



Bedeutung von High Performance Computing im Unternehmen

Hinführung und Orientierung

www.bitkom.org

bitkom

Herausgeber

Bitkom
Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e. V.
Albrechtstraße 10 | 10117 Berlin
T 030 27576-0
bitkom@bitkom.org
www.bitkom.org

Ansprechpartner

Dr. Roman Bansen | Bitkom e. V.
T 030 27576-270 | r.bansen@bitkom.org

Verantwortliche Bitkom-Gremien

AK High Performance Computing & Quantum Computing

Autoren

Dr. Roman Bansen (Bitkom)	Manousos Markoutsakis (DataDirect Networks)
Dr. Valeria Bartsch (Fraunhofer ITWM)	Dr. Sebastian Luber (Infineon)
Dr. Jörg Blechschmidt (DB System)	Dr. Stephan Schenk (BASF)
Maximilian Freiermuth (Genesis Cloud)	Felix Schiessl (Accenture)
Dr.-Ing. habil. Alfred Geiger (T-Systems)	Dr. Fritz Schinkel (Fujitsu)
Andy Georgi (Microsoft)	Ingolf Stärk (Fujitsu)
Max Guhl (T-Systems)	Joachim Wierzbinka (ISC)
Josef Höckner (Fujitsu)	Markus Widmer (Intel)
Alexander Kaffenberger (Fujitsu)	Ingolf Wittmann (IBM)

Satz & Layout

Katrin Krause | Bitkom e. V.

Titelbild

© Krzysztof Kowalik | unsplash.com

Copyright

Bitkom 2020

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom.

1 Big Picture – Warum High Performance Computing (HPC)?¹

Der Begriff der Digitalisierung ist aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Wurde er vor wenigen Jahren noch als abstrakter Megatrend oder – je nach Sichtweise – auch als Bedrohung wahrgenommen, sind wir heute schon mitten in der Umsetzung. Dabei wird die Digitalisierung überwiegend als große Chance für Deutschland gesehen. Dass Digitalisierung alle Menschen betrifft, zeigen die vielfältigen Anwendungen etwa in der vernetzten Mobilität, der personalisierten Medizin, der Industrie 4.0, sowie der Wissenschaft. Viele der heutigen und zukünftigen Möglichkeiten erfordern dabei Rechenleistungen, die über das übliche Maß hinausgehen. High Performance Computing (HPC) ist somit ein wesentlicher Grundpfeiler der Digitalisierung.

War ursprünglich die technisch-wissenschaftliche Simulation etwa in der Strukturmechanik oder bei der Strömungsanalyse wichtigster Einsatzfall, gelangen neue Einsatzzwecke zu mehr und mehr Bedeutung. Datengetriebene Anwendungen (Big Data) eröffnen neue Möglichkeiten für Risikoanalysen und Vorausschauender Instandhaltung (Predictive Maintenance); Künstliche Intelligenz (KI/AI) kommt in der Spracherkennung oder auch in der automatischen Analyse von medizinischen Bilddaten zum Einsatz; Autonome Fahrzeuge erfordern komplexe Berechnungen innerhalb und außerhalb des Fahrzeugs; High Performance Computing erlaubt die Simulation von chemischen Formulierungen auf molekularem Niveau; IT-Infrastruktur wird mittels Quanten-inspiriertem Computing optimiert; Computerspiele leben von hochauflösenden, animierten Bilderwelten.

