

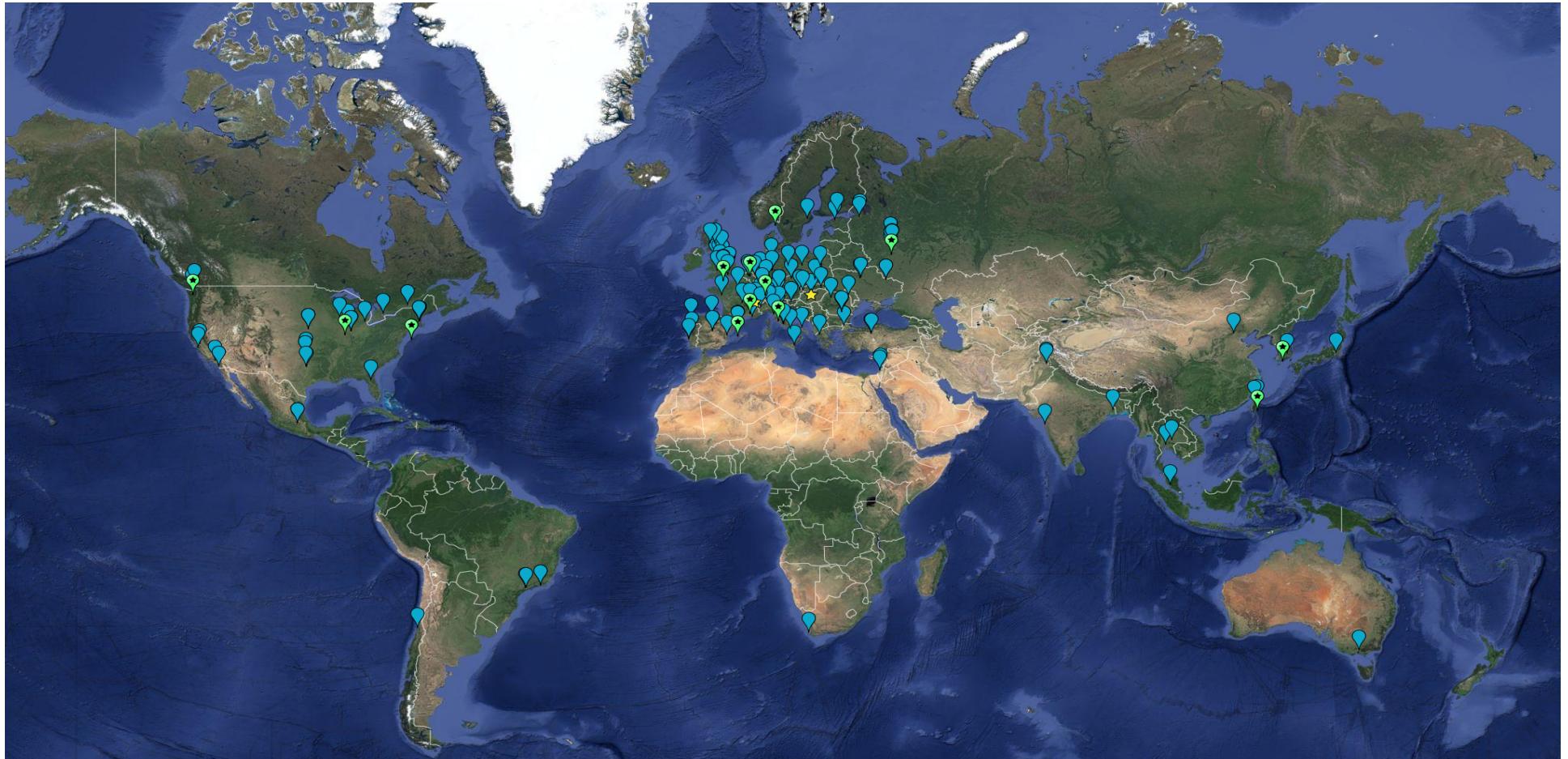
# Computing & Software

KET Jahres-  
versammlung  
11.11.2017

Thomas Kuhr  
LMU München

# Aktuelle Situation

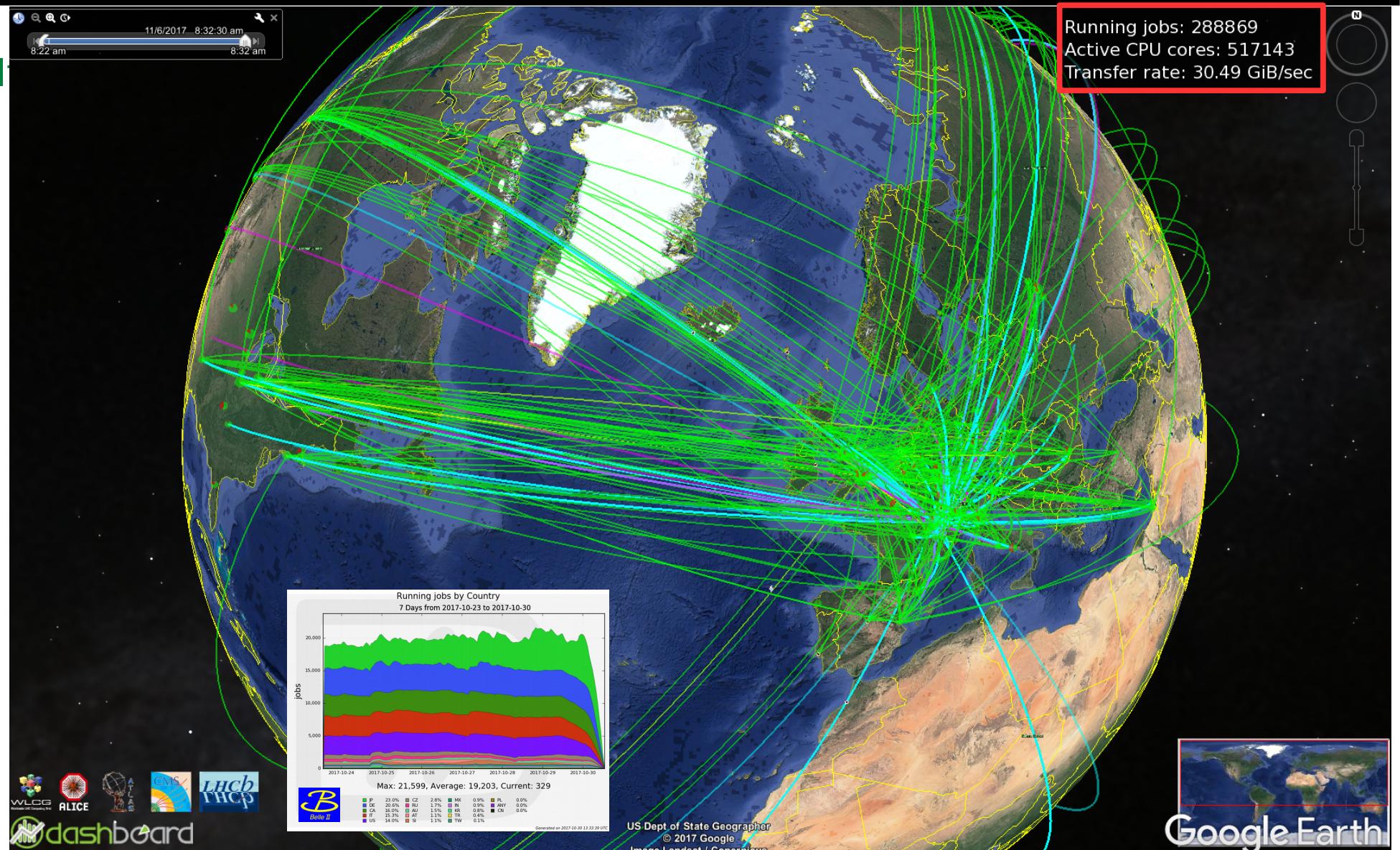
---



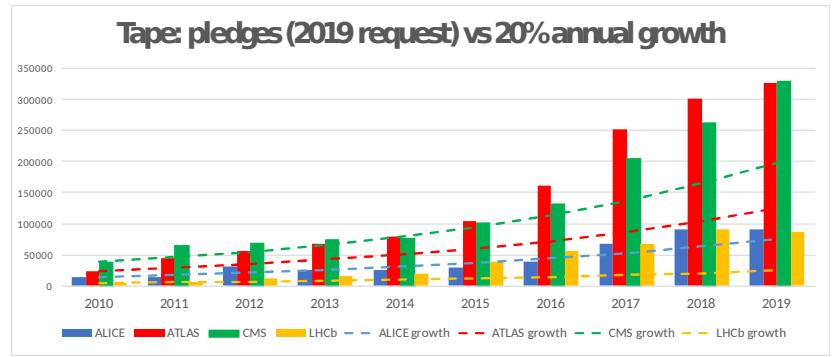
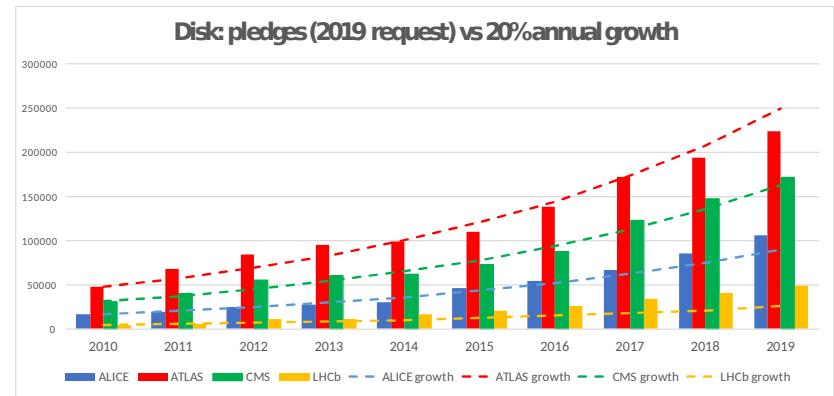
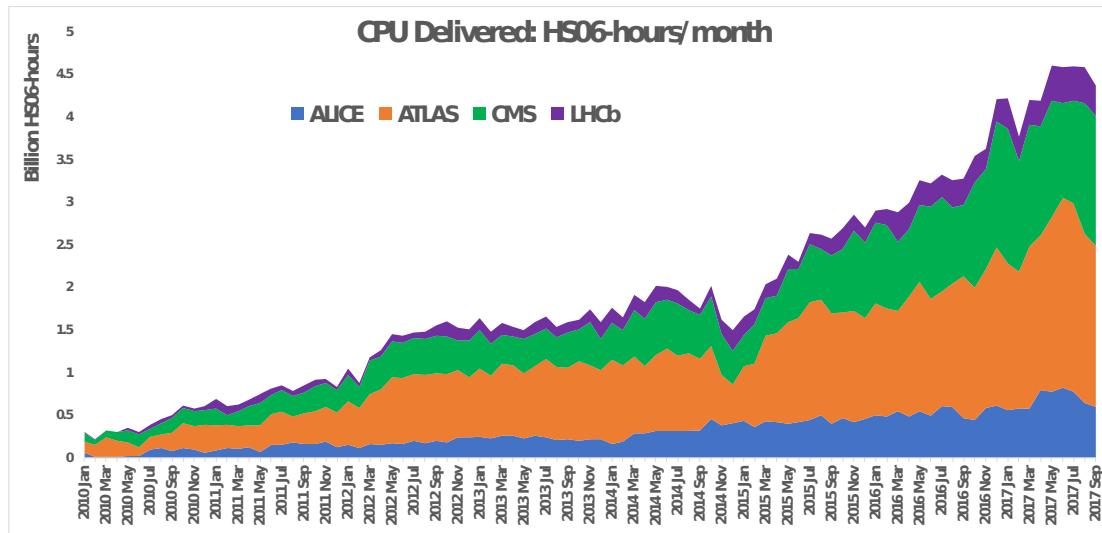
