



HIGH-PERFORMANCE COMPUTING (HPC)

Hochleistungsrechnen als Grundlage für eine leistungsstarke und souveräne Wirtschaft

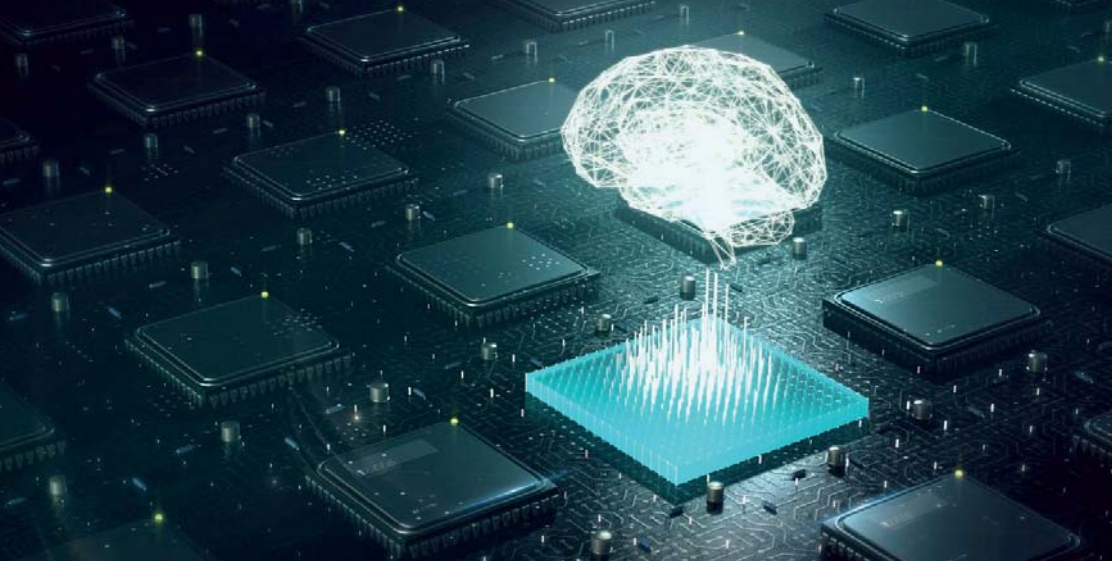
Hochleistungsrechnen (High-Performance Computing, HPC) ist ein wesentlicher Treiber der digitalen Transformation und damit eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Durch die steigende Leistung derartiger Supercomputer werden Forschung und Entwicklung in rechen- und datenintensiven Bereichen entscheidend vorangetrieben. Dazu zählen u.a. Klimamodellierungen, die Genomsequenzierung, die Entwicklung nachhaltiger Produkte oder die Katalysatorforschung. In der Pharmazie werden Supercomputer beispielsweise zum Durchsuchen von großen Datenbanken eingesetzt, um Wirksubstanzen für die Virenbekämpfung zu identifizieren. Im schnell wachsenden Markt für KI-Anwendungen, insbesondere im Feld des Maschinellen Lernens, bietet HPC bedeutende Möglichkeiten – von der Spracherkennung bis hin zur automatisierten Analyse von medizinischen Bilddaten. Als hochperformante und energieeffiziente Prozessoren in eingebetteten Systemen

hält das Hochleistungsrechnen Einzug in weitere Anwendungsfelder. So kommt HPC beispielsweise beim (teil-)autonomen Fahren zum Einsatz, für welches sehr große Datenmengen von zahlreichen Sensoren zuverlässig und in Echtzeit mobil verarbeitet werden müssen (Edge Computing).

Das Computing der Zukunft

Neue Anwendungsszenarien, zunehmend realitätsnähere Simulationen oder aufwändigere Algorithmen erhöhen die Anforderungen an die Hard- und Software stetig. Dabei stoßen konventionelle Computing-Technologien an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit und Effizienz. Um für unterschiedliche Anwendungsdomänen optimale, im Hardware-Software-Codesign aufeinander abgestimmte Komponenten (Rechenarchitekturen und Algorithmen) einsetzen zu können, sind neuartige Supercomputer modular nach dem Bau-

kostenprinzip aufgebaut. Denn erst die gute Vernetzung und das Zusammenschalten dieser hochspezialisierten Komponenten ermöglicht hoch-performantes, aufgabenoptimiertes, skalierbares und flexibles Rechnen. Neben massiv-paralleler Datenverarbeitung und Edge-Computing-Konzepten werden künftig auch disruptive Technologien wie neuromorphes Rechnen und Quantencomputing für Hochleistungsrechner verwendet. All diese Ansätze bilden die Grundlage für das hybride Computing der Zukunft (Next Generation Computing, NGC), welches einen Paradigmenwechsel im Design und in der Entwicklung von Hard- und Software für komplexe Rechen-, Verbindungs- und Speicheranforderungen einläutet. Hybride Recheninfrastrukturen der nächsten Generation (Exascale-Supercomputer) versprechen eine massive Beschleunigung von Innovationsprozessen. Obwohl die Rechenleistung in der öffentlichen Wahrnehmung meist im Vordergrund steht, spielt die Energieeffizienz



GLOSSAR

→ Die **Leistungsfähigkeit** von Hochleistungsrechnern wird in FLOPS (Floating Point Operations Per Second) gemessen. Diese reicht aktuell bis zum Petaflops-Bereich (10^{15}), mit Hunderten Billionen Rechenoperationen pro Sekunde (vergleichbar mit der von 100.000 modernen PCs). Mit den ersten Exascale-Computern (10^{18} FLOPS) werden in den kommenden Jahren noch leistungsfähigere Rechner in Betrieb gehen.