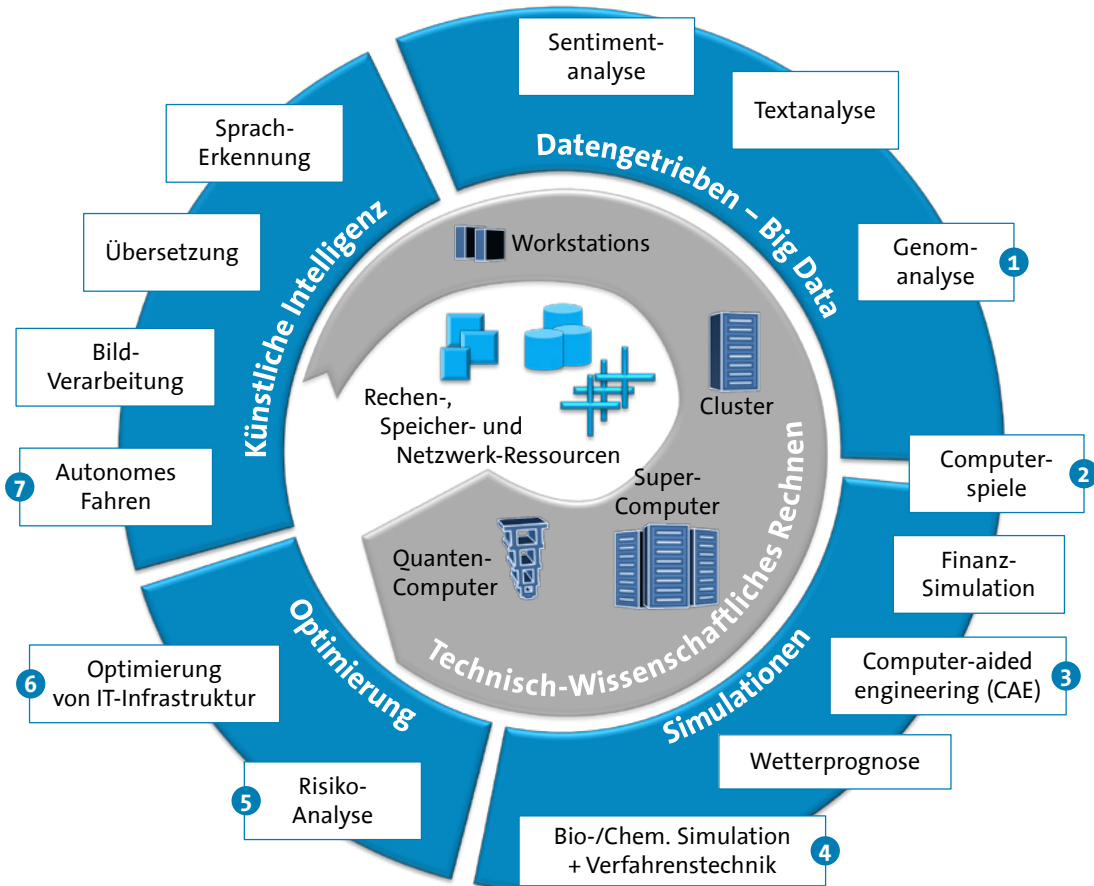
Die vielseitigen Anwendungen stellen unterschiedlichste Rechenanforderungen: zentral oder dezentral, in Echtzeit oder besonders energieeffizient. Entsprechend gibt es jeweils unterschiedliche Rechenkonzepte und Leistungsklassen beginnend bei Workstations über Rechencluster bis hin zu Supercomputern, die in Zukunft auch mit neuen Technologien wie Quantencomputern und neuromorphischen Computern zusammenarbeiten werden. Die technische Weiterentwicklung und Anwendbarkeit von High Performance Computing wird auf nationaler und europäischer Ebene nicht zuletzt durch umfangreiche Förderprogramme gestützt. Gremien und Kooperationen wie etwa EuroHPC / ETP4HPC, das GCS, die Quantum Computing Industry Group und PRACE koordinieren die verschiedenen Teilnehmer und ermöglichen die schlagkräftige Ausrichtung der Aktivitäten.²

Und die Rechenleistung steigt stetig an: Moderne Smartphones reichen heute an die Rechenleistung der noch vor wenigen Jahrzehnten stärksten Supercomputer heran. Die unbändige Dynamik auf technischer Seite führt zu spannenden neuen Möglichkeiten, aber auch zu einer hohen Komplexität, die wir auf den folgenden Seiten näher erläutern wollen. Dazu wird der Einsatz von HPC an sieben ausgewählten Anwendungsfällen dargestellt, gefolgt von einer tabellarischen Übersicht der vielfältigen Einsatzgebiete. Am Ende finden Sie zudem eine Begriffserläuterung der in diesem Dokument verwendeten Fachbegriffe.