WLCG: ~170 Rechenzentren in über 40 Ländern

---

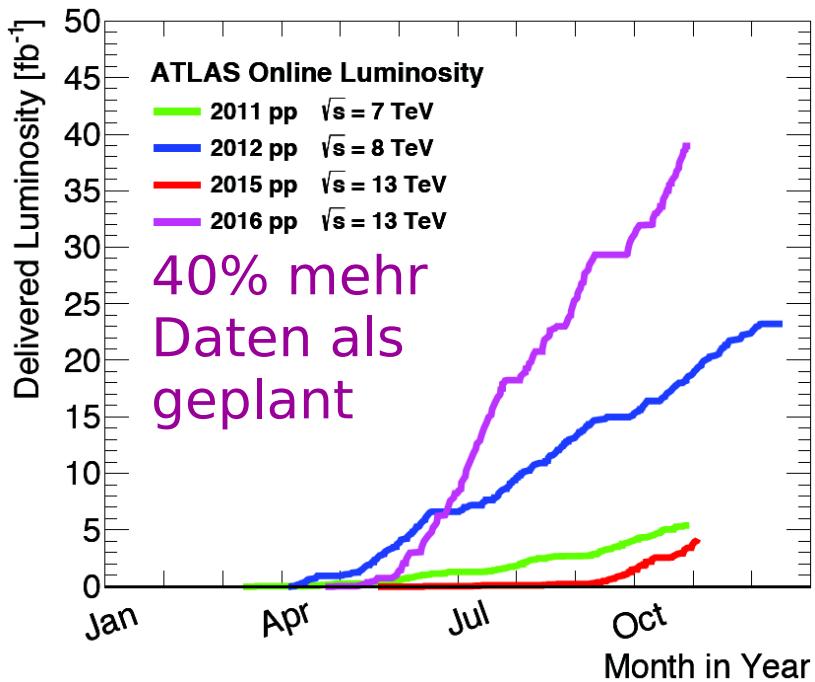
# Aktuelle Situation



# Entwicklung der Ressourcen



- 500.000 CPU-Kerne
- 1 EB (=1000000000000000000000000 Bytes) Speicherplatz
- Computing funktioniert sehr gut → Voraussetzung für Physikanalysen
- Großer Erfolg!