→ **Hardware-Software-Codesign** beschreibt die Entwicklung von Hardware- und Softwarekomponenten in einem iterativen Verfahren, mit dem Ziel alle Komponenten aufeinander anzupassen und dadurch die höchste Effizienz zu erreichen.

→ Das HPC stellt sowohl die Rechenplattform als auch wichtige technologische Wegbereiter zur künftigen Nutzung der Möglichkeiten des Quantencomputings und neuromorphen Rechnens zur Verfügung. **Quantencomputing** nutzt die Prinzipien der Quantenphysik, um eine Hardware-Basis für hochkomplexe Berechnungen und Simulationen zu schaffen, die auf aktuellen Supercomputern nicht durchführbar sind.

Neuromorphes Computing bringt neuartige Mikrochips zum Einsatz, die in ihrer Funktionsweise den Synapsen neuronaler Systeme des menschlichen Gehirns nachempfunden sind. Es ist die Basis für die Entwicklung extrem energieeffizienter, schneller und leistungsfähiger Computing-Lösungen, beispielweise für KI- oder Edge-Anwendungen.

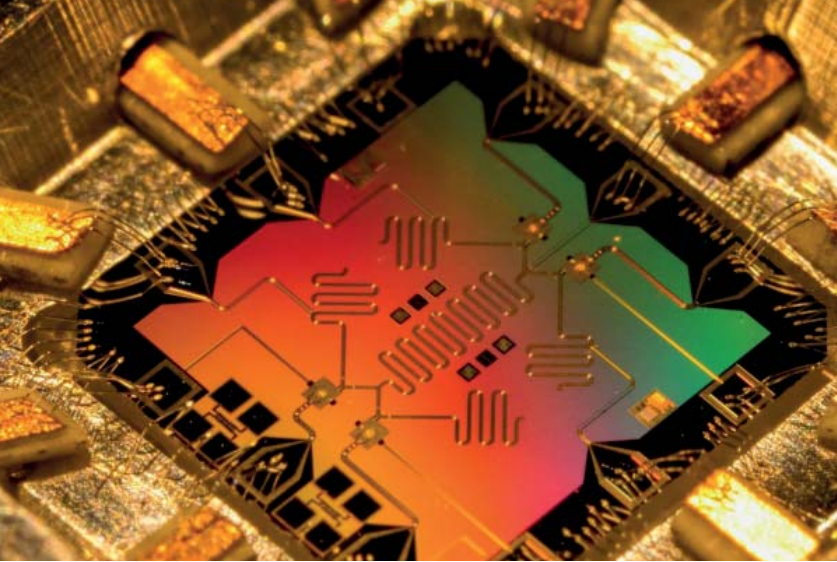
→ Aktuelle Hochleistungsrechner haben einen hohen Ressourcenverbrauch in ihrem Betrieb. Das Forschungsfeld der **Green IT** sucht Lösungen für die Optimierung des Ressourcenverbrauchs von Soft- und Hardware sowie IT-Anwendungen. Durch den verstärkten Einsatz von hybriden Computing-Architekturen kann der Energieverbrauch von HPC-Systemen signifikant gesenkt werden.

für das HPC eine immer bedeutendere Rolle. Der Energiebedarf von heutigen Supercomputern ist vergleichbar mit dem Verbrauch einer Kleinstadt und steigt mit zunehmender Rechenleistung. Die Verbesserung der Energieeffizienz von Computing-Technologien (Green IT) ist daher essenziell für den wachsenden Einsatz von HPC-Anwendungen und -Systemen.

Versprechen und Herausforderungen für die Souveränität

Bereits heute ist HPC ein kritischer Wirtschaftsfaktor. Das Hochleistungsrechnen zählt zu den besonders profitablen Technologien und verspricht Investoren enorme Kapitalrenditen.¹ Bei HPC- und Cloud-Rechenzentren handelt es sich um kritische Infrastrukturen, die kommerzielle und behördliche Daten verarbeiten und speichern. Ihr Schutz und ihre Betriebssicherheit sind für Institutionen, Unternehmen und Ver-

braucher unabdingbar. HPC bietet große Potenziale für die Schaffung neuer Arbeitsplätze und ist von grundlegender Relevanz sowohl für die Resilienz und Nachhaltigkeit der Wirtschaft als auch für die Sicherheit des europäischen Technologieraums. Aufgrund der steigenden Notwendigkeit, sehr große Datenmengen schnell zu verarbeiten, um künftig mit digitalen Produkten und Services wettbewerbsfähig bleiben zu können, wird die Nachfrage nach HPC-Technologien und -Kapazitäten weiter steigen. Hier haben sich jedoch Abhängigkeiten von außereuropäischen



