

# Memorandum: „Memory-driven Computing for Big Data Analytics“

## Workshop 30. Mai 2018, Berlin

Der Workshop machte deutlich, dass die gegenwärtigen Computing-Architekturen nicht dafür ausgelegt sind, die anstehenden IT-Herausforderungen zu bewältigen. Ein Paradigmenwechsel ist notwendig: das heutige prozessor-orientierte Computing sollte durch ein speicher-orientiertes Computing ersetzt werden. Die Realisierung dieses Paradigmenwechsels erfordert umfassende Forschungsanstrengungen. Durch ein kooperatives Zusammenwirken nationaler Institutionen ließe sich „**The German Machine**“ entwickeln. Diese Lösung könnte nicht nur erheblich zur Stärkung der dt. Wissenschaft im internationalen Vergleich beitragen, sondern auch Nachwuchswissenschaftler an Universitäten/Hochschulen motivieren, Start-ups in einem bedeutenden Zukunftssektor zu gründen.

### 1. Die Herausforderungen

Die **nächste Entwicklungsstufe von Big Data** zeichnet sich bereits ab: Anstehende internationale Forschungsvorhaben der Astronomie und der Elementarteilchen-Physik produzieren weitaus **mehr Daten, als derzeit im weltweiten Internet** fließen und nur ein Bruchteil davon kann langfristig gespeichert werden. Hinzu kommt, dass selbst die Größe einzelner Datenobjekte bald jedes bekannte Maß übersteigt („**Datenmonster**“). Das Square Kilometre Array (SKA) wird aus Tausenden von Teleskopen errichtet, die 3D-Bilder vom Universum mit fantastischer Auflösung aufnehmen: Zur Speicherung eines einzelnen derartigen 3D-Bilds werden die Festplatten von mehr als 1000 handelsüblichen Notebooks benötigt.

Die **Energiefrage** ist nicht länger zu vernachlässigen. Eine Google-Suche kostet scheinbar nichts. Tatsächlich ist der Energiehunger der unsichtbar im Hintergrund arbeitenden Rechner gewaltig: Der Energiebedarf für das Cloud Computing übertrifft inzwischen den Gesamtenergiebedarf Deutschlands um ein Vielfaches. Damit verbunden ist das Problem der **Datenverschwendung**. Generell nimmt der verwertbare Informationsgehalt in den rasant wachsenden Datenfluten rapide ab: Immer mehr Daten liegen nur auf Halde und werden nie wieder genutzt. Es sind Verfahren zu entwickeln, mit denen sich schon bei der Datenproduktion die Daten herausfischen lassen, an denen ein langfristiges Interesse besteht.

### 2. Die gegenwärtige Situation

In den Rechenzentren (RZ) sind hierarchische Speichersysteme über schnelle Netzwerke mit leistungsfähigen Prozessorsystemen verbunden. Die Nutzer werden von den RZ-Betreibern vielfältig unterstützt, u. a. bei der Modifizierung ihrer Anwendungen, so dass die RZ-Hardware effizient genutzt werden kann. Dies reicht künftig nicht mehr aus.

Speichersysteme bestehen aus langsamen Komponenten, auf denen sich große Datenmengen langfristig vorhalten lassen (Festplatten, Magnetbänder), und schnellen Komponenten mit vergleichsweise geringen Speicherkapazitäten (Hauptspeicher). Die Entwicklung von In-Memory-Architekturen war von entscheidender Bedeutung, um große Datenbanken schnell analysieren zu können. Eine bekannte kommerzielle Lösung ist SAP HANA. Die Lücke zwischen den langsamen und schnellen Speicherkomponenten wird mehr und mehr geschlossen, wodurch sich neue Möglichkeiten ergeben, noch mehr Daten noch schneller zu verarbeiten. Auf Prozessebene geht der Trend hin zu Komponenten, die für die Analyse spezieller Aufgaben optimiert sind. Die sich dadurch ergebenden Möglichkeiten zur Skalierung stoßen allerdings an Grenzen, wenn große Datenmengen bewegt werden

müssen: Dies ist nicht nur sehr zeit-, sondern auch sehr energieaufwändig. Die Strategie „software to the data“ versucht, die sich dadurch ergebenden Nachteile aufzufangen und basiert auf dem Transport von Analyse-Tools, die vergleichsweise klein sind, zu den Daten.