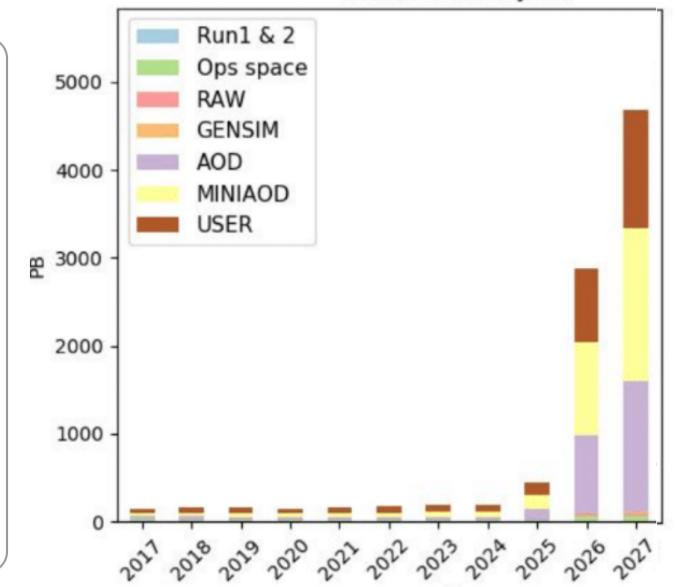
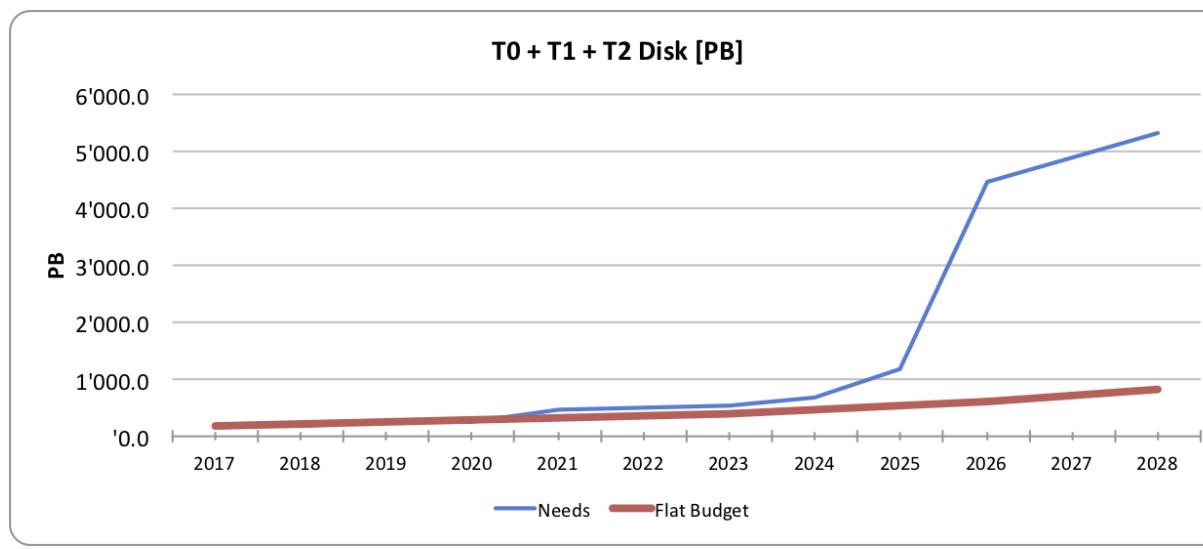
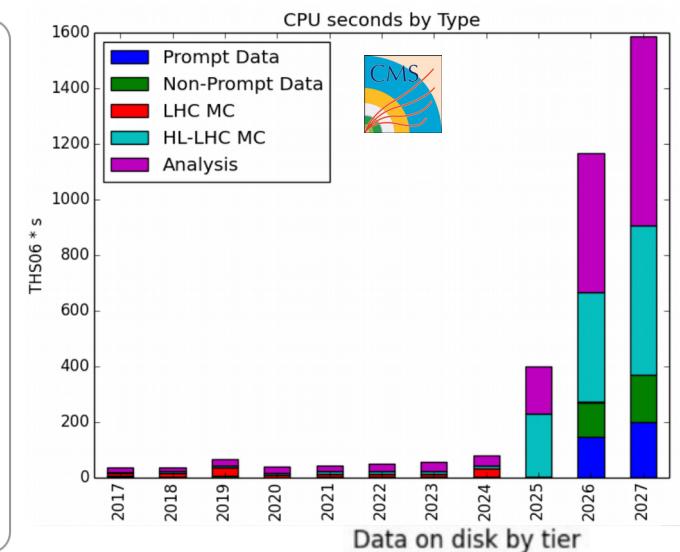
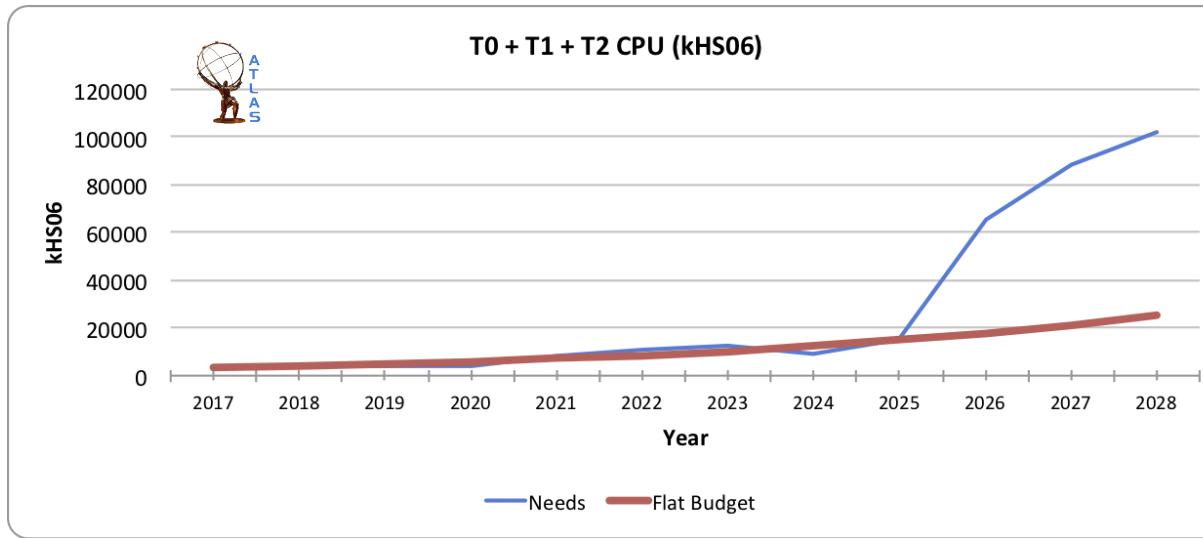
## Maßnahmen zur Begrenzung des Ressourcenbedarfs:

- Opportunistische Ressourcen, HLT
- Optimierung von Workflows
- Optimierung von Code
- Reduzierung von Datensatzkopien
- Verwendung von Tape statt Disk
- Parken von Daten
- ...

“The LHCC congratulates the LCG and experiments on the successful implementation of mitigation measures to cope with the increased data load. “

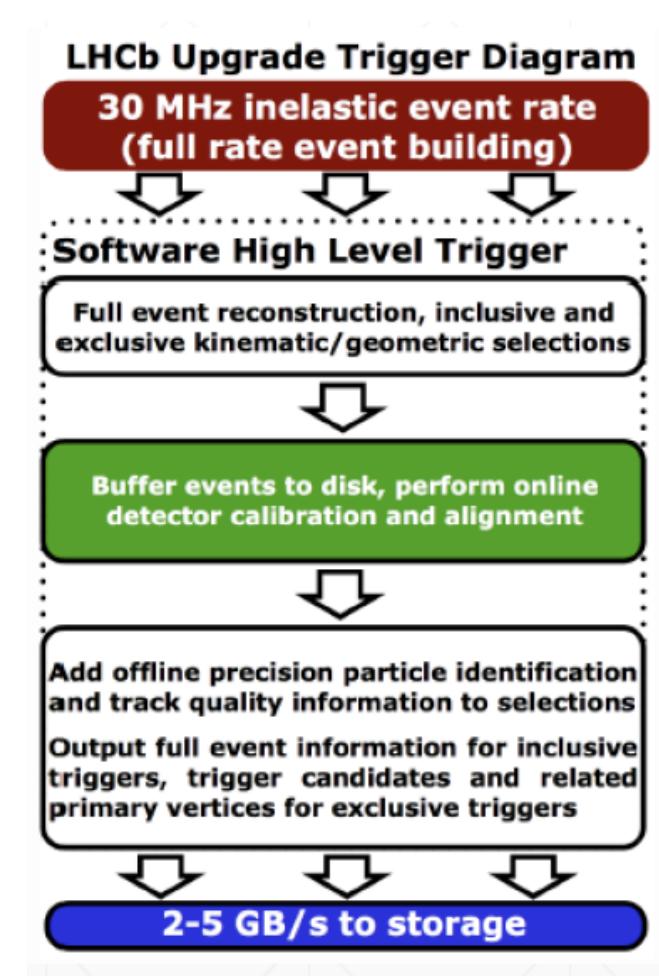
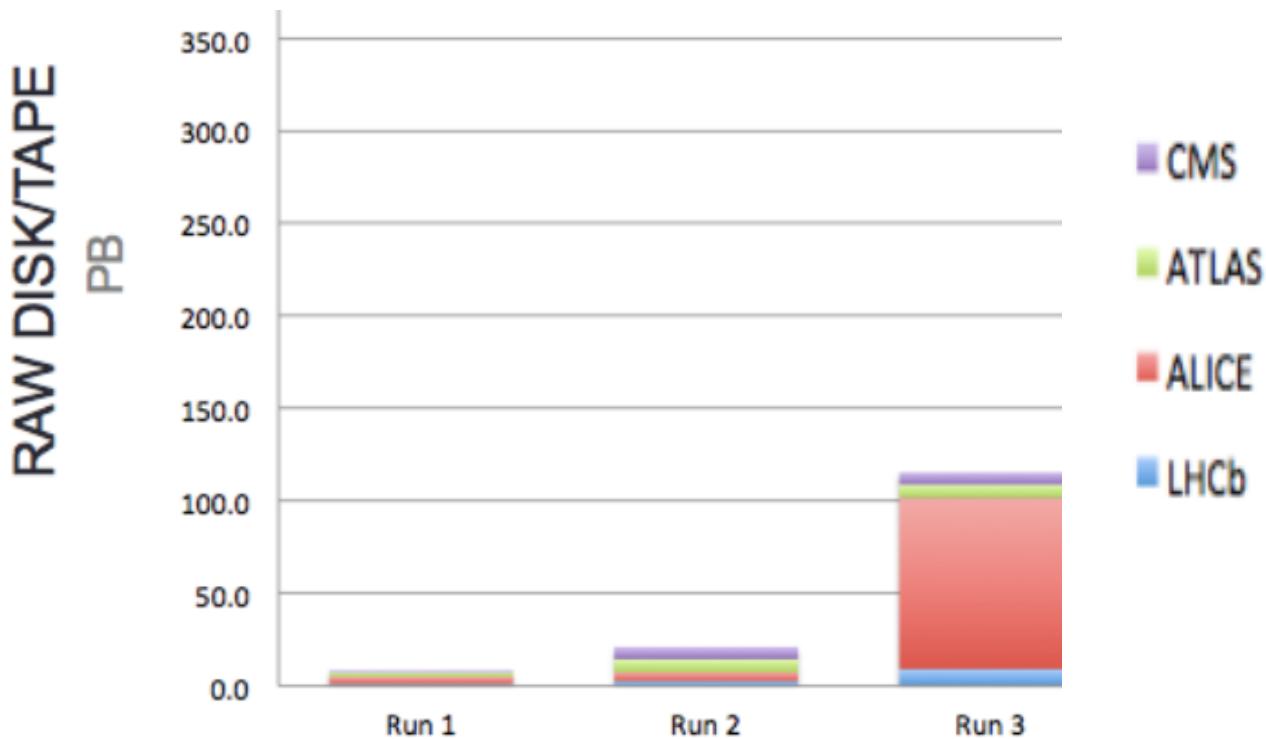
“The LHCC notes that the margins to reduce the resource usage in the short term without impact on physics have been exhausted. “

