende Ausbildung der Studenten in diesen Punkten stellt folglich einen wichtigen Baustein in ihrem Studium dar.

## 2 Vorstellung des Konzepts: “Teamwork Across Disciplines: Interdisciplinarity Meets Supervised Teaching”

### 2.1 Allgemeine Formulierung

Das vorliegende Lehrkonzept “Teamwork Across Disciplines: Interdisciplinarity Meets Supervised Teaching” – schematisch dargestellt in Abbildung 1 – versucht, die interdisziplinäre Ausbildung im Studium zu verbessern. Der Fokus liegt hierbei auf der Schulung der Studenten *direkt an der Schnittstelle zwischen zwei Fachbereichen*, wobei beide Fachbereiche gleichzeitig beleuchtet werden. Ein Team-basierter Ansatz soll eine interdisziplinäre Arbeitsumgebung emulieren

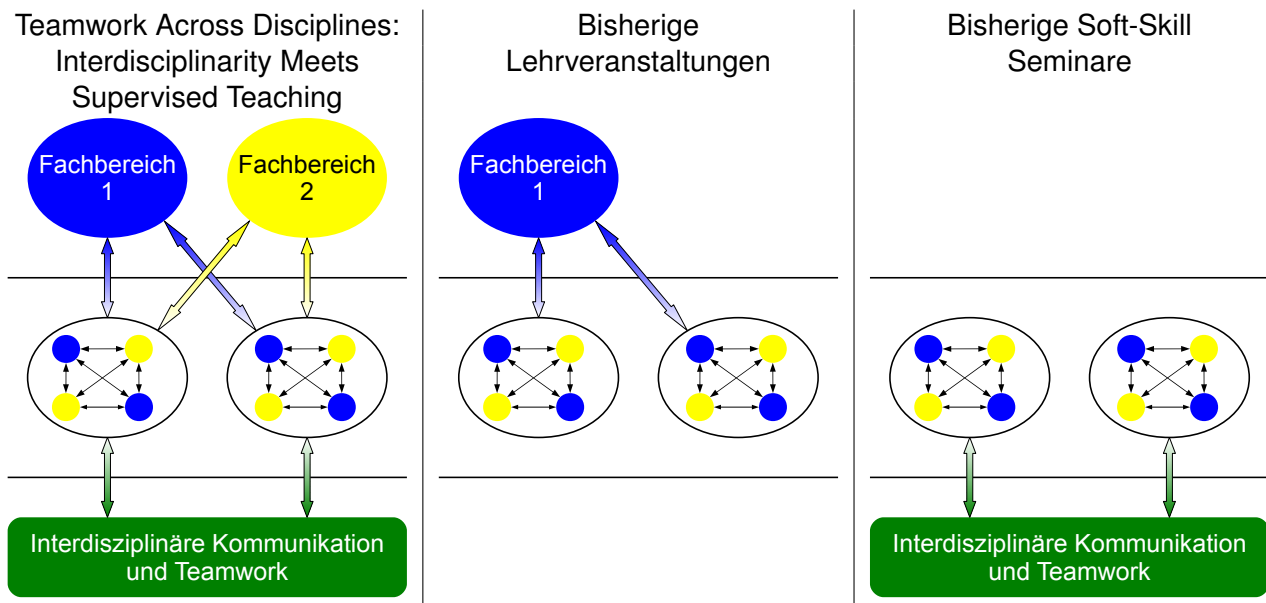


Abbildung 1: Gegenüberstellung bisheriger Lehrangebote und dem neuen Lehrkonzept. Interdisziplinäre studentische Gruppen (dargestellt mit gelben und blauen Kreisflächen) können bisher ihr Wissen in Lehrveranstaltungen einzelner Fachbereiche vertiefen. Daneben können die Studenten Soft-Skill Seminare besuchen. Das Konzept “Teamwork Across Disciplines: Interdisciplinarity Meets Supervised Teaching” verschränkt zwei Fachbereiche sowie Soft-Skill-Ansätze in einer einzigen Lehrveranstaltung.

und die Studenten in ihrer Kommunikationsfähigkeit zwischen den Bereichen fördern.

In kleinen Gruppen – bestehend aus 2–4 Studenten beider Studienrichtungen – soll eine Projektaufgabe gelöst werden. Die einzelnen Teilschritte im Projekt und wichtige Aspekte zur erfolgreichen Teamarbeit wie beispielsweise die Aufgabenverteilung innerhalb des Teams, Interaktion oder Kommunikation werden in Vorlesungsblöcken von Betreuern aus beiden Fachrichtungen erläutert. Die Lösung der einzelnen Schritte umfasst hierbei jeweils Aspekte aus beiden Fachbereichen. Ein Austausch der Informationen innerhalb der Gruppe ist daher zur erfolgreichen Absolvierung und Durchführung des Projekts von elementarer Wichtigkeit.

