

Interaktive kollaborative parallele Programmierung (IkapP)

Eine digitale Umgebung für eigenständiges Lernen im Hochleistungsrechnen

Antrag auf ein Tandem-Fellowship von

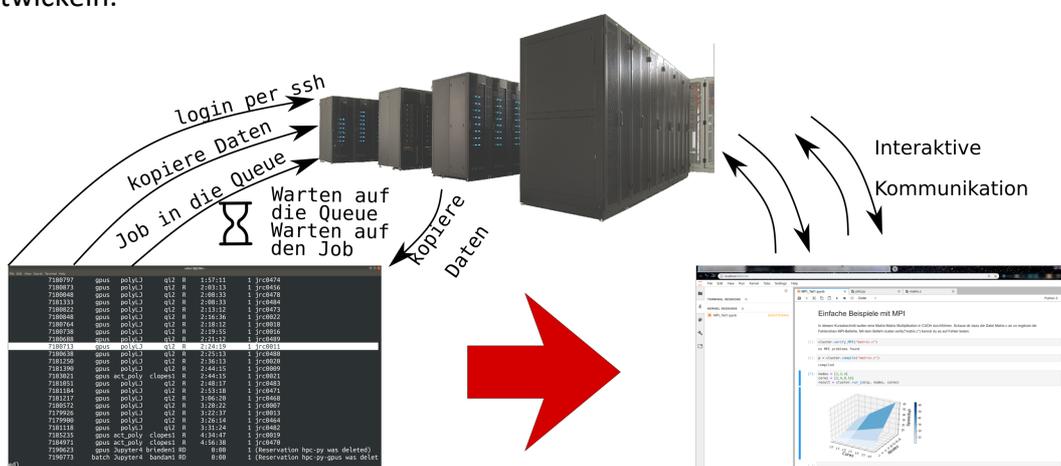
Jun.-Prof. Dr. Lena Oden
Lehrgebiet Rechnerarchitektur
E-Mail: lena.oden@fernuni-hagen.de
FernUniversität Hagen

Dr. rer. nat. Christian Terboven
Lehrstuhl für Informatik 12 – HPC
E-Mail: terboven@itc.rwth-aachen.de
RWTH Aachen University



Kurzbeschreibung

Parallele Programmierung und Datenverarbeitung auf Multicore- und Manycore-Architekturen wird in vielen Fächern zunehmend wichtiger, etwa für Deep Learning oder große Simulationen. Die Motivation für die Nutzung von entsprechenden Hochleistungsrechnern wird leider durch viele technischen Hürden eingeschränkt und führt daher oft zu einer passiven Teilnahme der Studierenden an den praktischen Übungen der Lehrveranstaltungen. Unser Ziel ist es daher, eine Browser-basierte Umgebung mit dazu passenden Lehreinheiten zu schaffen. Diese ermöglicht einen einfacheren Zugang zu den Systemen und unterstützt die Studierenden durch passende Lehrmodule, selbständig die Konzepte paralleler Programmierung zu erlernen, ohne sich zuvor mit technischen Feinheiten der Systeme beschäftigen müssen. Die Plattform soll zudem eine kollaborative Arbeit ermöglichen, damit auch Studierende an unterschiedlichen Orten gemeinsam arbeiten können. Durch eine interaktive Visualisierung und gezielte Anreize wie "Performance Wettbewerbe" sollen die Studierenden zusätzlich motiviert werden, eigene, bessere Lösungen zu entwickeln.



Veranlassung zu der geplanten Lehrinnovation

Parallele Programmierung und Datenverarbeitung sind in der heutigen Zeit eine wichtige Fähigkeit für Studierende der Informatik und vieler weiterer Fachbereiche. Durch die breite Verwendung von sog. Multicore- und Manycore-Architekturen hat die Unterstützung von Parallelität Einzug in fast alle Programmiersprachen gefunden. Die Durchführung großer Simulationen in akzeptabler Zeit oder die Analyse großer Datenmengen, zum Beispiel mit Deep Learning Algorithmen, beruhen auf massiver Parallelverarbeitung. Bei Studierenden nimmt daher das Interesse an Veranstaltungen zum Thema parallele Programmierung und parallele Datenverarbeitung stetig zu. Diese steigende Anzahl an interessierten Studierenden, aber auch die Diversität unter diesen Studierenden, erschwert jedoch zunehmend die individuelle Betreuung, da mit praxisnahen Übungen viel technischer Aufwand verbunden ist.