# HL-LHC → Große Herausforderung!

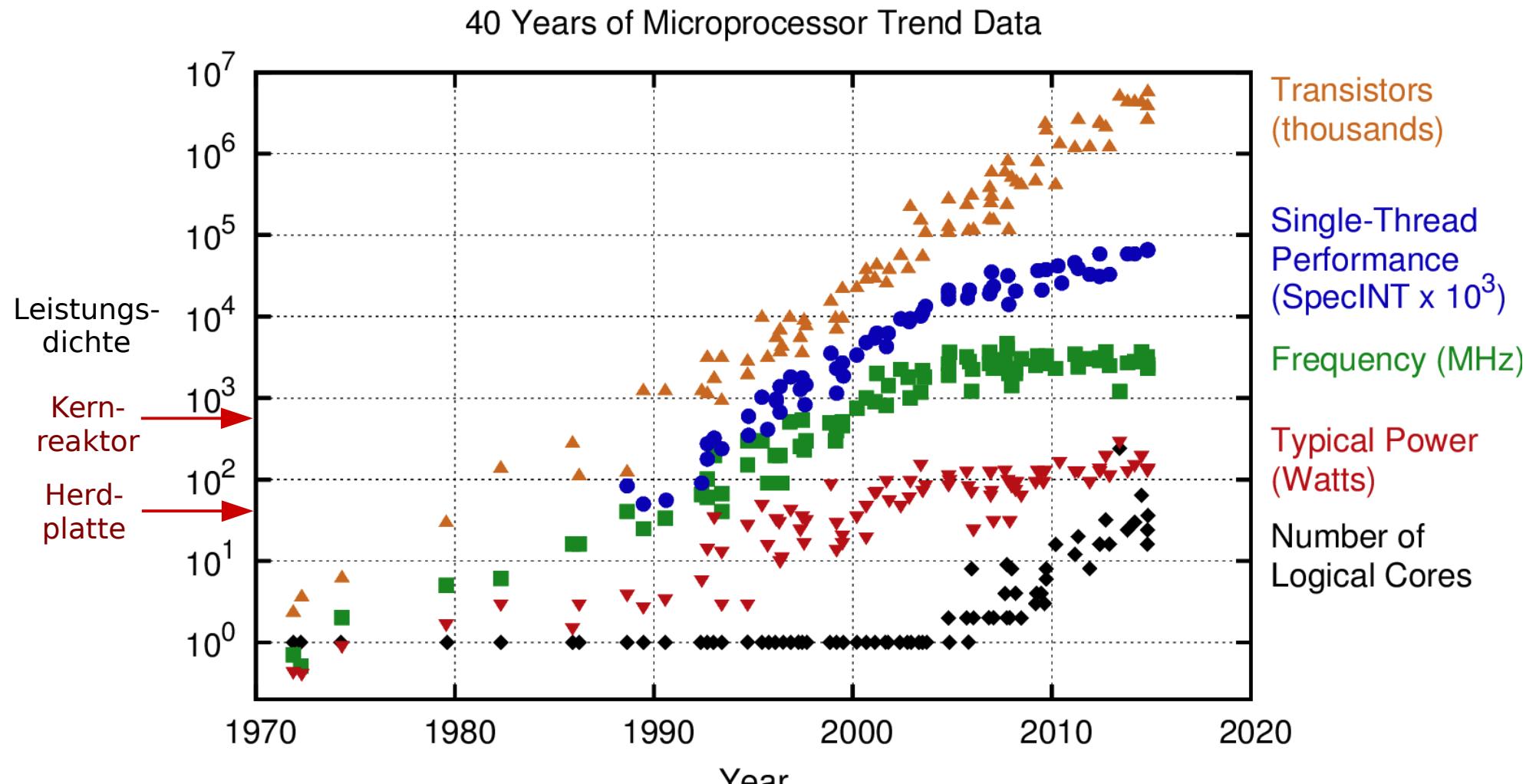


# Andere Experimente

- ALICE & LHCb: Triggerlose Auslese in Run 3
- Belle II: 50x mehr Daten als Belle
- FAIR: 30 PB pro Jahr, 300.000 CPU-Kerne
- CTA: mehrere 10 PB pro Jahr

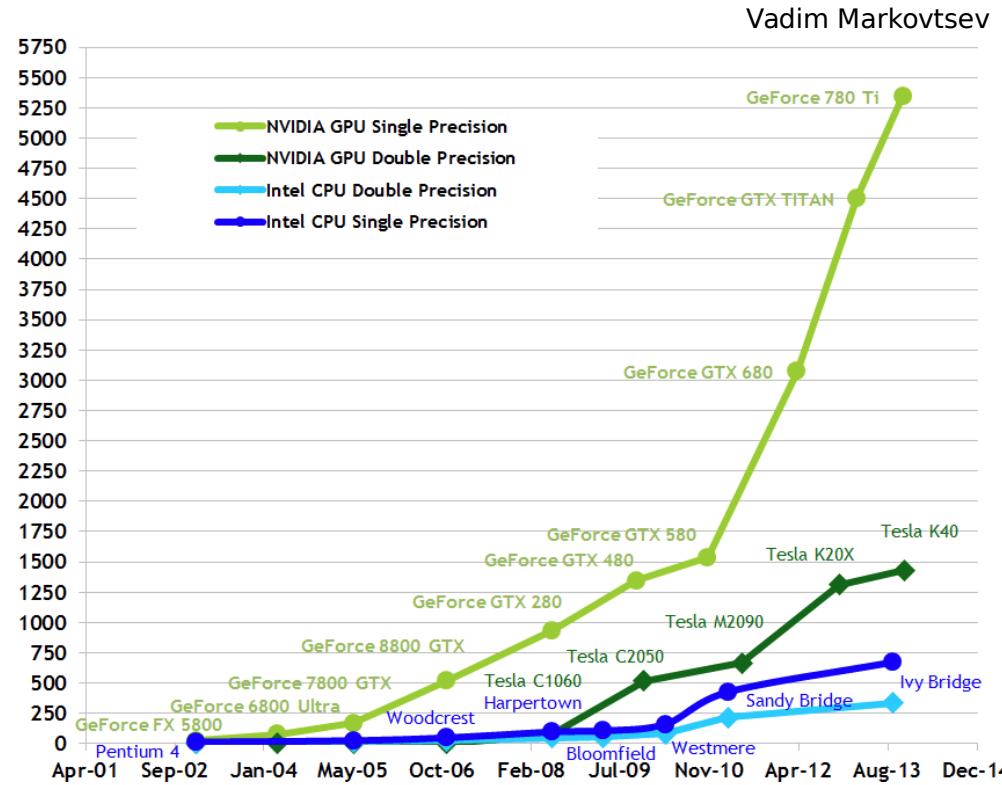


# Technologische Entwicklung: CPUs



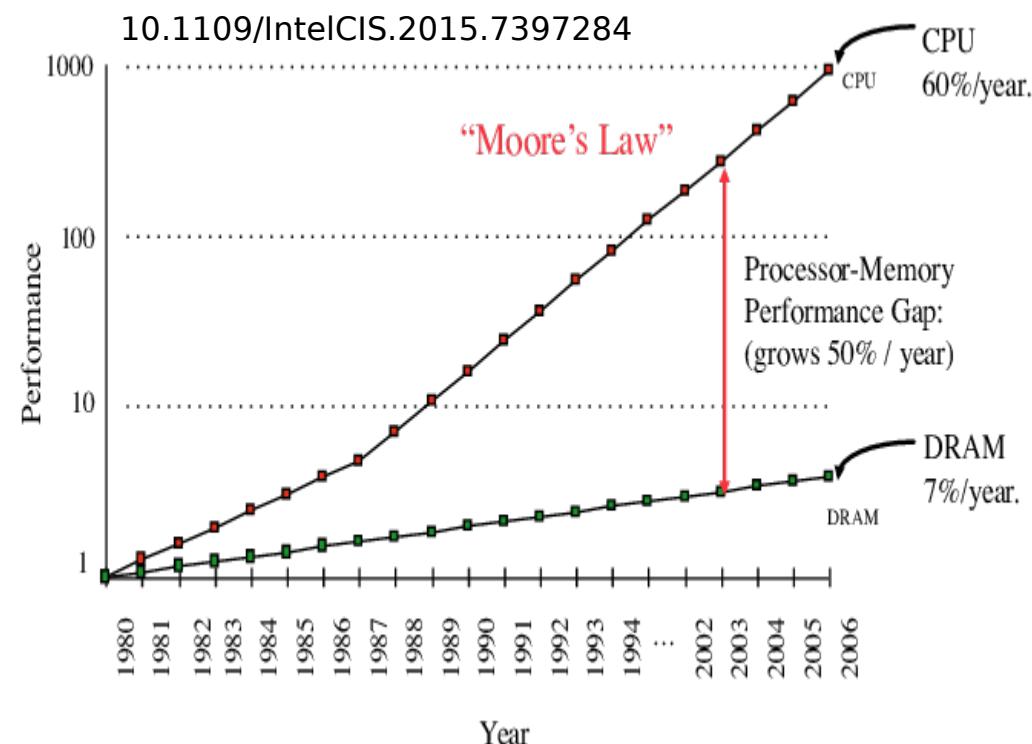
# Technologische Entwicklung: Prozessoren

