

# Parallel Computing: Grundlagen und Anwendungen (IN5085)

---

Titel	Parallel Computing: Foundations and Applications	
Typ	Vorlesung mit Übung	
Credits	6 ECTS	
Lehrform/SWS	3V + 2Ü	
Sprache	Deutsch	
Modulniveau	Master	
Arbeitsaufwand	Präsenzstunden	75 Stunden
	Eigenstudium	105 Stunden
	Gesamtaufwand	180 Stunden
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Die Studierenden verstehen den Unterschied zwischen Parallelverarbeitung und Nebenläufigkeit. Sie können wichtige Hardware Plattformen (Systeme mit gemeinsamen Speicher und Systeme mit verteiltem Speicher) einander gegenüberstellen und hinsichtlich ihrer Eignung für eine gegebene Anwendung bewerten. Die Studierenden können im Threading Modell und im Modell des Nachrichtenaustauschs Anwendungen entwickeln und können die jeweiligen Vor- und Nachteile dieser Modelle charakterisieren. Die Studierenden sind in der Lage, die Leistungsfähigkeit von Parallelen Anwendungen und deren Korrektheit zu evaluieren.</p>	
Intended Learning Outcomes	<p>Students understand the difference between parallel and concurrent computing. They understand the architecture of the predominant hardware platforms (shared memory and distributed memory) for parallel computing and can analyze their suitability for realizing a given applications. Students can create programs with threads and using the message passing paradigm and can analyze the respective advantages and disadvantages of both models. Students are able to evaluate the performance and correctness of a parallel program.</p>	
Inhalt	<p>Parallel Computing befasst sich mit der gleichzeitigen Verwendung von mehreren Rechenkernen zur Lösung einer Aufgabenstellung. Das historische Einsatzgebiet von Parallelrechnern ist das technisch-wissenschaftliche Höchstleistungsrechnen (High Performance Computing), wo heute in Supercomputern Millionen von Rechenkernen zum Einsatz kommen. In den letzten Jahren hat sich jedoch das Einsatzgebiet von Parallelrechnern auf alle Bereiche der IT</p>	