Wenn Sie Ansprechpartner zum Thema HPC suchen, können Sie sich unter folgender Adresse direkt an den Bitkom Arbeitskreis High Performance Computing & Quantum Computing (AK HPC&QC) wenden: HPCQC@bitkom.org

¹ High Performance Computing (HPC) steht für einen Bereich der Datenverarbeitung, bei der ein Maximum an Rechenleistung zur Lösung technischer und wissenschaftlicher Probleme benötigt wird. Typische Merkmale sind, nach dem aktuellen Stand der Technik, hohe Anforderungen an die Rechenleistung, eine massiv parallele und eng gekoppelte Datenverarbeitung und die Nutzung spezieller Software. Weitere Begriffsdefinitionen und Beschreibungen der Fachbegriffe im Glossar am Ende dieses Dokumentes (Abschnitt 3).

² Beschreibungen und Weblinks zu den genannten Gremien finden Sie im Glossar.



n Ausgewählte Beispiele in Kapitel 2.1

Abbildung 1: Technologien und Anwendungsbereiche von High Performance Computing

2 Use-Cases

Die Einsatzgebiete von High Performance Computing sind mannigfaltig, jedoch außerhalb der Community weitgehend unbekannt. Inzwischen profitiert nahezu jede Industrie von der enormen Rechenleistung. Die folgenden Einsatzgebiete stellen eine Auswahl dar, um einen Einblick in die Leistungs- und Vielfältigkeit zu geben.

2.1 Ausgewählte Beispiele

1. Genomsequenzierung / Krebsforschung [Medizin]

Die Entwicklung neuer Krebstherapien und Medikamente basiert auf der Visualisierung und dem Verständnis der DNA Moleküle des Erregers. Dafür werden mit Hilfe von Genom-Sequenzierungen die Bestandteile der DNA bestimmt und digitalisiert. Die dabei entstehende und ständig steigende Datenflut, teils dutzende Gigabytes pro DNA, wird durch HPC Systeme in vertretbar kurzen Zeiträumen ausgewertet.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden darüber hinaus auch genutzt, um bereits bekannte Medikamente nach wirksamen Inhaltsstoffen zu durchsuchen – Drug Screening. Damit lässt sich die Entwicklungszeit neuer Medikamente erheblich reduzieren.

2. Computerspiele [Spielebranche]

Hochleistungsrechnen findet auf allen Ebenen der weltweiten Spieleindustrie statt. Zum Einsatz kommen dabei neben mit HPC-Komponenten aufgerüsteten Einzelplatz-Systemen auch HPC-Cluster zur Erstellung von Graphiken und Animationen, sowie weltweit verteilte Rechenzentren für Online-Spielplattformen und Cloud-Spiele-Services. Es wird vermehrt spezialisierte Hardware eingesetzt, etwa Spielekonsolen, Graphik- oder Beschleunigerkarten oder in Zukunft auch Karten zum Einsatz von künstlicher Intelligenz. Mit steigender Verfügbarkeit von Netzwerk-Bandbreite verlagert sich die Rechenleistung jedoch vom Endgerät auf die zentralen Systeme, in denen die Spiele berechnet werden oder die Graphik aufbereitet und zum Endgerät übertragen wird („Streaming“). Spielkonzepte werden kontinuierlich weiterentwickelt, etwa durch die Einführung von Augmented Reality („Erweiterter Realität“), in der Verbindungen und Überblendungen zwischen Virtueller Realität und realer Welt in Echtzeit geschaffen werden. Diese Weiterentwicklungen führen zu einer breiten Mischung im Einsatz befindlicher Technologien.

3. Strömungsanalyse [Ingenieurwissenschaften]

Strömungssimulationen kommen in unterschiedlichsten Gebieten zum Einsatz – mit ihnen kann die Bewegung von Materialflüssen, Gasen, Flüssigkeiten und auch Luft simuliert werden, z.B. in Verbrennungs-Maschinen und Flugzeugturbinen. Bei der Entwicklung moderner Triebwerke hat die Reduzierung von Schadstoffen und Geräuschen sowie die Steigerung der Effizienz höchste Priorität. Um dies zu erreichen, werden die Strömungen des gesamten Verbrennungsprozesses digital analysiert und nach neusten Erkenntnissen optimiert. Darüber hinaus Ermöglichen Simulationen Rechner-gestützte Entwicklung, was es erlaubt, teure Experimente (beispielsweise Crashtests oder aerodynamische Untersuchungen) zu ersetzen.