Theoretical GFLOP/s

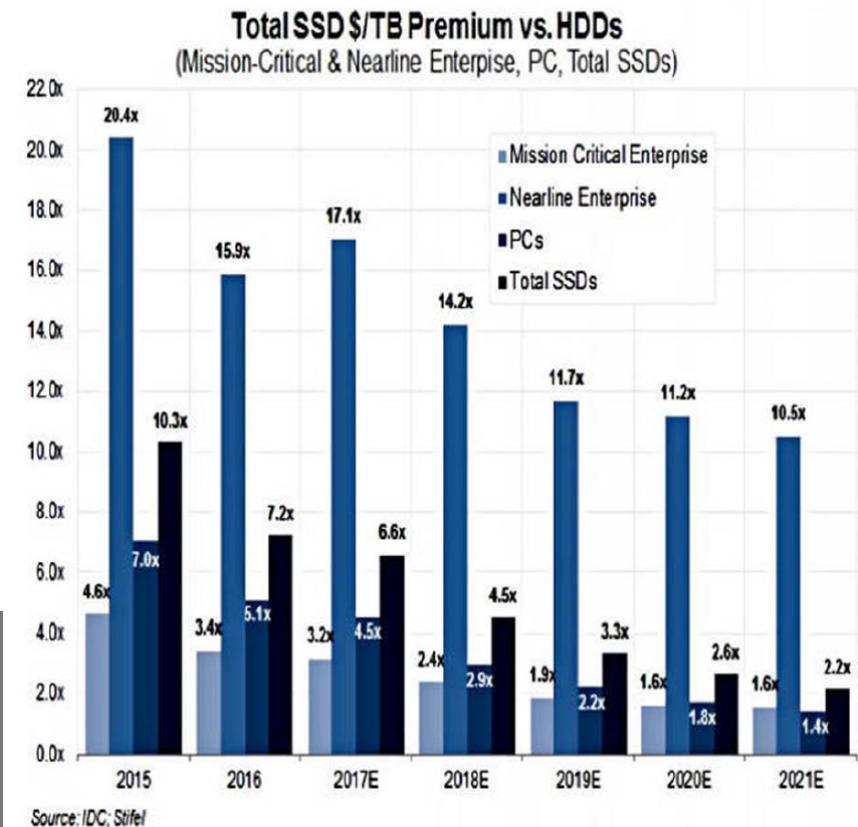
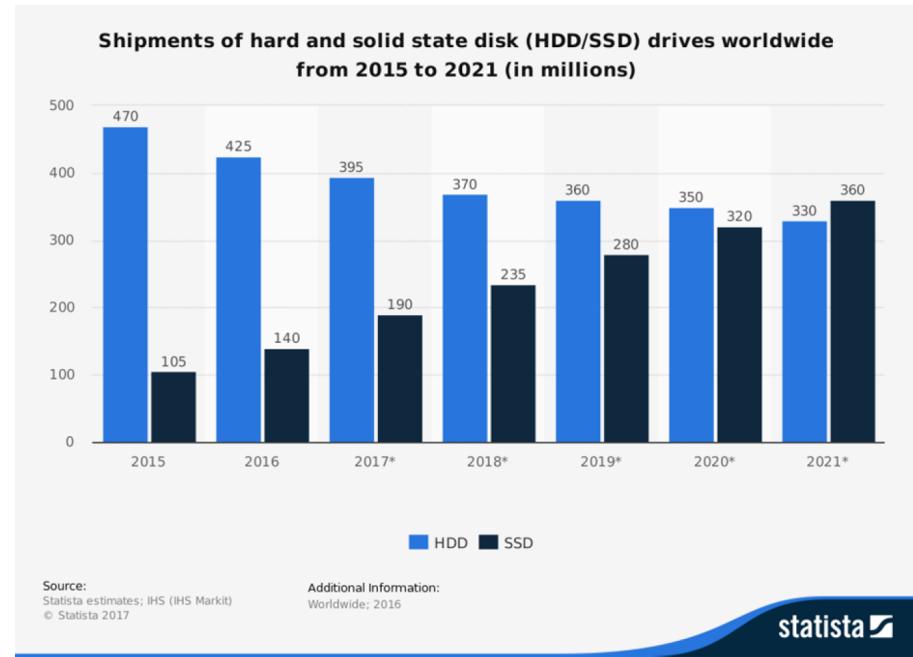


→ Lücke zwischen Prozessor- und Speicher-Leistung

Neue Architekturen:  
GPU, TPU, ARM, FPGA,  
Quantencomputer, ...