Unsere Erfahrung als Lehrende in „Parallele und Grid-Programmierung“ (BSc.), „Advanced Parallel Programming“ (Msc.) und „Concepts and Models of Parallel and Data-centric Programming“ (MSc.) sowie den weiteren unten aufgeführten Veranstaltungen hat gezeigt, dass der Lernerfolg und die Motivation für das Thema am größten sind, wenn die Effekte von Parallelität selber erlebt und nicht nur an theoretischen Beispielen erklärt werden. In der Praxis bedeutet dies, dass Studierende einen seriellen Algorithmus selbständig parallelisieren und so die Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden kennenlernen. Besonders motivierend wirkt es dabei, wenn den Studierenden die Möglichkeit gegeben wird, dies mit praxisnahen Problemstellungen auf einem High-Performance Computing (HPC) System durchzuführen. Am größten sind die Lernerfolge dann, wenn eine Problemstellung in Gruppen bearbeitet werden muss und zum Beispiel das Ziel vorgegeben wird, gemeinsam die schnellste Lösung für ein Problem zu finden.

Die effiziente Einbindung von praxisnahen Übungen auf HPC-Systemen ist schwierig und nur wenige Studierende nutzen die Möglichkeit, diese Systeme auch eigenständig praktisch auszuprobieren. Einer der Gründe dafür ist, dass die technischen Hürden, ein System wie es an der RWTH Aachen University zur Verfügung steht, zu nutzen, häufig sehr groß sind. Traditionell haben solche Systeme keine intuitive Oberfläche, der Zugang erfolgt vielmehr über Eingaben in eine textbasierte Konsole, über die sich Studierende per ssh mit einem Zugangsknoten des entfernten Systems verbinden. Dort steht ein sog. Batch System zur Verfügung, mit dem parallele Jobs auf den eigentlichen Rechenknoten gestartet werden. Damit ist kein interaktives Experimentieren möglich.

Studierende müssen sich also erst intensiv mit der Funktionsweise von HPC-Systemen auseinandersetzen, bevor sie mit der eigentlichen thematischen Aufgabenstellung der Parallelprogrammierung beginnen können. Auch wenn viel Betreuungszeit in die Lösung von technischen Problemen der Studierenden investiert wird, lassen sich gewisse Enttäuschungen nicht vermeiden. Erschwerend kommt dazu, dass kleinere Universitäten, wie auch die FernUniversität in Hagen, selten über HPC Systeme wie an der RWTH verfügen. Es ist zwar möglich, die Systeme der RWTH zu nutzen, was jedoch mit weiteren technischen Schwierigkeiten verbunden ist. An kleinen Universitäten fehlen oft die Fachkräfte, über die ein Rechenzentrum verfügt, um die Studierenden ausreichend zu unterstützen.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist kollaboratives arbeiten. Auch wenn die Studierenden auf demselben HPC-System an einem Problem arbeiten, ist eine direkte kooperative Arbeit oft nur schwer möglich, da die Systeme nur einen individuellen Zugang anbieten und die Arbeitsumgebungen der Nutzer strikt voneinander trennen. Das Ziel von praxisnahen Veranstaltungen wie Programmierpraktika ist es jedoch auch, kooperatives Arbeiten zu

erlernen. Gerade an der FernUniversität in Hagen, wo die Studierenden häufig nicht am gleichen Ort leben und studieren, aber ebenso auch an der RWTH, wird eine Unterstützung für diese Zusammenarbeit vermisst.

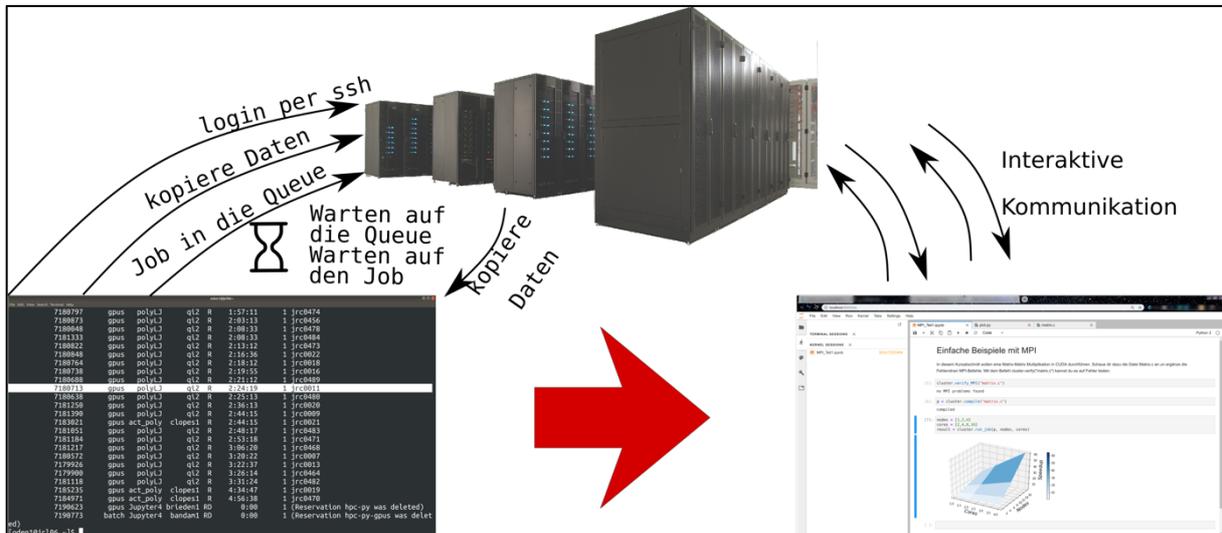


Abbildung 1: Transformation der klassischen HPC-Nutzung zu einem interaktiven kollaborativen Zugang