4. Formulierung von Waschmitteln [*Chemische Industrie*]

High Performance Computing erlaubt die Simulation von Formulierungen wie beispielsweise Waschmitteln und Geschirrspülmitteln auf molekularem Niveau, um die Wirkweise existierender Produkte besser zu verstehen und basierend darauf neue potentielle Wirkstoffe zu entwickeln. Auch die Wechselwirkung von Substanzen mit dem Boden und ggf. deren möglicher Transport ins Grundwasser kann durch mit mathematischen Formulierungen beschriebene Modelle präzise beschrieben werden. Mit High Performance Computing können hunderttausende Szenarien innerhalb von Tagen berechnet werden und auch die Bioaktivität bzw. die chemische Reaktion der Substanzen mit der Umwelt sowie mögliche Abbauprodukte können bereits vor Marktzulassung bestimmt werden.

5. Risikoanalyse [*Finanzwirtschaft*]

Die Risikoanalyse und ihre Algorithmen unterstützen das Verständnis und die Quantifizierung von potenziellen Verlusten (oder Gewinnen), z.B. zum Schutz vor Liquiditätsengpässen und zur Entwicklung von Versicherungsprodukten.

Risikomanager beraten ihre Kunden bzgl. Investitionsumfang und Auswahl geeigneter Vermögenswerte mit dem Ziel, die erwarteten Renditen zu erhöhen und Ausfälle zu limitieren.

Die derzeitigen Algorithmen ermöglichen Übernachtberechnungen zur Risikoanalyse für eine begrenzte Anzahl von zuvor ausgewählten Szenarien.

6. Quanten-inspiriertes Computing – Optimierung von IT-Infrastruktur [*QC/IT-Infrastrukturen*]

Angesichts der weltweit zunehmenden Abhängigkeit von IT-Infrastruktur nimmt die Komplexität der Rechenzentren erheblich zu. Gleichzeitig steigen die Kosten für den Betrieb und die Instandhaltung von Infrastrukturen, die idealerweise durch Optimierung gesenkt werden sollen. Nach bewährten Verfahren ist das Kapazitätsmanagement ein wesentlicher IT-Prozess mit dem Ziel, ausreichende Ressourcenkapazität für einen bestimmten IT-Dienst bereitzustellen. Sogenannte Annealer sind in der Lage, eine optimale Verteilung von IT-Services auf Serversysteme zu berechnen. Dabei werden nicht selten Kombinationen mit dreistelligen Exponenten bewältigt.

7. Autonomes Fahren [*Mobilität*]

Autonom bewegte Fahrzeuge (z.B. Autos, Flugzeuge, Züge) sammeln während der Fahrt große Mengen an Daten – Big Data – über sich selbst und ihre Umgebung.

Diese Daten werden mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz genutzt, um das Fahrzeug Handlungsanweisungen für möglichst alle denkbaren Situationen und damit Interaktionen mit der Umgebung und Objekten erlernen zu lassen. Auch die virtuelle Simulation von autonomen Fahrten auf Basis der gesammelten Daten werden für Trainings des KI-Fahrers (der Künstlichen Intelligenz) genutzt.

Zahlreiche weitere interessante Use-Cases – mit einem konkreten Fokus auf dem Bereich Manufacturing – sind in der Abschlussbroschüre des europäischen Fortissimo-Projektes zusammengetragen: [Fortissimo Success Stories – Fortissimo's Small & Medium, Manufacturing Enterprises](#).

2.2 HPC in der Anwendung – eine Übersicht

Neben den sieben beschriebenen Anwendungen wird High Performance Computing in unterschiedlichsten Anwendungen und nahezu allen Branchen eingesetzt. Die folgende Tabelle veranschaulicht die Vielfalt der Anwendungsfelder und Industrien. Über die Auswahl einer Branche (Spalte) und der gewünschten Anwendung (Zeile) gibt die Tabelle dazu einen Hinweis auf das jeweilige Potenzial von High Performance Computing.

Nicht in allen genannten Bereichen kommt HPC schon durchgängig zum Einsatz. In dem Sinne zeigt die Tabelle künftige Potenziale auf und möchte zu einer intensiven Beschäftigung mit High Performance Computing anregen.