# Technologische Entwicklung: Speicher



**The Register®**  
Biting the hand that feeds IT

DATA CENTRE SOFTWARE SECURITY TRANSFORMATION DEVOPS BUSINESS PERSONAL TECH SCIENCE EMERGENT TECH BOOTNOTES

Data Centre ▶ Storage

Did Oracle just sign tape's death warrant?  
Depends what 'no comment' means

Big Red keeps schtum over the status of StreamLine

ng, 11.11.2017

# Technologische Entwicklung: Hersteller

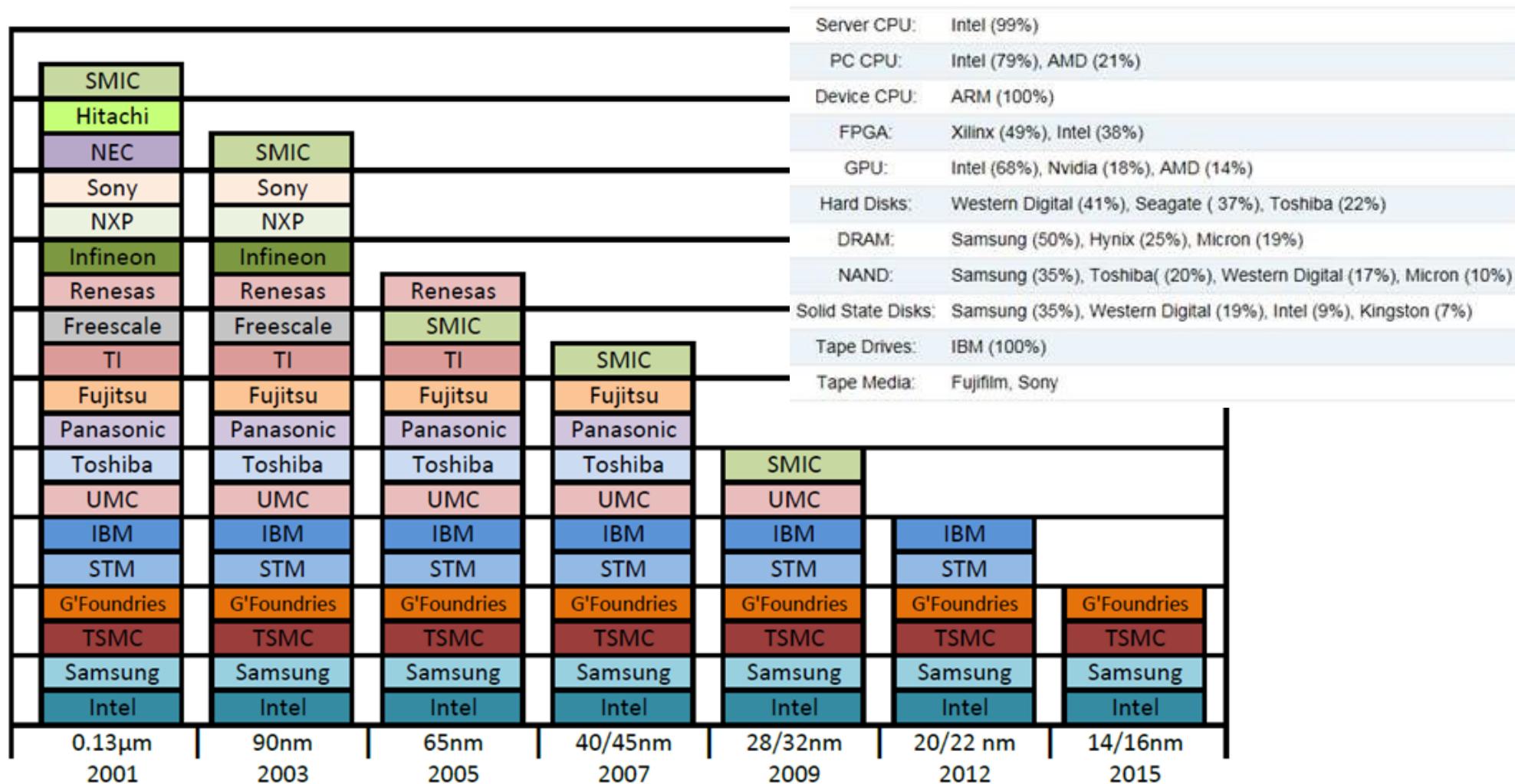


Figure 4. Dramatic Consolidation of state of the art CMOS Fabs. Source: IBS , Inc. (Los Gatos, CA).

# Digitaler Wandel

## Digitalisierung ist Chefsache



## WIR GESTALTEN DIE DIGITALISIERUNG

### Digitale Agenda:

#### 1. Digitalen Wandel in der Wissenschaft forcieren

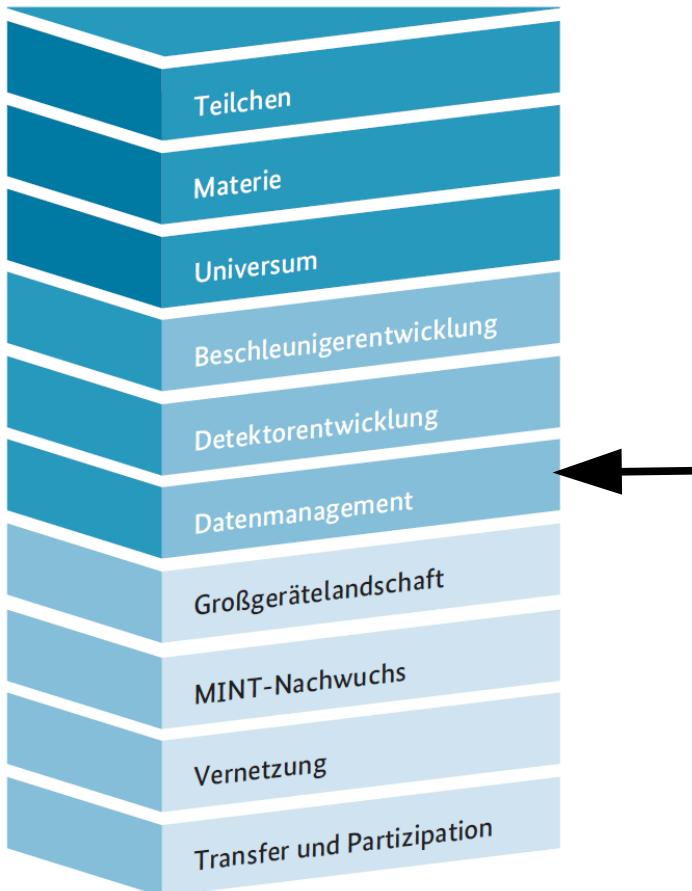
Um eine breite, disziplin- und organisationsübergreifende Zugänglichkeit und Nutzbarkeit von digitalen Informationen sicher zu stellen, werden die wissenschaftlichen Informationsinfrastrukturen gestärkt, ausgebaut und besser vernetzt.



# Erforschung von Universum und Materie – ErUM

---

## Rahmenprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung



Naturwissenschaftliche Grundlagenforschung ist zentrales Einsatzfeld neuer digitaler Methoden und Techniken. Sie ist maßgeblicher Treiber für die weitere digitale Entwicklung. Steigendem Berechnungsaufwand und komplexem Datenmanagement wird mit standortübergreifenden Arbeitstechniken und der Beseitigung technologischer Flaschenhälse begegnet. Offener Zugang und langfristige Datenhaltung müssen dabei auch in Zukunft die Anforderungen und Spezifika der verschiedenen Forschungsinfrastrukturen berücksichtigen. Der wissenschaftliche Nachwuchs baut im Bereich Datenmanagement eine einzigartige Expertise auf. In Zukunft können auf Basis des Know-hows aus der Grundlagenforschung neue Dienstleistungen und ganzheitliche Lösungen entstehen.

# Organisation der Deutschen Community

---

## BMBF Arbeitskreis Digitale Agena – Universum und Materie

- BMBF: H. Prasse, M. Gast
- KAT: A. Haungs
- KET: M. Schumacher
- KfB: S. Appel
- KFN: T. Unruh
- KhuK: S. Masciocchi, H. Wittig
- RDS: S. Walch-Gassner
- KFS: Ch. Gutt
- **HGF FB Materie: V. Gülzow**
- HGF FB Schlüssel-technologien: A. Streit
- PT-DESY: W. Ehrenfeld

## KET Arbeitskreis Computing und Software

- **KET: M. Schumacher [Sprecher], M. Elsing**
- **ALICE: T. Kollegger**
- **ATLAS: A. Quadt (G. Duckeck)**
- **CMS: G. Quast [Stellvertreter], (T. Kress)**
- **LHCb: J. Marks**
- **Belle II: T. Kuhr**
- **HGF DESY: V. Gülzow**
- **HGF KIT: A. Heiss**
- **MPG: S. Kluth**
- **GridKa TAB: K. Schwarz, T. Kress**

# HEP Software Foundation (HSF)

---

- Erkenntnis:  
**Herausforderungen im Computing  
erfordern eine Community-weite Anstrengung**

The HEP Software Foundation (HSF) facilitates coordination and common efforts in high energy physics (HEP) software and computing internationally.

- Gegründet im April 2014
- Startup Team: Amber Boehnlein, Peter Elmer, Daniel Elvira, **Frank Gaede**, **Benedikt Hegner**, Michel Jouvin, Pere Mato [co-lead], Andrew McNab, Dario Menasce, Mark Neubauer, Liz Sexton-Kennedy, Graeme Stewart, Craig Tull, Andreas Valassi, Brett Viren, Torre Wenaus [co-lead]
- CERN-Stelle für HSF (Graeme Stuart)
- Arbeitsgruppen, z.B. zu Licensing, Packaging, etc.
- Diskussionsforen, Meetings, Workshops, Technische Noten, Projekte
- **Webseite: <http://hepsoftwarefoundation.org>**



# HSF Community White Paper (CWP)

---

- <http://hepsoftwarefoundation.org/activities/cwp.html>

## 5 Conclusions

### A Roadmap for HEP Software and Computing R&D for the 2020s

Future challenges for High Energy Physics in the domain of software and computing are not simply an extrapolation of the challenges faced today. The needs of ATLAS and CMS in the high luminosity era far exceed those that can be met by simply making incremental changes to today's code and scaling up computing facilities within the foreseen budget. At the same time, the limitation in single core CPU performance is making the landscape of computing hardware far more diverse and challenging to exploit, whilst offering huge performance boosts for suitable code. Exploiting parallelism and other new techniques, such as modern machine learning, offer great promise, but will require substantial work from the community to adapt to our problems. If there was any lingering notion that software or computing could be done cheaply by a few junior people for modern experimental programmes, that should now be thoroughly dispelled.

HEP Software and Computing requires a step change in its profile and effort to match the challenges ahead. [...]

# CWP: Höchste Priorität

---

## *Improvements in software efficiency, scalability and performance*

The bulk of CPU cycles consumed by experiments relate to the fundamental challenges of simulation and **reconstruction**. Thus the work programmes in these areas, together with the frameworks that support them, are of critical importance. Further, as the provisioning of resources in WLCG is the mechanism by which this work actually gets done, optimisation of our **distributed computing systems**, including data and workload management, is paramount.

## *Enable new approaches that can radically extend physics reach*

Again, new techniques in simulation and reconstruction will be vital here. Physics analysis is an area where new ideas can be particularly fruitful. Exploring the full potential of **machine learning** is one common theme that underpins many new approaches and the community should endeavor to share knowledge widely across subdomains. [...]