Hewlett Packard Enterprise schlägt eine radikale Neuerung vor: „The Machine“ hält alle Daten permanent „In-Memory“ vor. Der Nutzer soll sich nicht länger mit der Entwicklung von komplexen Software-Verarbeitungsketten beschäftigen, die von der Festplatte über Dateisysteme bis hin zu seiner Anwendung reichen. Der Nutzer soll sich vielmehr auf die Weiterentwicklung seiner Anwendung konzentrieren, der Zugriff auf Daten erfolgt „direkt“ (über offene Schnittstellen). Der The-Machine-Prototyp mit 160 Terabyte Hauptspeicher wird am Deutschen Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE) in Studien genutzt.

### 3. The German Machine

Speicher-orientiertes Computing scheint ein vielversprechender Ansatz zu sein, um die künftigen Herausforderungen im Bereich Big Data zu bewältigen. Viele Fragen sind allerdings noch nicht geklärt. Sie betreffen zum einen die Entwicklung der **Hardware**:

- Lassen sich petabyte-große Datenmonster „im Hauptspeicher“ analysieren?
- Wie wirkt sich der Einsatz heterogener „nichtflüchtiger Hauptspeicher“ auf die Performance aus?

Von besonderem Interesse sind **Software**-Aspekte:

- Lassen sich bestehende Software-Lösungen mitsamt der dahinterliegenden Workflows „leicht“ auf speicher-orientierte Hardware migrieren?
- Wie skalieren die Methoden des maschinellen Lernens, wenn der „Hauptspeicher“ über verschiedene Rechenzentren verteilt ist?

Der Einfluss von **Randbedingungen** ist zu ermitteln:

- Um bereits bei der Datennahme den Bruchteil der langfristig interessanten Daten aus gewaltigen Datenströmen zu extrahieren, sind Entscheidungen in nahezu Echtzeit erforderlich. In dieser Hinsicht stellt das SKA die mit Abstand größte Herausforderung dar: Die relevanten Workflows sind hochkomplex, d. h. Entscheidungen, Messdaten zu verwerfen, sind auf der Basis unvollständiger Information zu treffen. Zur Bewertung der Qualität der verbleibenden Daten sind aussagekräftige statistische Methoden zu entwickeln. Ein Vorbild ist der Large Hadron Collider (LHC), wo der gesamte Stoßprozess (mitsamt Versuchsaufbau) mit Monte-Carlo-Methoden modelliert wird.

Der Workshop empfiehlt, dass Forschung und Industrie interdisziplinär zusammenwirken, um ein **speicher-orientiertes Computing** zu entwickeln: „**The German Machine**“.

Am Workshop beteiligten sich Experten von Forschungseinrichtungen und IT-Unternehmen:

- Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY): Prof. Dr. Volker Gülzow
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR): Dr.-Ing. Marcus Paradies
- Forschungszentrum Jülich (FZJ): Oleg Tsigenov
- Hewlett Packard Enterprise (HPE): Knud Alpers, Hartmut Schultze
- Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin: Prof. Dr. Hermann Heßling
- Kompetenzzentrum Scalable Data Services and Solutions (ScaDS) : Dr. René Jäkel
- Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP): Dr. Jochen Klar
- Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) Garching: Dr. Luigi Iapichino
- Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) Bonn: Dr. Hans-Rainer Klöckner
- SAP: Thomas Bodner
- Univ. Freiburg: PD Dr. Alberto Rodriguez (Arbeitsgruppe Prof. Dr. Andreas Buchleitner)
- Univ. Würzburg: Prof. Dr. Karl Mannheim