Die Erarbeitung der für das Projekt relevanten Teillösungen erfolgt zum Großteil autonom innerhalb der studentischen Gruppen. Neben der Förderung des selbständigen Arbeitens können die Studenten somit die in den Vorlesungsblöcken vorgestellten Aspekte zur erfolgreichen Teamarbeit aktiv innerhalb ihrer Gruppe umsetzen. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei dem gruppeninternen Erlernen und gegenseitigen Lehren der für das Projekt relevanten Inhalte aus beiden Fachbereichen zu.

Eine Betreuung der studentischen Gruppen und Kontrolle ihrer gruppeninternen Lern- und Lehrmethoden wird in Form von wöchentlichen Treffen zwischen Studenten und Betreuern realisiert. Hier können die Studenten sowohl Fragen zum Projekt mit den Betreuern klären als auch Rat zur Zusammenarbeit innerhalb ihres Teams einholen. Durch den individuellen Charakter jedes Gruppentreffens kann somit eine optimale Betreuung der Studenten garantiert werden. Zudem bilden diese Treffen einen fixen Verbindungspunkt zwischen den Gruppenmitgliedern und können folg-

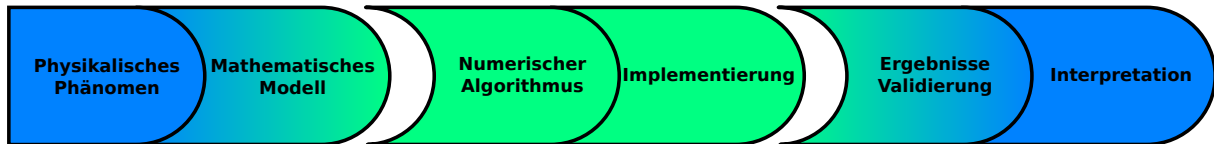


Abbildung 2: Die Simulations-Pipeline. Für Strömungssimulationen liegen die blauen Kompetenzen wie die Analyse des physikalischen Phänomens, die Erstellung der mathematischen Modelle etc. tendenziell nahe der spezifischen Anwendungsseite (Maschinenwesen), wohingegen die grünen Blöcke eher im Bereich der rechnergestützten Umsetzung (Informatik) anzusiedeln sind. Durch die Vereinigung beider Fachrichtungen in einer Lehrveranstaltung kann die komplette Simulationspipeline intensiv bearbeitet werden.

lich der gruppeninternen Organisation (Arbeitsaufteilung, Team-Besprechungen etc.) dienen. Die Betreuer erhalten somit Einblick in die einzelnen Gruppendynamiken und gruppeninterne Lern- und Lehrmethoden. Sie können in beratender und klärender Funktion eventuelle Schwachstellen, Spannungen und Stärken analysieren und gemeinsam mit der Gruppe diskutieren (“Supervised teaching”).

## 2.2 Anwendung des Konzepts: Informatik trifft Maschinenwesen

Aus der vorhergehenden Beschreibung wird ersichtlich, dass es sich bei “Teamwork Across Disciplines: Interdisciplinarity Meets Supervised Teaching” um ein allgemeines Konzept in der Lehre handelt. Es ist folglich nicht auf einen bestimmten fachlichen Kontext beschränkt, sondern kann zur Verschmelzung verschiedener fachlich nahe stehender Bereiche angewandt werden. Im Rahmen des Ernst Otto Fischer-Lehrpreises soll das Konzept in einer fakultätsübergreifenden Kooperation zwischen der Informatik und dem Maschinenwesen durchgeführt werden. Dabei wird die Implementierung einer parallelen Simulations-Software für turbulente Strömungen in Form einer praktikumsähnlichen Master-Veranstaltung behandelt und die verschiedenen Abschnitte der Simulations-Pipeline abgedeckt (siehe Abbildung 2). Sie ist an fortgeschrittene Studenten der Master-Studiengänge gerichtet und wird – um den internationalen Charakter der Lehre auch in dieser Lehrveranstaltung zu gewährleisten – auf englisch angeboten. Auf Seite des Maschinenwesens kann die Lehrveranstaltung als Praktikum (4 ECTS) eingestuft werden. In der Informatik kann eine Einbettung in Form eines eigenen Wahl-Moduls im Fachgebiet Algorithmen und wissenschaftliches Rechnen erfolgen, um eine dauerhafte Verankerung im Lehrangebot zu gewährleisten.