## *Ensure the long term sustainability of the software*

[...]

# Verbundprojekt

---



JOHANNES GUTENBERG  
UNIVERSITÄT MAINZ



Universität Hamburg  
ER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG



FRIEDRICH-ALEXANDER  
UNIVERSITÄT  
ERLANGEN-NÜRNBERG



Karlsruher Institut für Technologie



FORSCHUNGSZENTRUM

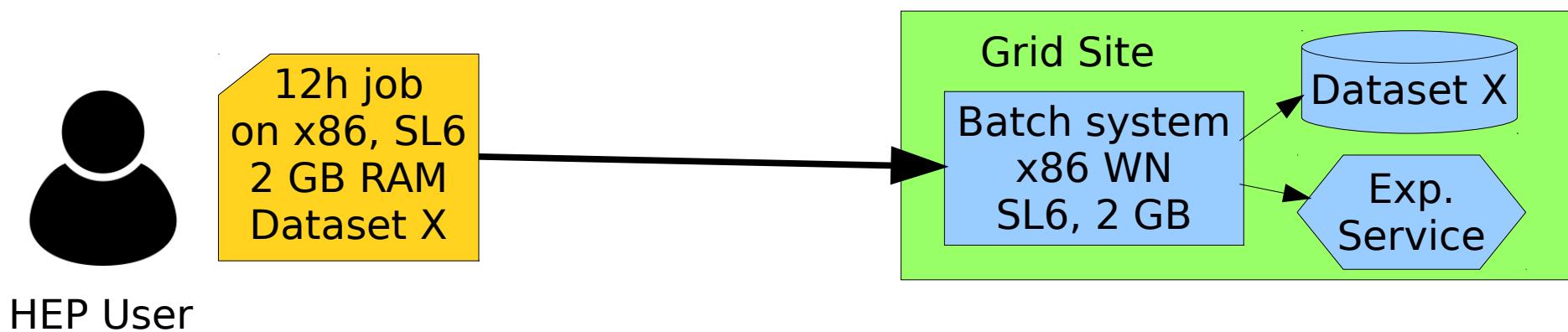


LUDWIG-  
MAXIMILIANS-  
UNIVERSITÄT  
MÜNCHEN



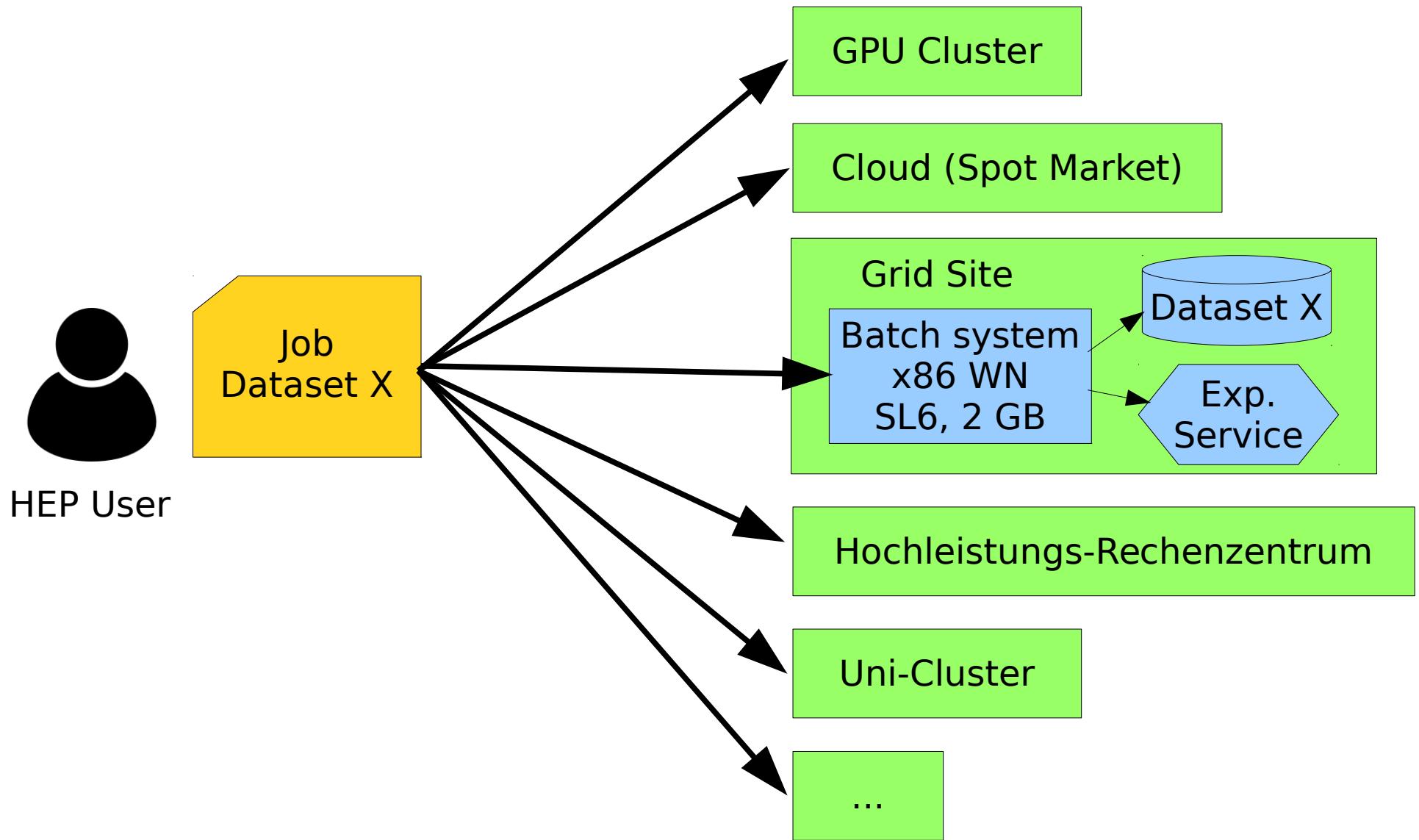
# HEP Computing Heute

---



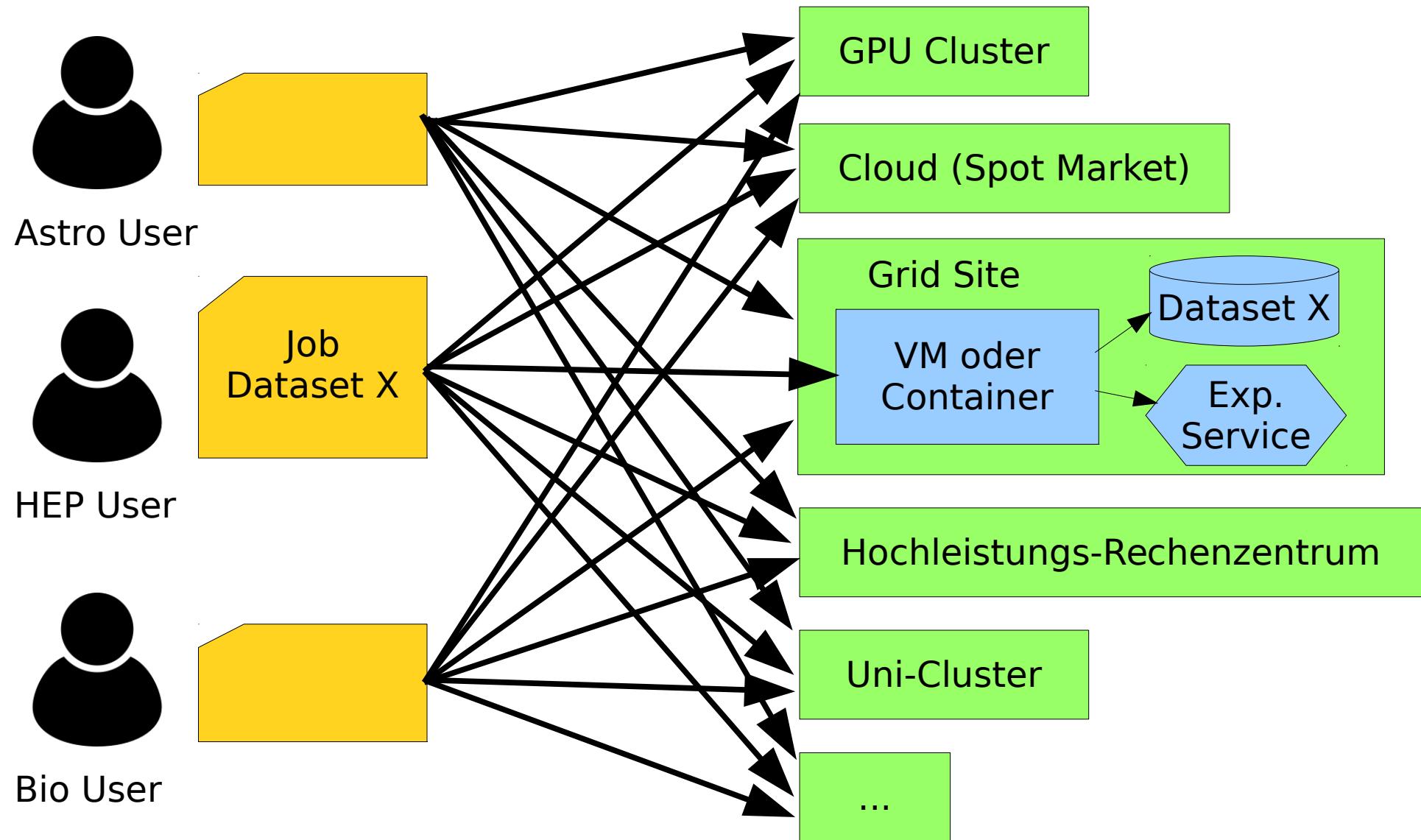
# HEP Computing in Zukunft

---



# Scientific Computing in Zukunft

---



# Themenbereich A

---

- Entwicklungsarbeiten zur Bereitstellung von Technologien zur Nutzung heterogener Computing-Ressourcen

<b>A1) Werkzeuge zur Einbindung</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Scheduling von Cloud-Jobs</li><li>• Container-Technologien</li><li>• Checkpointing</li><li>• Zugang zu Experiment-Datenbanken</li></ul>	<b>A2) Effiziente Nutzung</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Transiente Datencaches</li><li>• Transparenter Zugriff auf verteilte Daten</li></ul>
<b>A3) Workflow-Steuerung</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Identifikation und Steuerung</li><li>• In-Pilot Job-Monitoring</li><li>• Accounting</li><li>• Optimierung durch Data-Mining</li></ul>	

# Themenbereich B

---

## ➤ Anwendung und Test von virtualisierten Softwarekomponenten im Umfeld heterogener Computing-Ressourcen

### **B1) Tests der Technologiekomponenten**

Implementierung und Tests auf verschiedenen Plattformen von

- Speicher- und Cachinglösungen und
- virtualisierter Dienste (Datenbanken, Monitoring, Accounting).

### **B2) Job- und Ressourcenmanagement**

Jobverteilung und Überwachung in der Umgebung heterogener Computingressourcen unter Einbeziehung von Containervirtualisierung.

### **B3) Virtualisierung von Nutzerjobs**

- Erfassung der Anforderungen,
- Bestimmung und Erzeugung der Laufzeitumgebung,
- Erstellung des Containers und von Metadaten und
- Checkpointing von Containervirtualisierung.

### **B4) Kombinierte Tests**

Testen von Gesamtsystemen (Speicher, Dienste, Ressourcemanagement) auf verschiedenen Plattformen in Bezug auf

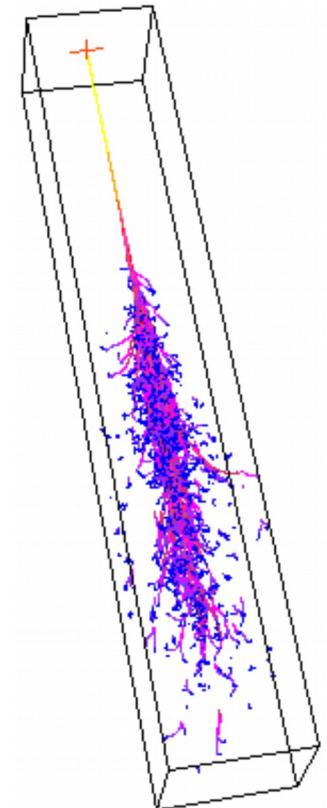
- Installations- und Wartungsaufwand,
- Performance,
- Skalierbarkeit und
- Robustheit.

# Themenbereich C

---

- Deep Learning, Erkenntnisgewinn durch fundierte datengetriebene Methoden

<b>C1) Sensornaher Verarbeitung von Daten</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Signalfilter, Rauschunterdrückung</li><li>• Verarbeitung von zeitabhängigen Signalen</li></ul>	<b>C2) Objektrekonstruktion</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Spur- und Clusterrekonstruktion, Jetbildung, Ereignisrekonstruktion</li><li>• Fragestellungen für Anordnung, Reihenfolge, Zuordnungen von Daten</li><li>• Optimierungen zur Extraktion kleiner Signale bei großem Untergrund</li></ul>