		Industrie														HPC-Technologien						
USE-CASE		Finanz-/Versicherungswirtschaft	Gesundheitswesen	Pharma	Produzierendes Gewerbe	Automobilindustrie	Medien & Spiele	Agrarindustrie	Ernährung	Retail	Energiewirtschaft	Logistik	Transport	Luftverkehr	Provider	Telekommunikation	Chemische Industrie	Öl & Gas	Big Data Analytics	Künstliche Intelligenz (KI)	Numerische Simulation	Mathematische Optimierung
	Risikoanalyse / Risiko-Scoring	■			■						■		■	■	■	■	■	■	✓	✓	✓	✓
	Genomanalyse / Life Science		■					■											✓	✓	✓	✓
	Simulation (Crashes, Materialien, Aerodynamik, Flüssigkeiten, Gase, Thermisch, Elektrisch, Magnetisch,...)		■		■				■		■	■	■	■				■	✓	✓	✓	✓
	Geoinformatik / Geo-Reservoir							■			■			■	■			■	✓	✓	✓	✓
	Medizinische Bildanalyse & Diagnose	■	■	■	■			■											✓	✓	✓	✓
	Rendering digitaler Filme und Spiele		■		■		■							■			■		✓	✓	✓	
	Autonomes Fahren (Straße, Schiene, Wasser, Luft)				■			■				■	■	■					✓	✓	✓	
	Digitaler Zwilling (Engineering, Industrie, Netzwerke, Verkehr, Energie,...)				■			■			■	■	■	■			■		✓	✓	✓	✓
	Predictive Maintenance		■		■				■		■	■	■	■	■	■			✓	✓	✓	✓
	Predictive Sales / Logistics / Traffic / Transportation		■		■			■		■	■	■	■	■			■		✓	✓	✓	✓
	Predictive Analytics in Pharma		■		■												■		✓	✓	✓	✓
	Augmented Reality [AR]		■		■			■			■	■	■	■			■		✓	✓	✓	
	Gesten-Erkennung		■		■					■		■	■	■						✓	✓	
	Analyse von Kunden-Daten		■		■		■	■	■	■	■	■	■	■			■		✓	✓		
	Personalisiertes Marketing	■			■		■	■	■	■	■	■	■	■			■		✓	✓	✓	✓
	Personalisierte Medikation		■		■												■		✓	✓	✓	✓
	KI – Training		■		■		■				■	■	■	■			■		✓	✓	✓	✓
	Chat-Bot		■		■		■		■	■	■	■	■	■			■		✓	✓		
	Negotiation robot		■		■		■		■	■	■	■	■	■			■		✓	✓		
	Betrugserkennung		■		■		■			■	■	■	■	■			■		✓	✓		
	Optimierung – Industrielle Prozesse		■		■		■		■	■	■	■	■	■			■		✓	✓	✓	✓
	Optimierung – Komponenten / mix-sigma				■						■		■	■			■		✓	✓	✓	✓
	Optimierung – Produktion / yield			■	■		■		■	■	■	■	■	■			■		✓	✓	✓	✓
	Optimierung – Netzwerke															■						✓
	Automatisierte Software-Prüfung (HIL / SIL)		■		■							■	■	■					✓	✓	✓	✓
	Qualitäts-Check (Video / Bild)			■	■				■	■	■	■	■	■					✓	✓		
	Klimasimulationen	■			■		■				■		■	■			■		✓	✓	✓	✓

- Besonderes Potenzial
- Geringes Potenzial
- Kein Potenzial

3 Glossar

Im Folgenden finden Sie kurze Erklärungen zu den in diesem Dokument verwendeten Fachbegriffen und Abkürzungen.

Algorithmen: Ein Algorithmus ist eine definierte Verarbeitungsvorschrift, die für jede mögliche Eingabe von Informationen in endlichen Schritten und in endlicher Zeit eine Ausgabe generiert, die bestimmte Eigenschaften hat.

Annealer: Als Annealer oder Annealing bezeichnet man Optimierungsverfahren, die neben berechenbaren Größen auch zufällige Entscheidungen in die Lösungsfindung einbeziehen. Annealing kann beispielsweise als numerische Simulation (s. Digital Annealer) oder als physikalischer Vorgang (s. Quanten-Annealing) realisiert werden. Der Begriff entstammt der Metallurgie, wo durch Wärmebehandlung (annealing bedeutet glühen) gesetzmäßige und zufällige Einflüsse zur Verbesserung von Materialeigenschaften zum Einsatz kommen.