Technologieanbietern entwickelt, welche zu einem Versorgungsrisiko in Deutschland und Europa führen und die technologische Souveränität bedrohen könnten. 33% der weltweiten HPC-Nachfrage kommt derzeit aus der EU, gleichzeitig befinden sich jedoch nur 5% der globalen HPC-Kapazitäten im europäischen Raum.² Um den Zugang zu HPC-Schlüsseltechnologien zu erweitern, hat die Europäische Kommission u.a. Projekte wie die European Processor Initiative (EPI)³ und das European High Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC)⁴ ins Leben gerufen. Deren gemeinsames Ziel ist es, die digitale Souveränität Europas und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Forschung und der Industrie zu sichern. Die Fraunhofer-Gesellschaft teilt dieses Anliegen und empfiehlt die Steigerung europäischer HPC-Potenziale.

1 Norton, A.; Joseph, E. (2020): HPC Investments Bring High Returns. St. Paul: Hyperion Research LLC: <https://www.delltechnologies.com/resources/en-us/asset/analyst-reports/products/ready-solutions/hyperion-hpc-investment-brings-high-returns.pdf> (S. 2).

2 Europäische Kommission (2016): European Cloud Initiative - Building a competitive data and knowledge economy in Europe. Brüssel: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-178-EN-F1-1.PDF> (S. 5).

3 European Processor Initiative (EPI): <https://www.european-processor-initiative.eu/>

4 European High Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC): <https://eurohpc-ju.europa.eu/>

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

1. HPC-Innovationen wirksam voranbringen

- Die Forschung und Entwicklung technologischer Wegbereiter (Halbleiter, Materialien, Kühltechnik, Hard- und Software) und Basistechnologien (neuromorphes Rechnen und Quantencomputing) effektiv fördern. Frühzeitig in das HPC der nächsten Generation (Exascale-Ära) investieren.
- Die Projekt- und Programmförderung mit Blick auf die Synergien zu KI, Big Data, Edge- und Cloud-Technologien weiterentwickeln.
- Den Beitrag von HPC-Technologien für Green-IT (Ressourcenverbrauch und Wiederverwertung) aktiv fördern.

2. Den Transfer in die Anwendung stärken

- Den strategischen Dialog zwischen der Politik, den Herstellern sowie den Nutzern führen, um Rahmenbedingungen für den Zugang und die Anwendung von HPC-Technologien zu identifizieren und anwenderfreundlich gestalten zu können.
- Die Transferpfade für KMU stärken, wissensintensive Ausgründungen im HPC-Bereich fördern und den Zugang zu Wagniskapital für die wachsende HPC-Industrie in Deutschland und Europa vereinfachen.
- Anreize für mehr gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen setzen, z.B. Sharing-

Modelle zur gemeinsamen HPC-Nutzung ermöglichen.

- Die Integration von HPC-Technologien in die drei Standorte des Gauss Centre for Supercomputing (GCS) und deren Anwendung im industriellen Umfeld verbessern.
- Interdisziplinäre Forschung und Lehre, insbesondere in den Bereichen Informatik, Elektrotechnik, Physik und Mathematik, ausbauen. Die Ausbildung von Fachkräften für die Nutzung und Skalierung von HPC verbessern.

3. Die technologische Souveränität und Resilienz stärken

- Die Produktion von Mikroelektronik- sowie ICT-Schlüsselkomponenten für HPC als kritische Infrastrukturen in Deutschland und Europa auf- und ausbauen.
- Die Sicherheit und Vertrauenswürdigkeit in der Entwicklung und Nutzung von HPC-Systemen weiter wirksam erforschen.
- Das Instrument der »Important Projects of Common European Interest« (IPCEIs) mit Blick auf die Bedeutung von HPC für die künftige Wettbewerbsfähigkeit Europas reflektieren.
- Die politischen Maßnahmen in einer nationalen HPC-Strategie bündeln, die sowohl ICT- als auch Daten- und Infrastruktur-Konzepte für Deutschland und Europa umfasst. Nationale Bemühungen für eine HPC-Roadmap auf europäischer Ebene intensivieren.

Weiterführende Informationen

■ Fraunhofer Strategisches Forschungsfeld Next Generation Computing:

<https://s.fhg.de/fsf-ngc>

■ Fraunhofer Politik-Papier »Künstliche Intelligenz«:

<https://s.fhg.de/politik-papier-ki>

■ Fraunhofer Politik-Papier »Digitale Souveränität«:

<https://s.fhg.de/politik-papier-dig-souveraenitaet>

■ Fraunhofer Politik-Papier »Quantentechnologien«:

<https://s.fhg.de/politik-papier-quanten>

Redaktionelle Verantwortung:

Dr. Felix Pyatkov, Abteilung Think Tank

Martin Wegele, Abteilung Wissenschaftspolitik

Kontakt:

Abteilung Wissenschaftspolitik, Ansprechpartnerin: Elena Köhler

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

E-Mail: elena.koehler@zv.fraunhofer.de