

# Antrag auf Verwendung von Qualitätsverbesserungsmitteln

Aus dem Qualitätsbericht 2013 der Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen:  
„Aus den QVM ab 2014 werden antragsbasiert bis zu 25% für Personalmittel in speziellen,  
gemeinsam durch die Kommissionen für Lehre und Studium und Qualitätsverbesserung zu definierenden Projekten verwendet.  
Diese Projekte dienen der Verbesserung der Lehre und der Prüfung und Validierung neuer Lehrformen.“

## 1 Antragsteller/in

**David W. Agar/CVT/(0231) 755 2697**

**Mail: david.agar@bci.tu.dortmund.de**

## 2 Projektverantwortlicher (wenn unterschiedlich zu 1)

**Christian Schwarz/CVT/(0231) 755 4316**

**Mail: christian.schwarz@bci.tu-dortmund.de**

## 3 Projekt

**Titel: „Praktische Einführung in die numerische Strömungssimulation mit OpenFoam – die Theorie von der praktischen Seite“**

## 4 Kurzbeschreibung des Projektes (In maximal 5 Sätzen)

Ziel des Projektes ist die Erstellung einer Übungsveranstaltung, in der den Studenten die praktische Anwendung des theoretischen Wissens über numerische Strömungssimulation aus den Kursen „CFD in der Misch- und Reaktionstechnik“ oder „Mathematische und Numerische Methoden für Strömungs- und Transportprozesse“ ermöglicht wird. Hierfür soll der Umgang mit dem Simulationswerkzeug OpenFoam gezeigt werden. Im Kurs selber sollen vom Übungsleiter an konkreten Beispielen die möglichen Probleme bei der praktischen Umsetzung des theoretischen Wissens aufgezeigt und Lösungsmöglichkeiten dargestellt werden. Hierfür müssen geeignete Rechenbeispiele und Folien für den Übungsbetrieb erstellt werden, ein Übungsleiter bereit stehen und die Software OpenFoam auf den PC-Pool-Rechnern installiert werden.

## 5 Details zum Projekt

### 5.1 Istzustand vor Beantragung:

Numerische Strömungssimulationen werden immer mehr Bestandteil der Forschung und der industriellen Praxis, da die Leistung heutiger Rechenzentren immer weiter steigt und dadurch auch komplexe Sachverhalte immer genauer abgebildet werden können. Für die Beurteilung der Qualität der Ergebnisse sind jedoch Erfahrung und Kenntnisse der jeweiligen Software nötig, die im bisherigen Lehrbetrieb kaum gesammelt werden können. Auch im Selbststudium können diese Kenntnisse nur schwer aufgebaut werden, da hierfür oft die schonende Einführung in das Thema fehlt und auch nötigen Lizenzen für private Zwecke nicht vorhanden sind. Während in der Veranstaltung „Mathematische und Numerische Methoden für Strömungs- und Transportprozesse“ lediglich die Grundlagen der Strömungssimulation an einfachen MatLab-Beispielen gezeigt wird, wird in der Veranstaltung „CFD in der Misch- und Reaktionstechnik“ in 3 kurzen Übungsstunden eine doch sehr knappe Einführung in die kommerzielle Software Ansys gegeben. In beiden Veranstaltungen entsteht dabei an keiner Stelle das tiefere Verständnis im praktischen Umgang mit den Programmen, welches für die eigenständige Erstellung von Strömungssimulationen notwendig ist. Stattdessen wird eher theoretisches Wissen vermittelt.

Die Tatsache, dass für Studenten großes Interesse am Bereich der numerischen Simulation besteht, kann am großen Zulauf von Veranstaltungen wie „Mathematische und Numerische Methoden für Strömungs- und Transportprozesse“ (Wahlpflicht Master, SM), „CFD in der Misch- und Reaktionstechnik“ (Vertiefung Master, SM und CVT), „Thermodynamik in der Prozesssimulation“ (Vertiefung, TH) und dem Vertiefungsmodul „statische und dynamische Prozesssimulation“ (Vertiefung, APT) beobachtet werden. Viele der genannten Veranstaltungen haben so großen Zulauf, dass eine Teilnahme nur über Wartelisten möglich ist und Bachelorstudenten mit der Begründung abgewiesen werden, die Vertiefung im Master noch besuchen zu können.

## **5.2 Projektziel/Projektbeschreibung:**

Der Kurs soll den Umgang mit OpenFoam lehren und zur weiteren Vertiefung des Wissens über numerische Simulationen dienen. In der Anwendung numerischer Simulationen treten oft Probleme auf, die in den einführenden Veranstaltungen, welche unter Punkt 4 des Antrags genannt wurden, nur unzulänglich behandelt werden (siehe Themenschwerpunkte unter Punkt 5.3 des Antrags). Voraussetzung für die Anrechnung des Kurses soll daher der Nachweis einer bestandenen Prüfung in einer der oben genannten Grundveranstaltungen zum Thema CFD oder der Nachweis einer äquivalenten bestandenen Prüfung sein. Aufbauend auf diesem Wissen werden für anwendungsbezogenen Probleme Lösungsstrategien vorgestellt und an konkreten Beispielen die Umsetzung verdeutlicht. Dabei soll stets die Fragestellung im Raum stehen, wie die optimalen Simulationsparameter zu wählen sind, und wie die Güte der Simulationsergebnisse zu beurteilen ist. Am Ende des Kurses wird eine Abschlussaufgabe gestellt, in der die Studenten das erlernte Wissen und den Umgang mit der Software beweisen müssen. Die Abschlussaufgabe wird korrigiert und bewertet.