Augmented Reality (AR): Augmented Reality – zu Deutsch Erweiterte Realität – ist das Anreichern der realen / physischen Umgebung mit virtuellen Informationen durch beispielsweise Brillen.

Artificial Intelligence (AI): *siehe Künstliche Intelligenz*

Big Data: Oberbegriff, der sowohl große Datenmengen bezeichnet, als auch die Analyse-Methoden für große Datenmengen. Big Data Daten sind oft unstrukturiert. D.h. im Gegensatz zu strukturierten Daten (z.B. in einer Datenbank) muss bei unstrukturierten Daten (z.B. Bilder, Texte) auf sehr generische Suchalgorithmen zurückgegriffen werden, um das Sortieren von Daten oder das Auffinden von spezifischen Informationen zu ermöglichen. Der sogenannte Map-Reduce-Algorithmus wird hierbei prominent eingesetzt. Letztliches Ziel von Big Data Analysen ist es, nützliche Informationen und Strukturen aus bestehenden großen Datenmengen zu extrahieren.

Computer-aided Engineering (CAE): Computer-aided engineering, englisch für computergestützte Entwicklung, bezeichnet die Rechner-Unterstützung der Entwicklung von Technologien und Produkten.

Cluster: *siehe Rechencluster*

Digitaler Annealer: Ein Digitaler Annealer ist eine spezielle Hardware zur beschleunigten Ausführung von Annealing-Algorithmen. Rechenmodell und Rechengeschwindigkeit entsprechen den Quanten-Annealern, wobei wesentlich größere Szenarien als auf den heute verfügbaren Quanten-Annealern gerechnet werden können. Digitale Annealer können nicht gezielt nach dem globalen Optimum suchen und kommen deshalb dort zum Einsatz, wo kurze Rechenzeit und möglichst gute aber nicht unbedingt optimale Ergebnisse verlangt sind.

Digitalisierung: Digitalisierung bedeutet die Umwandlung von analogen in digitale Daten, für Computer-bearbeitbare Formate. Die Digitalisierung und damit Computer-Unterstützung umfasst heute praktisch alle Lebensbereiche und wird als wichtiger Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen gesehen. Gefahren der Digitalisierung, etwa die missbräuchliche Verwendung persönlicher Daten, muss durch entsprechende Regelwerke und Kontrollinstrumente entgegengewirkt werden.

EuroHPC: EuroHPC ist ein 2018 gegründetes Gemeinschaftsunternehmen (Rechtsform »Joint Undertaking, JU«) der Europäischen Union und 32 Europäischen Staaten, mit dem Ziel, sowohl die Europäische HPC-Infrastruktur auf ein weltweit konkurrenzfähiges Niveau auszubauen, als auch durch verstärkte lokale Entwicklung kritischer HPC-Komponenten die Technologie-Souveränität Europas zu erhöhen. Für den Zeitraum bis 2020 stehen hierfür etwa 1 Mrd. € aus Budgets der EU und der Mitgliedsstaaten zur Verfügung. Daraus werden u.a. 3 Europäische »Pre-Exascale« Höchstleistungs-Systeme finanziert. Die Struktur von EuroHPC umfasst das zu Entscheidungen befugte »Governing Board«, sowie die 2 Beratungsgremien »INFRAG« für Infrastruktur-Vorhaben und »RIAG« für HPC Forschung und Entwicklung. In der »RIAG«

sind auch die Europäischen Interessensverbände für HPC (ETP4HPC, siehe dort) und BigData (BDVA) vertreten.
Weblink: <https://eurohpc-ju.europa.eu>