Das übergeordnete Ziel unseres Projekts besteht darin, den Zugang zu und die Nutzung von HPC- und Datenanalysesystemen der Spitzenklasse so in die Lehre einzubringen, dass diese Systeme für eine interaktive Nutzung zum Thema parallele Programmierung mit Schwerpunkt auf kollaborative Experimente attraktiv werden. Dies geschieht durch die Entwicklung einer interaktiven Lernumgebung, die Unterstützung für eigenständige Experimente der Studierenden auf HPC-Systemen ermöglicht.

Persönliche Motivation

Jun.-Prof. Dr. Lena Oden

Seit Oktober 2018 bin ich Junior Professorin für technische Informatik an der FernUniversität in Hagen. Bis zu diesem Zeitpunkt lag der Schwerpunkt meiner Arbeit vor allem in der Forschung, sowohl während meiner Promotion als auch während meiner PostDoc-Phase war ich an außeruniversitären Forschungseinrichtungen beschäftigt. Parallele Programmierung und Programmiermodelle für HPC Systeme haben dabei immer einen Schwerpunkt meiner Arbeit gebildet. Da ich aber schon immer den Wunsch hatte, mich auch in der Lehre selber zu verwirklichen, habe ich mich für den Weg der Professur entschieden. Mir persönlich ist es sehr wichtig, gute Lehre zu machen und die Studierenden so von meinem Forschungsbereich zu begeistern. Aus diesem Grund biete ich auch regelmäßig Kurse an Sommeruniversitäten für Frauen an (Informatika Feminale etc.).

Die FernUniversität in Hagen bietet ein spannendes Umfeld für innovative Lehrideen. Dabei ist die Besonderheit der Fernlehre, die Anzahl der Studierenden, aber auch Diversität dieser Studierenden, oft eine große Herausforderung. Im kommenden Semester werde ich ein Praktikum anbieten, welches sich mit wissenschaftlichem Programmieren in Python beschäftigt. Hierfür entwickle ich interaktive Skripte, mit denen die Studierenden die Konzepte besser verstehen sollen. Die Methodik soll auch in anderen Bereichen angewendet werden.

Feedback zu den Vorlesungen und Praktika zum parallelen Programmieren zeigt, dass die Studierenden dieses Thema zwar als spannend und wichtig empfinden, die Vermittlung jedoch

als praxisfern, trocken und veraltet bewerten. Daher ist eine wichtige Aufgabe für mich, diese Veranstaltungen im kommenden Jahr zu überarbeiten und neu zu gestalten. Der Aufbau einer interaktiven Lernumgebung, durch die Studierende einen Zugang zu Systemen des Rechenzentrums der RWTH bekommen, und in der sie Möglichkeit haben, Programmiermodelle auszutesten und Effekte zu erleben, ist für mich ein sehr wichtiger Teil dieser Arbeit. Ich glaube, dass durch eine solche Maßnahme die Motivation, die Veranstaltung erfolgreich abzuschließen, deutlich gesteigert und das Wissen besser vermitteln werden kann.

Durch die Zusammenarbeit mit der RWTH, insbesondere mit Christian Terboven, profitiere ich, neben der Möglichkeit der Systemnutzung, auch von der dort vorhandenen, langjährigen Erfahrung im Unterrichten von parallelen Programmiermodellen.

Dr. rer. nat. Christian Terboven, AOR

Bereits während meines Studiums wählte ich das Hochleistungsrechnen als Vertiefungsfach und beschäftigte mich in meiner Diplomarbeit mit der parallelen Programmierung. Das Thema verfolgte ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IT Center weiter und entwickelte in meiner Dissertation Abstraktionen für die Multicore Parallelprogrammierung auf Systemen mit hierarchischem Speicher. Etliche Ergebnisse meiner Forschungsarbeit flossen in den Industriestandard OpenMP¹ ein. Zusätzlich vertrete ich das Thema der sog. Shared-Memory Parallelprogrammierung seit 2006 in der HPC-spezifischen Aus- und Weiterbildung der RWTH Aachen University. Darüber hinaus gebe ich seit 2012 Tutorials auf den ACM/IEEE Konferenzen SC und ISC.