<b>C3) Netzwerkbeschleunigte Simulationen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Generative adversarial networks, Anpassung von Simulationen an Datenverteilungen</li><li>• Evaluationsverfahren für die Qualität der Netzwerksimulationen</li></ul>	<b>C4) Qualität von Netzwerkvorhersagen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reduzierung experimenteller systematischer Unsicherheiten</li><li>• Spezielle Lernstrategien</li><li>• Vorhersagenrelevante Information</li><li>• Unsicherheiten von Vorhersagen</li></ul>

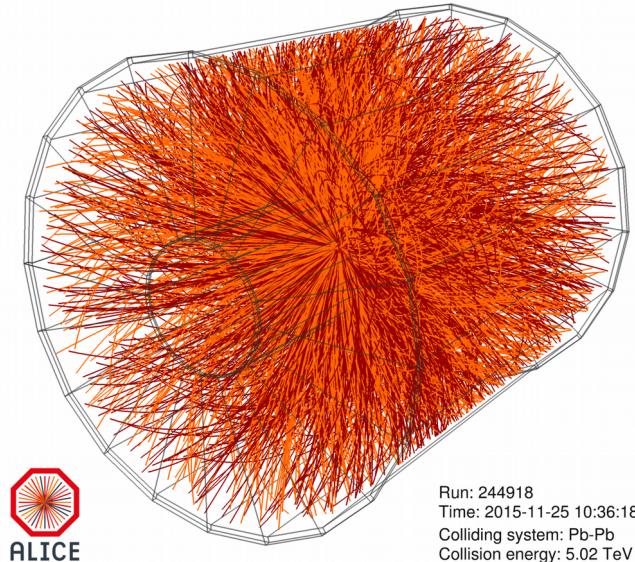


# Themenbereich D

---

- Ereignisrekonstruktion: Kosten- und energieeffiziente Nutzung von Computing-Ressourcen

<b>D1) Spurfindung</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• alternative Algorithmen, z.B. zellulärer Automat</li><li>• alternative Architekturen, z.B. GPUs</li></ul>	<b>D2) Parameterbestimmung</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Verknüpfung GenFit2-ACTS</li></ul>
<b>D3) Neutrinoexperimente</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• dünnbesetzte Detektorinstrumentierung</li><li>• variable Signalzeit als kritische Information</li></ul>	



# Überblick Arbeitspakete

Standort	Experimente	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3
Aachen	CMS, Auger, $\nu$ -Exp.							X	X			X	X		X
Bonn	ATLAS	X				X	X	X							
Erlangen	CTA, IceCube									X		X			
Frankfurt	ALICE, CBM	X	X	X	X			X						X	
Freiburg	ATLAS	X	X	X		X		X							
Göttingen	ATLAS							X				X			
Hamburg	CMS									X	X		X	X	
Karlsruhe	CMS, Belle II, Auger	X	X	X	X	X		X		X	X	X			X
Mainz	ATLAS								X	X					
München	ATLAS, Belle II		X	X	X			X	X		X				
Wuppertal	ATLAS	X		X	X			X							
<i>Assoziiert</i>															
CERN	ATLAS							X					X	X	
DESY	(ILC bei AP D2)		X					X						X	X
GridKa								X							
GSI		X	X					X							
Jülich	Panda														X
Münster	ALICE, CBM									X	X				

# Zusammenfassung

---

- HEP Computing und Software bisher sehr erfolgreich
- Teilchenphysik steht vor großen technologischen Herausforderungen
  - ✗ Starker Anstieg der Datenmengen, Wandel von Technologien
  - ➔ *Analyse von HL-LHC-Daten wird nur möglich sein, wenn neue Lösungen in Computing und Software gefunden werden*
- Ähnliche Probleme auch in anderen Wissenschaftsbereichen (Hadronen- und Kernphysik, Astroteilchenphysik, ...)
- Bündelung von Expertise und gemeinsame Anstrengungen erforderlich, um die Probleme zu lösen
- Organisation der HEP Computing und Software Community:
  - ✓ International: HSF
  - ✓ National: KET Computing und Software Board, Verbundprojekt zur Entwicklung experimentübergreifender Lösungen