ETP4HPC: ETP4HPC (European Technology Platform for High Performance Computing) ist eine Interessensvereinigung zur Förderung der Europäischen HPC Forschung und Innovation. Die etwa 100 Mitglieder der Vereinigung mit Sitz in den Niederlanden sind Industrieunternehmen einschließlich KMU's, sowie Forschungseinrichtungen, Universitäten und HPC-Großrechenzentren. ETP4HPC ist privates Mitglied im RIAG Beratungsgremium von EuroHPC (siehe dort). Die fachliche Arbeit erfolgt in Arbeitsgruppen des ETP4HPC, etwa für System-Architekturen, Energie-Effizienz oder Industrielle Anwendung von HPC. Ergebnisse werden regelmäßig in der »Strategic Research Agenda« (SRA) publiziert. Die SRA dient als Grundlage für die Planung von HPC-Entwicklungsprogrammen in EuroHPC. Weblink: www.etp4hpc.eu

Gauss Centre for Supercomputing (GCS): Das Gauss Centre for Supercomputing vereint die drei deutschen Höchstleistungs-Rechenzentren HLRS (Hochleistungsrechenzentrum Stuttgart), JSC (Jülich Supercomputing Centre) und LRZ (Leibniz Rechenzentrum, Garching bei München) zur führenden nationalen HPC-Institution. Weblink: www.gauss-centre.eu

High Performance Computing (HPC): High Performance Computing steht für einen Bereich der Datenverarbeitung, bei der ein Maximum an Rechenleistung zur Lösung technischer und wissenschaftlicher Probleme benötigt wird. Typische Merkmale sind, nach dem aktuellen Stand der Technik, hohe Anforderungen an die Rechenleistung (FLOPS), eine massiv parallele und eng gekoppelte Datenverarbeitung und die Nutzung von spezieller Software. Eingesetzt wird HPC von Workstations bis hin zu Supercomputern. Neue Hardware und Software Technologien, Algorithmen, Konzepte und Architekturen aus dem HPC-Umfeld inspirieren und beflügeln immer wieder die klassische IT.

Künstliche Intelligenz (KI): Der Begriff künstliche Intelligenz ist etwas unscharf umfasst, aber im Allgemeinen die Methoden des maschinellen Lernens, die einen immer größeren Schwerpunkt im industriellen Bereich bilden. Im Zuge dessen hat vor allem GPU-basierte Hardware eine hohe Relevanz. Dabei reicht die Spanne von einfachen Desktoprechnern bis hin zu High Performance Computing Rechenclustern.

Neuromorpher Computer: Neuromorphes Computing beschreibt die Verwendung von sehr großen integrierten Systemen zur Nachahmung neurobiologischer Architekturen im Nervensystem. Es ist ein interdisziplinäres Fach, das sich von der Biologie, Physik, Mathematik, Informatik und Elektrotechnik inspirieren lässt, um künstliche neuronale Systeme wie Sehsysteme, Kopf-Augen-Systeme, Hörprozessoren und autonome Roboter zu entwerfen, deren physikalische Architektur und Entwurfsprinzipien auf denen biologischer Nervensysteme basieren.

Optimierung: Gegeben sei ein (typischerweise sehr großer) durch Variablen beschriebener Suchraum, der Handlungsalternativen z.B. einer geschäftlichen Aktivität repräsentiert. Für jede Kombination der Variablenwerte (also für jede Handlungsoption) ist eine Bewertungsfunktion (z.B. Kosten, Risiko, Gewinne) definiert. Gesucht werden eine oder mehrere Lösungen, für die die Bewertungsfunktion einen extremalen Wert (z.B. ein Kosten-, Risikominimum, Gewinnmaximum) annimmt. Die Mathematische Optimierung stellt Algorithmen bereit, die Lösungen für derartige Aufgabenstellungen effizient finden. Anwendung findet die Mathematische Optimierung in allen wissenschaftlichen Disziplinen und Unternehmensbereichen mit oft signifikanter Auswirkung auf bestehende Prozesse (disruptive Veränderung).

PRACE: Partnership for Advanced Computing in Europe. Europäische Vereinigung der Betreiber öffentlicher HPC-Ressourcen der obersten Leistungsklasse, jeweils vertreten durch nationale HPC Institutionen. Ziel von PRACE ist es, den Einsatz von HPC zum Nutzen der gesamten Gesellschaft in Europa zu fördern. Weblink: <https://prace-ri.eu>

Predictive Maintenance: siehe *Vorausschauende Instandhaltung*

Quantum Computing Industry Group (QCIG): Eine Gruppierung von Europäischen Institutionen und Firmen, die den verstärkten praktischen Einsatz von Quantum Computing anstrebt.