Erfahrungen in der universitären Lehre sammelte ich gleichzeitig durch Beiträge zur Vorlesung Parallele Programmierung an der Maastricht University sowie der FH Aachen im Kontext der MATSE-Ausbildung. Seit 2017 bin ich Akademischer Rat / Oberrat am Lehrstuhl für Informatik 12 - High Performance Computing und habe in dieser Rolle die neue Vorlesung „Konzepte und Modelle der parallelen und Daten-zentrischen Programmierung“ in die Studiengänge Informatik und Data Science sowie zwei neue Softwareprojektpraktika zum Thema Parallelprogrammierung eingebracht. Ende 2018 wurde mir eine Lehrbeauftragung zur selbstständigen Wahrnehmung der Lehraufgaben im Bereich “Parallele Programmierung im Hochleistungsrechnen” übertragen.

Es ist mir ein großes Anliegen, das Thema der parallelen Programmierung im Hochleistungsrechnen und in der Datenanalyse (Modelle des Big Data) für Studierende attraktiv zu gestalten. Dazu nutze ich die Möglichkeiten an der RWTH Aachen, Studierenden den Zugang zu neuesten Technologien und Systemen der Spitzenklassen zu geben, um mit dem Einsatz moderner Lehrkonzepte die Grundlage für Karrieren in der Wissenschaft wie auch in Unternehmen zu legen. Das Portfolio von Webinaren (z.B. im EU-Projekt POP2²) und Tutorials, interaktiven Lehrelementen wie Quiz und Flipped Classroom möchte ich weiterentwickeln, so dass Einstiegshürden minimiert werden und Lernerfolge auf komplexen Systemen möglich werden, ohne dass die aus meiner Sicht sehr wichtigen systemnahen Aspekte verborgen bleiben.

Motivation für die Zusammenarbeit

Die Motivation für unsere Zusammenarbeit beruht vor allem auf den unterschiedlichen Voraussetzungen für Studierende und Lehrende, die sich aus den Strukturen der beiden

¹ <https://www.openmp.org>

² <https://www.pop-coe.eu>

Hochschulen ergeben, und dem gemeinsamen Ziel, die Lehre im Bereich der parallelen Programmierung weiter zu entwickeln. Dank des gemeinsamen Forschungshintergrund im Hochleistungsrechnen können wir durch die Zusammenarbeit die ganze Spannweite unterschiedlicher Nutzungsszenarien abdecken. Die RWTH Aachen verfügt über ein Rechenzentrum der nationalen Spitzenklasse und über geeignetes Personal diese Systeme zu warten und die Nutzer zu unterstützen. An der FernUniversität existiert dies nicht. Daher ist es ein wichtiges Ziel der Innovation zu evaluieren, wie eine gemeinsame Nutzung solcher Systeme über Hochschulgrenzen hinaus möglich ist und welche Alternativen (z.B. Cloud-Nutzung) es gibt, um auch Studierenden von Universitäten ohne großes Rechenzentrum Zugang zu ermöglichen. An der FernUniversität in Hagen gibt es langjährige Erfahrungen für digitale und auch kollaborative Lernumgebungen, welche in die Gestaltung der Lernumgebungen mit einfließen werden. Die hohe Anzahl und die Diversität der Studierenden an der FernUniversität bieten zudem die ideale Grundlage, um die Innovation ausführlich mit unterschiedlichen Studierenden zu evaluieren.

Ziele und Inhalte der geplanten Lehrinnovation

So wie Cloud-Dienste wie beispielsweise sciebo mittlerweile selbstverständlich von allen interessierten Hochschulen genutzt werden, wird eine ähnliche Entwicklung die Nutzung der HPC-Angebote im Land NRW auch außerhalb der lokalen Verfügbarkeit erschließen. Dies wird durch die Verwendung offener Standards, von Open Source Software und dem Einsatz von erfolgreichen Technologien aus dem Umfeld des Cloud Computing möglich. Damit bereits vorhandene Angebote an der RWTH Aachen³ und auch zukünftige Angebote anderer Einrichtungen einerseits interaktiv von Lehrenden sowie andererseits von Studierenden im Selbststudium oder der eigenständigen Vor- bzw. Nachbereitung genutzt werden können, umfasst unser Konzept die folgenden Punkte:

1. **Eigenständiges Lernen:** Moderne HPC-Systeme sind komplex. Studierende benötigen umfangreiche methodische und fachliche Kenntnisse, um sie erfolgreich für Übungen zu nutzen. Neben Kenntnissen zur Lösung der eigentlichen Aufgabe, z.B. der parallelen Implementierung eines gegebenen Algorithmus, müssen Studierende den Umgang mit einem Linux-System beherrschen, Dateien via ssh/scp bewegen, Compiler und ggfs. Bibliotheken verwenden, mit dem System interagieren, um ein parallelisiertes Programm kontrolliert zur Ausführung zu bringen, eine Methodik zur reproduzierbaren Messung der Ausführungsleistung und Skalierbarkeit anwenden, und einiges mehr. Diese hohen Hürden sorgen dafür, dass ein großer Teil der Studierenden nur mit sehr hohem Betreuungsaufwand erfolgreich ist und damit passiver als gewünscht an den praktischen Teilen der Lehrveranstaltungen teilnimmt. Dabei existiert eine deutliche Korrelation der aktiven Teilnahme an Übungen mit guten Leistungen in den entsprechenden Prüfungen. Unser Ansatz verfolgt die Idee, den Komplexitätsverlauf umzudrehen und Studierende in die Lage zu versetzen, wesentliche Aspekte früh selbst zu erlernen. In einer interaktiven Umgebung sollen sie Experimente und Übungen selbständig durchführen können, ohne erst viele technische Details vorab erlernen zu müssen. Dadurch soll es ermöglicht werden, sich zunächst auf die tatsächliche Aufgabe zu konzentrieren. Erst danach müssen weitere HPC-spezifische Aspekte betrachtet werden. Somit werden Lernziele in Lektionen aufgeteilt, nach dem Vorbild von Online-Lernplattformen. Durch die Modularisierung

³ <https://doc.itc.rwth-aachen.de/display/CC/Overview+of+Compute+Project+Categories+and+Links+to+Submission+Forms>

von Lehrinhalten können individuelle Pläne für Studierende erstellt werden, um zum Beispiel Vorkenntnisse zu berücksichtigen oder bestimmte Fragestellungen zu vertiefen. Ein Browser-basierter Zugang, beispielsweise über jupyter⁴, reduziert die technischen Hindernisse im Zugang. Eine integrierte Mess- und Ausführungsumgebung reduziert die Komplexität der Architektur und vereinfacht die Durchführung von Experimenten. Durch eine automatische Visualisierung der Ergebnisse (z.B. der Skalierbarkeit) wird der Lernerfolg sichtbar. Nach den ersten Erfolgen kann die Komplexität schrittweise und unter Anleitung erhöht werden, indem z.B. Ausführungsparameter modifiziert werden, so dass auch alle technischen und systemnahen Lerninhalte interaktiv vermittelt werden.

2. **Vernetztes und kooperatives Lernen:** Die Lehrformate an der Fernuni Hagen wie auch an der RWTH Aachen motivieren Studierende in den praktischen Teilen zur Gruppenarbeit. Beispielsweise wird in einem Softwareprojektpraktikum in Kleingruppen an der Parallelisierung und Optimierung einer Problemstellung gearbeitet. In diesem Kontext wollen wir die Möglichkeit zur verteilten Zusammenarbeit signifikant erweitern. Da wir den interaktiven Zugang zum HPC-System in einen Browser verlagert haben, können verschiedene Techniken der Online-Zusammenarbeit eingesetzt werden, beispielsweise Rocket.Chat⁵. Damit können Kleingruppen gemeinsam und ortsunabhängig an praktischen Aufgabenstellungen arbeiten, sich direkt über Ergebnisse und Beobachtungen austauschen, und gemeinsam experimentieren, um Probleme zu lösen. Damit kann das Lehrangebot zur parallelen Programmierung deutlich erweitert werden und eine viel größere Breite erreichen, da HPC- und Datenanalysensysteme verwendet werden können, die nicht vor Ort an der Universität sind, an der die Lehrveranstaltung durchgeführt wird.
3. **Motivation durch gezielte Anreize:** Die Softwareprojektpraktika am I12 an der RWTH Aachen University beinhalten als besonderen Motivationsanreiz einen Wettbewerb (ohne Einfluss auf die Benotung), in dem die Gruppe gewinnt, welche für die gegebenen Aufgabenstellungen die performanteste Lösung entwickelt hat (schnellste Ausführungszeit oder beste Skalierbarkeit). Durch die Bewertung nach dem Formel1-Prinzip bleibt im gesamten Semester die Motivation erhalten und die Siegergruppe erhält einen Buchpreis. Die Wettbewerbssituation sorgt dafür, dass die Gruppen sehr kreative Lösungsansätze entwickeln, umfangreiche Recherchen in der Literatur durchführen, und bisweilen damit sogar die Referenzlösung schlagen. Durch die beiden oben genannten Konzepte wird es möglich, eine motivierende Wettbewerbssituation zwischen verteilt arbeitenden Gruppen herzustellen und Gruppen gegen die vorgegebenen Lösungen antreten zu lassen. Durch weiterentwickelte Aufgabenstellungen, durch ein verbessertes Wettbewerbsverfahren, sowie durch den Einsatz von interaktiven Rätseln und Quizzes wird der individuelle Leistungsstand erkennbar und die Motivation zur eigenständigen Erarbeitung der komplexen technischen Sachverhalte wird erhöht.
4. **Einbindung zusätzlicher methodischer Aspekte:** Vor dem Hintergrund der Breite des Themas der parallelen Programmierung und der praktischen Arbeit mit HPC-Systemen ist es nicht möglich, alle gewünschten inhaltlichen und methodischen Themen in einer Lehrveranstaltung unterzubringen. Durch die Umsetzung unserer vorgeschlagenen Konzepte erwarten wir einen Produktivitätsgewinn der Studierenden und ein erhöhtes Interesse, zusätzliche (praktische) Themen zu betrachten, die insbesondere für die