Die Wahl von OpenFoam als Simulationswerkzeug ist dabei wie folgt begründet:

Im Gegensatz zu kommerzieller Simulationssoftware von Ansys oder CD-adapco, welche in anderen Einführungskursen nur zeitlich begrenzt genutzt werden kann, ist OpenFOAM eine kostenlose Programmbibliothek, sodass Studenten bei Interesse auch nach Ende des Kurses weiterhin mit der erlernten Software arbeiten können und erworbene Kenntnisse nicht automatisch verloren gehen müssen. Darüber hinaus erlaubt OpenFoam genaue Einblicke in die Vorgänge während der Simulation (Quellcode frei verfügbar), wie z.B. die Diskretisierung der Gleichungen, die Umsetzung verschiedener Interpolationsschemata und die unterschiedlichen Randbedingungen, wodurch das in vorangegangenen Vorlesungen nur theoretisch vermittelt Wissen nun von einer praktischen Seite näher gebracht wird. Darüber hinaus stellt OpenFoam durch die Möglichkeit zur Implementierung eigener Funktionen und Solver, die in kommerzieller Software nicht verfügbar oder nur umständlich zu realisieren sind, in Forschung und Entwicklung eine der am meisten genutzten Simulationswerkzeuge dar.

## **5.3 Einzelmaßnahmen, Schritte etc., darin Eigenanteil des Lehrstuhls:**

Für die Durchführung des Projektes müssen Rechenbeispiele zu den weiter unten genannten Themen erstellt werden, welche in den Übungen vorgestellt werden und an denen die Studenten den Umgang mit der Simulationssoftware erlernen können. Hierfür sind Folien zu erstellen, welche den

Übungsbetrieb begleiten und auf die Vorlesungen „CFD in der Misch- und Reaktionstechnik“ bzw. „Mathematische und Numerische Methoden für Strömungs- und Transportprozesse“ abgestimmt sind. Diese beiden Aufgaben und die Leitung der Übung selbst werden von einem Mitarbeiter des CVT-Lehrstuhls übernommen. Die Software OpenFoam inklusive Virtual Machine muss auf den PC-Pool-Rechnern installiert werden, was im Falle einer Antragsbewilligung von der Rechnerbetriebsgruppe zu erledigen ist.

Themenschwerpunkte der Übung: Gittergenerierung, instationäre Probleme (PISO-Algorithmus) Visualisierung der Ergebnisse, Einbinden weiterer Transportgleichungen, Wahl der passenden Simulationsparameter (inklusive Auswahl des Diskretisierungs- und Interpolationsschemas), Umgang mit Randbedingungen, Behandlung von nicht idealen Gittern, paralleles Rechnen, lokale Gitterverfeinerung

#### 5.4 Geplante Laufzeit:

Ab Wintersemester 2016/2017 parallel zur Veranstaltung „CFD in der Misch- und Reaktionstechnik“ -16 Termine (jeweils 90 Minuten), verteilt über das laufende Wintersemester.

#### 5.5 Kostenaufstellung, darin Eigenanteil des Lehrstuhls:

Erstellen der Rechenbeispiele (CVT):	0,75 MaMo
Erstellen der übungsbegleitenden Folien (CVT) :	1,00 MaMo
Leitung des Übungsbetriebs (CVT):	0,50 MaMo
Erstellen und Korrektur der Abschlussaufgaben (CVT):	1,00 MaMo
Bereitstellen der Software auf den Rechnern (Schätzung, da dies von der Rechnerbetriebsgruppe zu erledigen ist)	0,25 MaMo

---

Summe: 3,50 MaMo

Für nachfolgende Jahre belaufen sich die Kosten lediglich auf die Leitung des Übungsbetriebs (0,5 MaMo) und die Korrektur der Abschlussaufgaben (1 MaMo).

#### 5.7 Indikatoren zur Evaluation des Projektes:

Der Erfolg des Projektes kann an der Teilnehmerzahl der Veranstaltung abgelesen werden. Da diese Veranstaltung nicht zwingend erforderlich ist, um das Modul „Advanced Reactor Technology“ abschließen zu können, zeugt eine hohe Teilnehmerzahl von großem Interesse der Studenten. Eine

konstante oder sogar steigende Teilnehmerzahl deutet dabei auf der einen Seite darauf hin, dass die Studenten einen konkreten Einführungskurs explizit wünschen, und bestätigt auf der anderen Seite, dass es gelungen ist, den komplizierten Stoff verständlich zu vermitteln. Gerade der letzte Punkt kann dabei zusätzlich noch mit Hilfe der korrigierten und bewerteten Abschlussaufgaben bestätigt werden, in denen sich zeigt, ob die Studenten den Umgang mit OpenFoam erlernt haben und zur eigenständigen Erstellung von Simulationen fähig sind.

### **5.8 Nachhaltigkeit/Verstetigung\*:**

Um die Veranstaltung dauerhaft anbieten zu können, ist in allen Folgejahren ein Übungsleiter notwendig, der für Rückfragen zur Verfügung steht und im Anschluss der Veranstaltung die Abschlussaufgaben korrigiert. Nach jetzigem Stand ist dies bis zum Jahr 2017 einschließlich durch den Lehrstuhl CVT gesichert. In nachfolgenden Jahren liegt es in der Verantwortlichkeit eines Mitarbeiters des CVT-Lehrstuhls den Übungsbetrieb aufrecht zu erhalten.

26.11.2015,



David W. Agar