Quanten-Annealer: Quanten-Annealer lösen eine meist kombinatorische Optimierungsaufgabe durch Messung des Grundzustandes eines analog konfigurierten quantenmechanischen Aufbaus. Der Prozess unterliegt dem Zufall und wird zur Erzielung aussagekräftiger Ergebnisse mehrfach ausgeführt. Quanten-Annealer sind dazu vorgesehen, ein echtes globales Optimum zu finden.

Quantencomputer: Ein Computer, der spezifisch die quantenmechanischen Eigenschaften der Superposition und der Verschränkung (engl. Entanglement) verwendet. Quantencomputer verwenden sogenannte Qubits (= Quantum Bits) als Grundeinheiten, um digitale Daten darzustellen und können für bestimmte Problemklassen viel schneller rechnen als klassische Rechner oder Supercomputer. Quantencomputer berechnen Probleme in Optimierung, Quanten-Simulation oder Kryptographie viel effizienter. Für die praktische Nutzung sind gewisse minimale Anzahlen von adressierbaren Qubits notwendig.

Quanten-inspiriertes Computing: Quanten-inspiriertes Computing bezeichnet klassische (nicht-quanten-)Methoden, Algorithmen und Maschinen, die durch Ansätze des Quanten-Computing veranlasst sind und eine Brücke auf dem Weg zu Quanten-Computing darstellen können.

Rechencluster: Über Hochgeschwindigkeitsnetze föderierte Serverinfrastruktur zur Nutzung für parallele HPC-Anwendungen.

Rechenzentrum: »Produktionsgebäude« für IT-Leistungen. Stellt Strom, Kühlung, Netzwerk und Schutz für den Betrieb von IT-Komponenten (Server, Storage, etc.) und darauf laufenden Services (Cloud, Intranet, Online Services, etc.) zur Verfügung.

Simulation / numerische Simulation: Als numerische Simulationen bezeichnet man Computersimulationen, welche mittels mathematischer Modelle technische oder natürliche Systeme simulieren. Die Ergebnisse einer numerischen Simulation erlauben den Gewinn von Erkenntnissen, welche in Laborexperimenten oder Feldstudien nur schwer zugänglich sind. Dazu zählen auch Vorhersagen, wie sich das simulierte System unter anderen Randbedingungen oder in der Zukunft verhält. Bekannte Beispiele sind Wetter- und Klimaprognosen, Strömungssimulationen, Molekulardynamik-Simulationen und astrophysikalische Simulationen. Selbst Computerspiele enthalten numerische Simulationen.

Supercomputer: Nach globalen Maßstäben äußerst leistungsfähiger Großrechner, der für verschiedene Applikationen eingesetzt werden kann.

Vorausschauende Instandhaltung: Vorausschauende Instandhaltung agiert noch bevor ein Defekt eintritt und versucht damit, Ausfälle zu vermeiden. Dabei werden historische Ausfallszenarien analysiert, um die jeweils aktuelle Situation zu bewerten. Die Analyse geschieht immer stärker durch selbst-lernende KI-Algorithmen (Künstliche Intelligenz).

Workstation: Mit hoher Graphik- und Prozessor-Leistung ausgestatteter Arbeitsplatzrechner für technisch-wissenschaftliche Anwendungen. Workstations sind typischerweise mit hochwertigen Bildschirmen sowie professionellen Eingabegeräten (z.B. 3D-Mouse) ausgestattet.

Bitkom vertritt mehr als 2.700 Unternehmen der digitalen Wirtschaft, davon gut 2.000 Direktmitglieder. Sie erzielen allein mit IT- und Telekommunikationsleistungen jährlich Umsätze von 190 Milliarden Euro, darunter Exporte in Höhe von 50 Milliarden Euro. Die Bitkom-Mitglieder beschäftigen in Deutschland mehr als 2 Millionen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 500 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig oder in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 80 Prozent der Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, jeweils 8 Prozent kommen aus Europa und den USA, 4 Prozent aus anderen Regionen. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem weltweit führenden Digitalstandort zu machen.

**Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e.V.**

Albrechtstraße 10
10117 Berlin
T 030 27576-0
F 030 27576-400
bitkom@bitkom.org
www.bitkom.org

bitkom