⁴ <https://jupyter.org>

⁵ <https://rocket.chat>

Berufsqualifikation von Bedeutung sind. Über unsere interaktive Umgebung werden wir den Umfang des praktischen Trainings erhöhen und außerdem die Möglichkeit bieten, zusätzliche Themen eigenständig zu erlernen. Dazu gehören Werkzeuge zur Leistungs- und Korrektheitsanalyse der parallelen Programme und Werkzeuge, welche automatisch aufwendige Analysen auf dem HPC-System durchführen. Ebenso wollen wir Untersuchung hardwarenaher Fragestellungen ermöglichen, wie die Beurteilung der Güte der Cache-Nutzung oder die Einteilung von Programmteilen anhand eines Performancemodells.

Wir werden vorhandene, frei verfügbare und quelloffene Software verwenden, um die Ziele unserer Lehrinnovation zu erreichen. Dabei steht nicht die Weiterentwicklung von Softwarekomponenten im Mittelpunkt, sondern deren Integration, um die Parallelprogrammierung interaktiv und kollaborativ erfahrbar zu machen. Für diese Umsetzung werden nach dem nachfolgend gezeigten Arbeits- und Finanzplan die Hilfskräfte für die Implementierung eingesetzt.

Die Mittel aus dem Fellowship sollen zunächst dazu verwendet werden, existierende Softwarelösungen zu kombinieren, um einen interaktiven, Browser-basierten Zugang zu den HPC-Systemen zu ermöglichen, und den Studierenden kollaborative Arbeit durch Chat- und Screenshot-Funktionalität zu ermöglichen. Dies geschieht in AP1 und AP2. Der Aufwand ist vergleichsweise gering, da die Software jupyter an der RWTH und die Software Rocket.Chat an der FernUni bereits aus Vorarbeiten im Einsatz ist.

Kürzel	Arbeitspaket	Verantwortung	2020												2021			
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	
AP1	Interaktiver Zugang	RWTH	■	■	■													
AP2	Zusammenarbeit	FU		■	■	■	■	■	■	■								
AP3	Notebooks	RWTH			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
AP4	Benchmarking / Vis	FU						■	■	■	■	■	■	■	■			
	Testeinsatz in der Lehre	FU + RWTH				■	■	■	■	■	■	■	■					
	Produktiveinsatz in der Lehre	FU + RWTH												■	■	■		

Abbildung 2: Arbeitsplan IkapP (Finanzplan: siehe Anhang)

Der Großteil der Aufwände fließt in die Entwicklung neuer Lehreinheiten in AP3, die in unserer Lernumgebung als sogenannte Notebooks realisiert sind, sowie einer automatisierten Experimentierumgebung in AP4, welche die Studierenden bei der Durchführung und Analyse ihrer Experimente durch geeignete Messwerkzeuge unterstützt. Diese Notebooks, eingebettet in die Lernumgebung, realisieren die oben genannten Innovationen.

Zur Illustration soll eine modulare Lehreinheit in Umsetzung als Notebook erläutert werden, in der die Studierenden als Aufgabe ein Programm mit OpenMP parallelisieren sollen. Dazu wird in der entwickelten Lernumgebung ein "Skelett" bereitgestellt, in das Studierende (ggfs. in Gruppenarbeit) die notwendigen Befehle einfügen müssen. Sie haben dann die Möglichkeit, das entstandene Programm im ersten Schritt auf formale Richtigkeit zu überprüfen und im zweiten Schritt direkt auf dem HPC System auszuführen. Bei der Ausführung können verschiedene Parameter (wie z.B. die Thread Anzahl oder die Problemgröße) variiert werden, um deren Einfluss auf Ausführungsleistung und Skalierbarkeit zu verstehen. Die Umgebung kümmert sich um die Ausführung des Programms auf dem HPC-System und gibt die Ergebnisse direkt an die Studierenden zurück. Effekte wie Skalierbarkeit oder der Einfluss verschiedener Parameter werden dabei visualisiert, so dass die Studierenden nach und nach selbständig lernen, welche Parameter die Performance eines Programms beeinflussen.