	<p>ausgedehnt. Fast alle Server, Desktops und Notebooks sind heute mit Mehrkern-CPUs ausgestattet und seit kurzem folgen auch Smartphones und Tablets diesem Trend. In jedem Fall kann nur durch explizite parallele Programmierung das volle Potential einer solchen Plattform ausgenutzt werden und paralleles Rechnen wird zusehends zu einer Schlüsselkompetenz für IT Fachleute.</p> <p>Die Vorlesung umfasst drei große verwobene Themenfelder: Parallele Architekturen, Parallele Algorithmen und Parallele Programmierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systeme mit verteiltem Speicher</li> <li>• Systeme mit gemeinsamen Speicher</li> <li>• Programmieren mit Nachrichtenaustausch</li> <li>• Programmieren mit Threads</li> <li>• Task- und Datenparallelität</li> <li>• Datenlokalität und Lastbalanzierung</li> <li>• Effiziente lineare Algebra auf Parallelrechnern</li> <li>• Effiziente Implementierung von Partikelmethode</li> <li>• Korrektheit und Performanz von Parallelen Anwendungen</li> </ul>
<p>Contents</p>	<p>Parallel computing encompasses the concurrent use of multiple cores to solve a given problem. Historically parallel computing has its roots in the area of scientific and high-performance computing (HPC), where today's Supercomputers are composed of a million computing cores and more. In recent years parallel computing has expanded its reach into almost all areas of the computing industry. Universally, servers, desktops, and notebooks are today equipped with multicore CPUs, a trend that is recently also expanding into the area of smartphones and tablets. In all cases the only way to make efficient use of the available hardware resources is the explicit parallel programming and parallel computing is thus increasingly becoming a "must have skill" for IT professionals.</p> <p>The lecture is composed of three interwoven topical areas: parallel architectures, parallel algorithms, and parallel programming:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distributed memory systems</li> <li>• Shared memory systems</li> <li>• Programming using message passing</li> <li>• Programming with threads</li> <li>• Task - and data parallelism</li> <li>• Data locality and load balancing</li> <li>• Efficient dense linear algebra on parallel machines</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efficient algorithms for particle methods</li> <li>• Correctness and performance of parallel programs</li> </ul>
Prüfung	<p>Prüfungsleistung (benotet): -Klausur: 90 min</p> <p>Wiederholungsklausur zu Ende des Semesters. Details werden zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.</p> <p>In der Klausur weisen die Studierenden nach, inwieweit sie die vorgestellten Architekturen, Formalisierungen, Parallelsierungen und Algorithmen verstanden haben, komprimiert wiedergeben und anwenden sowie auf verwandte Problemstellungen übertragen können. In der Klausur werden 9 bis 12 Aufgaben gestellt, die eine eigenständige Anwendung der architektonischen Konzepte, Formalisierungen, Parallelisierungen und Algorithmen aus der Vorlesung erfordern (zB. das Erkennen und Beseitigen einer Fehlersituation in einem parallelen Programm, oder die Entwicklung von optimierten Kommunikationsmustern für eine gegebene Architektur).</p>
Examination	<p>Examination requirements (graded): - written exam: 90 min</p> <p>A makeup exam will be offered at the end of the semester, details will be announced at the beginning of the course.</p> <p>Within the written exam, students demonstrate that they understand the presented architectures, formalizations, parallelizations and algorithms, that they can reproduce and apply them as well as that they can transfer and extend architectural concepts, formalizations, parallelizations, and algorithms to similar problems. The written exam consist of 9 to 12 assignments, which require independent application of architectural concepts formalizations, parallelizations, and algorithms presented in the lecture (e.g., detecting and eliminating a performance or correctness bug in a given parallel program or devising an optimized communication pattern for a given hardware architecture).</p>
Literatur/Literature	<p>Ananth Grama, George Karypis, Vipin Kumar, Anshul Gupta: Introduction to Parallel Computing (2nd Ed.), Pearson, 2003.</p> <p>David Culler, Jaswinder Pal Singh: Parallel Computer Architecture - A Hardware/Software Approach, Morgan,</p>

	<p>Kaufmann, 1999.  John Hennessy, David Patterson: Computer Architecture a Quantitative Approach (5th Ed.), Morgan Kaufmann, 2011.  G. Hager, Gerhard Wellein: Introduction to High Performance Computing for Scientist and Engineers, Taylor And Francis, 2010.  Barbara Chapman, Gabriele Jost, Ruud van der Pas: Using OpenMP, MIT Press, 2007</p>
Medienformen	Beamer-Präsentation, Tafelpräsentation, Handout
Media	slides show, blackboard presentation, handouts
Lehr- und Lernmethode	<p>Vorlesung, Übung, Aufgaben zum Selbststudium. Das Modul besteht aus einer Vorlesung und Übungen in Einzelarbeit bzw. in kleinen Gruppen (als Tutorübungen).</p> <p>In den Hausaufgaben, die freiwillig abzugeben sind, analysieren die Studierenden die in der Vorlesung vorgestellten Architekturen, Formalisierungen, Parallelisierungen und Algorithmen, wenden diese auf konkrete Daten an und erweitern diese für ähnliche Problemstellungen. In den Hausaufgaben werden selbständig anspruchsvolle Übungsaufgaben bearbeitet, die ähnlich zu den Klausuraufgaben sind (siehe oben) und daher zur Vorbereitung darauf dienen. In der Übung werden mögliche Lösungsstrategien der Aufgaben zum Selbststudium diskutiert.</p>
Teaching and Learning Methods	<p>Lecture, tutorial, assignments for individual study. Within the assignments (the submission is optional) students analyze the architectures, formalizations, parallelizations, and algorithms presented in the corresponding lectures, apply them to real data, and extend these to similar problems. The assignments consist of demanding problems similar to the assignments in the written exam (for details see above) and serve as a preparation for the exam. Within the tutorials possible approaches for solutions of the assignments will be discussed.</p>
Turnus	Wintersemester
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller
Dozenten	Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller Dr. Karl Furlinger