Die Simulation von Turbulenz erfordert eine sehr detaillierte virtuelle Raum- und Zeitauflösung, um die auftretenden physikalischen Effekte erfassen zu können. Aufgrund der Beschränktheit der Rechenkapazitäten sind der Auflösung Grenzen gesetzt. Turbulenzmodelle und parallele Simulations-Softwares werden eingesetzt, um feinskalige Effekte trotz der entsprechenden Beschränktheit erfassen und beschreiben zu können. Somit sind bei der Erstellung der Software sowohl Modellierungs- als auch numerische und Implementierungsaspekte von großer Bedeutung. Vorkenntnisse und Wissen aus verschiedenen Bereichen – der Strömungsmechanik und des wissenschaftlichen Rechnens – sind notwendig, um all diese Aspekte in ihrer Umsetzung zu berücksichtigen. Die Studenten aus den Fakultäten der Informatik und des Maschinenwesens können hierfür einerseits ihr bereits bestehendes Wissen aus vorhergehenden curricularen Ver-

anstaltungen in diese Lehrveranstaltung einbringen und andererseits auf das Wissen ihrer Kollegen aus der jeweils anderen Fakultät zurückgreifen. So können Studenten der Informatik bereits Wissen auf dem Gebiet des wissenschaftlichen und verteilten Rechnens oder der numerischen Strömungsmechanik vorweisen (Blöcke “Numerischer Algorithmus” und “Implementierung” in Abbildung 2). Die Studenten des Maschinenwesens besitzen ihrerseits grundlegende Kenntnisse auf dem Gebiet der Strömungsmechanik und evtl. der Turbulenzmodellierung (Blöcke “Physikalisches Phänomen” und “Mathematisches Modell”) sowie grundlegendes Wissen zu mathematischen Methoden der numerischen Strömungssimulation. Somit stellt die Verschmelzung des Maschinenwesens mit der Informatik in dieser Lehrveranstaltung eine ideale Ergänzung beider Studienrichtungen dar.

Die Aufgabe der gemischten Teams besteht darin, eine drei-dimensionale Strömungssimulation um ein Turbulenzmodell zu erweitern und die Simulation für verteilte Systeme zu parallelisieren. Anschließend soll die entwickelte Software zur Simulation eines anwendungsnahen Strömungsproblems eingesetzt werden. Als Einstieg in den bestehenden seriellen Strömungslöser dienen einfache Programmieraufgaben, welche sich mit der Modellierung der Datenstrukturen oder der Datenausgabe beschäftigen. Neben der Einarbeitung in das Programm können Studenten des Maschinenwesens diese Zeit nutzen, um grundlegende Programmierkonzepte wie objektorientiertes Programmieren, Vererbung etc. zu wiederholen und von ihren Kollegen der Informatik zu erlernen. Nach der Einstiegsphase wird die Simulation um ein geeignetes Turbulenzmodell erweitert. Neben der technischen Realisierung des Modells – numerisches Lösen weiterer Differentialgleichungen, Koppeln dieser Gleichungen an die Strömungsgleichungen etc. – spielen gerade die Auswahl und das tiefe Verständnis des Modells eine wichtige Rolle. So unterscheiden sich die verschiedenen Turbulenzmodelle teilweise grundlegend in ihren elementaren Eigenschaften. Die Wahl des best geeignetesten Modells ist folglich stark abhängig von der finalen Anwendung, für welche das Simulations-Programm von der Gruppe entwickelt wird. Aufgrund dieser starken Anwendungsaffinität können die Studenten des Maschinenwesens in der Wahl des geeigneten Turbulenzmodells ihr Wissen über strömungsmechanische Grundlagen und Turbulenz anwenden und den Studenten aus der Informatik auftretende Modellierungsproblematiken erläutern. Im letzten Abschnitt der Veranstaltung wird das Simulationsprogramm mit Hilfe der MPI-Bibliothek für verteilte Systeme parallelisiert und optimiert. Hierbei spielt die effiziente serielle und parallele Umsetzung der Löseralgorithmen für die Strömungsgleichungen und Turbulenzmodelle eine immanente Rolle. Aufgrund ihrer umfangreicheren Ausbildung im Bereich des verteilten Rechnens und des parallelen Programmierens können die Studenten der Informatik in diesem Projektabschnitt die größere Kompetenz vorweisen. Nach Fertigstellung der parallelen Erweiterung können die Studenten ihre Software anhand vorliegender Strömungsdaten validieren und ihre anfangs definierte Anwendung mit Hilfe ihres Programms auf Hochleistungsrechnern des Leibniz-Rechenzentrums simulieren und untersuchen (Block “Ergebnisse/ Validierung” aus Abbildung 2). Abschließend werden Windkanal-Experimente herangezogen, um Strömungsdaten aus Simulationen und experimentellen Bestimmungen gegenüberzustellen. Hierbei werden Unterschiede sowie Vor- und Nachteile beider Methoden – Simulation und Experiment – herausgestellt.