Der Einsatz der Testversion wird in Übungen im Sommer 2020 beginnen. Ab dem Wintersemester 2020/2021 erwarten wir einen produktiven Einsatz. Ergebnisse aus diesen Erfahrungen fließen bis zum Abschluss des Projekts in die Weiterentwicklung ein.

Nach unserem Wissen gibt es derzeit keine universitäre Lehrveranstaltung, in welcher die genannten Punkte zusammen mit der von uns eingebrachten fachlichen Tiefe und international anerkannten Expertise zusammengebracht werden. Bei uns beiden liegen die Forschungsschwerpunkte im Bereich des Hochleistungsrechnen und der parallelen Programmierung und wir wollen unseren Studierenden kontinuierlich Zugang zu neuartigen und innovativen Technologien in diesem Feld bieten. Mit diesem Projekt wollen wir unsere Forschung, beispielsweise der Einsatz von parallelen Programmiermodellen auf neuer Rechnerarchitekturen, schneller und leichter den Studierenden nahebringen.

Implementierung in Studiengänge und -abschnitte

Die Lehre am Lehrstuhl für Informatik 12 / Hochleistungsrechnen an der RWTH Aachen umfasst derzeit das Angebot von drei Vorlesungen in vier Studiengängen (Informatik, Computational Engineering Science, Simulation Sciences, Systems Software Engineering, als Wahlpflicht in weiteren Studiengängen), wobei alle Vorlesungen jeweils mehrere Übungseinheiten auf dem HPC-System an der RWTH Aachen umfassen. Im Bachelor Informatik werden drei Softwareprojektpraktika angeboten, in denen technisch-wissenschaftliche Aufgabenstellungen auf dem HPC-System umgesetzt werden müssen. In allen diesen praktischen Arbeiten sollen die neuen Konzepte ab dem Sommersemester 2020 testweise und ab dem Wintersemester 2020/2021 vollumfänglich eingesetzt werden (siehe Arbeitsplan).

An der RWTH wird der Hochleistungsrechner darüber hinaus in vielen weiteren Veranstaltungen verschiedener Dozierender mehrerer Fachgruppen und Fakultäten genutzt. Diese melden regelmäßig den Wunsch nach einer Vereinfachung des Zugangs und Umgangs mit dem HPC-System in der Lehre und wir erwarten, dass sie unsere Konzepte nach erfolgreicher Demonstration schrittweise selbst verwenden werden.

An der FernUniversität in Hagen umfasst das Angebot zwei Vorlesungen (Einführung und Fortgeschrittene Parallele Programmierung) und ein Fachpraktikum. Diese Kurse werden sowohl in Bachelor Studiengang der Informatik als auch in den beiden Master Studiengängen Informatik und Praktische Informatik angeboten. Dazu gibt es regelmäßig ein Praxis-Seminar, welches sich mit dem Thema parallele Programmierung beschäftigt und eine eigenständige Bearbeitung eines Themas erfordert. In der Zukunft wird sich das Studienangebot der FernUniversität um einen weiteren Bachelor Studiengang (mathematisch-technischer Softwareentwickler) erweitern. Auch für die Studierenden dieses Studiengangs sind die oben beschriebenen Kurse sehr attraktiv.

Die Vorlesungen werden durch die freiwillige Abgabe von praktischen Übungen begleitet, welche auf einem kleineren, an der FernUniversität zur Verfügung stehenden System bearbeitet werden können. In dem Fachpraktikum sollen die Studierenden in Gruppen über ein Semester hinweg eine Aufgabe aus der Welt der parallelen Programmierung bearbeiten. Dazu wurden in der Vergangenheit entweder Cloud-Dienste oder die an der FernUniversität zur Verfügung stehenden Systeme genutzt.

Die neuen Lehrkonzepte sollen in diesen Veranstaltungen ab dem Sommersemester 2020 (Fachpraktikum) und ab dem Wintersemester 20/21 in den begleitenden Übungen zu den Vorlesungen umgesetzt werden. Die Plattform soll den Studierenden sowohl an Präsenztagen

in Hagen oder einem anderen Studienzentrum als auch an virtuellen Studientagen online vorgestellt werden.

Evaluation der Lehrinnovation

Die Lehrinnovation wird in verschiedene Veranstaltungen innerhalb der beiden Hochschulen eingebunden. Im Rahmen der üblichen Lehrevaluation separat zu Vorlesung und Übung sowie gesamtheitlich zu Praktika soll die Anzahl der regelmäßigen Nutzer der HPC-Systeme, möglichst im Verlauf der Zeit und Veranstaltungen, erfragt werden, um zu evaluieren, ob der vereinfachte Zugang die Nutzungsmotivation steigert.

Mit diesem Projekt erwarten wir wie dargestellt die Lernziele zu erweitern und mehr Studierende anzusprechen, bei gleichbleibendem Umfang der Betreuung. Die Häufigkeit der Nutzung des Systems und die eigenständige Bearbeitung der absolvierten Einheiten durch die Studierenden werden ebenfalls quantitativ ermittelt. Zusätzlich sollen die Studierenden mit Hilfe von elektronischen Fragebögen nach ihren Erfahrungen mit der Plattform gefragt werden.

Neben der Teilnahme an der Lehr-/Lern-Konferenz des Fellowship-Programms soll das Konzept auch in Fach-Workshops zum Thema Ausbildung im Parallelen Programmieren und Hochleistungsrechnen (z.B. EduPar, Euro-EduPar oder BPHTHE) vorgestellt und diskutiert werden. Auf diese Weise können die Rückmeldungen von weiteren Experten einbezogen werden.

Risiken, also potenzielles Scheitern der Teilziele, sind vorhanden, aber nicht als groß einzuschätzen. Dabei existieren technische und inhaltliche Risiken.

Technische Risiken: Es wäre möglich, dass die eingesetzten Softwarekomponenten nicht korrekt funktionieren. Dies ist beherrschbar, da Komponenten wie jupyter und Rocket.Chat bereits an RWTH und FernUni in anderem Kontext im Einsatz sind und auf Erfahrungen des Betriebs zurückgegriffen werden kann. Die Skalierbarkeit der Lernumgebung bei hohem Interesse der Studierenden kann eine Herausforderung sein, die aber durch Betreiberexpertise am IT Center der RWTH adressiert werden kann. Die Komponenten der eigentlichen parallelen Programmierung, z.B. OpenMP Compiler und die Laufzeitumgebungen von OpenMP und MPI, sind Forschungsgegenstand der Antragssteller und wir erwarten die Umsetzbarkeit des Vorschlags.

Inhaltliche Risiken: Möglicherweise mangelndes Interesse von Studierenden wird nicht erwartet – im Gegenteil. Die neue Lernumgebung wird in das bestehende Lehrangebot aufgenommen werden und zum Einsatz kommen. Durch die Vereinfachungen erwarten wir eine steigende, aktive Teilnahme an den praktischen Teilen.

Verstetigung der Lehrinnovation

Die vorgeschlagenen Konzepte werden in den o.g. Lehrveranstaltungen langfristig verwendet werden und die dazugehörige Sammlung von Software, Aufgaben, etc. wird allen Interessierten quelloffen via git⁶ zur Verfügung gestellt werden. Wir erwarten nach Abschluss des Arbeitsplans eine Lernumgebung mitsamt einer Reihe von Notebooks entwickelt zu haben, die für den produktiven Einsatz geeignet sind. Notwendige spätere Anpassungen

⁶ <https://git.rwth-aachen.de>

können durch an den Instituten vorhandene HIWIs und Kräfte erfolgen und werden ebenfalls auf git veröffentlicht.

Die Konzepte sind grundsätzlich auf alle Lehrveranstaltungen mit praktischer Nutzung von HPC- und Datenanalysesystemen übertragbar. Da aktuell bereits die RWTH Aachen University und in absehbarer Zeit auch weitere Tier-2 HPC-Zentren ihre Systeme für externe Nutzer auch für den Einsatz in der Lehre zur Verfügung stellen werden, ist die Entwicklung begleitender Konzepte wie hier vorgeschlagen hilfreich, um eine zügige Durchdringung im Land NRW zu ermöglichen. Daraus erschließt sich eine vielseitige, heterogene Nutzung in vielen Lehrveranstaltungen sowie dem Selbststudium interessierter Studierender.

Die Erstellung von sog. Reference Cards zur Kurzdarstellung der Innovation mitsamt der verfügbaren Software und Systeme wird die Bekanntmachung im Land NRW unterstützen. In elektronischer Form werden diese Karten auf der Webseite der Gauß-Allianz, der DH-NRW und dem dort verorteten Projekt hpc.nrw sowie dem landesweiten Onlineportal für Studium und Lehre (heureka.nrw) veröffentlicht.

Erwartungen an die Fellows des Programms

Durch die Teilnahme an dem Programm wird der Austausch mit Lehrenden aus anderen Bereichen und von anderen Hochschulen ermöglicht. Gerade der interdisziplinäre Austausch wird uns dabei helfen, über den eigenen Tellerrand zu blicken und dadurch neue Konzepte und Ideen für die eigenen Veranstaltungen zu entwickeln.

Außerdem erhoffen wir uns auch, unsere interaktive und kollaborative Lernumgebung anderen Teilnehmern vorzustellen und Feedback von Kollegen zu bekommen, die mit einem fachfremden Blick auf unsere Lehrinnovation blicken und auf diese Weise Tipps für die Verbesserung geben.