

Cloud Computing

- Begriffsklärung

- Grundeigenschaften

- Basistechnologie Virtualisierung

- Exkurs: Amazon und Twitter

- Wintersemester 2014/2015: Middleware – Cloud Computing

Forschung und studentische Arbeiten



» *We call it cloud computing (...)* «

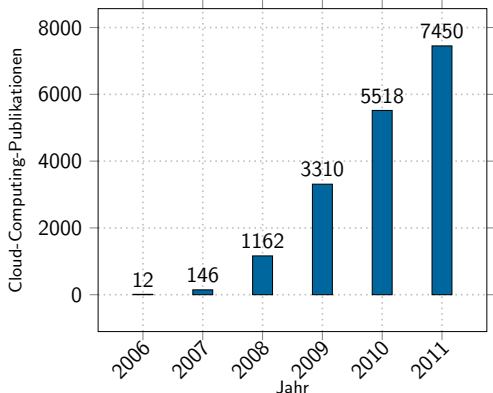


Eric Schmidt (Google)

Search Engine Strategies Conference, San Jose, 9. August 2006



Cloud Computing: ... und seine Folgen.



- Gravierende Auswirkungen des Modeworts „Cloud Computing“
 - Forschung
 - Wirtschaft
- Cloud Computing
 - Fokus auf Technik
 - Cloud $\hat{=}$ Internet, Cloud Computing $\hat{=}$ Internet + ?

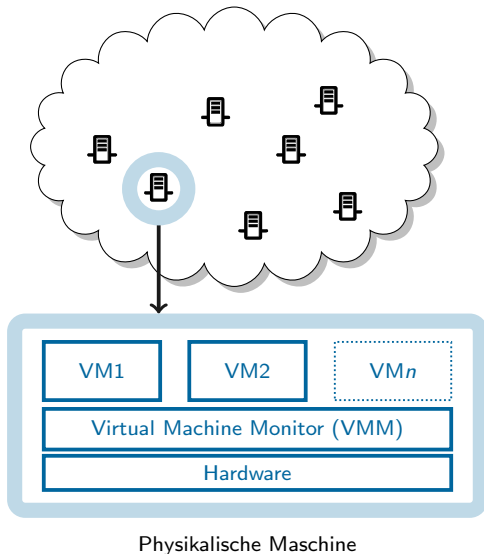


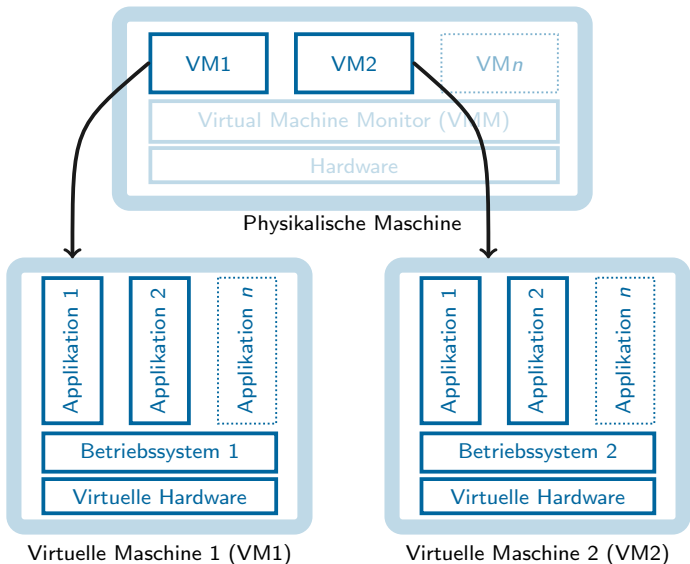
- Wieso entstand Cloud Computing zu dieser Zeit? Wieso nicht früher?
- **Infrastruktur**, Hard- und Software-Technologie ✓
 - Commodity-Hardware → Systemaufbau aus Standardkomponenten
 - Virtualisierung
- **Systemsoftware**, Verteilte Systeme und deren Algorithmen ✓
 - Parallele, verteilte Datenverarbeitung
 - Schlüssel-Wert-Datenbank (Key-Value-Store)
 - Verteilter Koordinierungsdienst
 - Verteilte, dezentrale Datenhaltung
- **Dienstleistungsprinzip**, Geschäftsmodell („... as-a-Service“) ✓
 - *Service-Oriented Architecture (SOA)*
 - Infrastructure-as-a-Service
 - Platform-as-a-Service
 - Software-as-a-Service



- Erfüllbarkeit der Grundeigenschaften von Cloud-Computing-Systemen
- **Skalierbarkeit**, unter Wahrung von:
 - Konsistenz (Consistency)
 - Verfügbarkeit (Availability)
 - Partitionstoleranz (Partition tolerance)→ CAP-Theorem
- **On-Demand**, zum Ermöglichen von:
 - dynamischer Zuordnung von Ressourcen
 - Abrechnung nach tatsächlichem Verbrauch
- **Robustheit**, zur Vermeidung von:
 - Inkonsistenzen im Datenbestand
 - (unkontrollierter) Fehlerausbreitung im System







Amazon: Amazon Web Services (AWS)

- Idee: Ungenutzte Ressourcen der Amazon-Rechenzentren gewinnbringend vermieten
 - Dienste ermöglichen den Aufbau eigener, komplexer Systeme in einer Cloud-Infrastruktur (Auszug):
 - Elastic Compute Cloud (EC2) – Betrieb virtueller Maschinen
 - Simple Storage Service (S3) – Netzwerkbasierter Speicher-Dienst
 - Elastic Load Balancing – Lastverteilung für EC2
 - Elastic Map Reduce – MapReduce-Framework basierend auf EC2 und S3
 - DynamoDB – Key-Value-Store basierend auf Dynamo
 - Die Abrechnung erfolgt nach tatsächlichem Verbrauch **und** Standort
 - Betriebsstunden, Speicherbedarf
 - Transfervolumen, Anzahl verarbeiteter Anfragen
 - Standorte in Nord- und Südamerika, Europa und Asien
- AWS Preisübersicht: <https://aws.amazon.com/pricing>



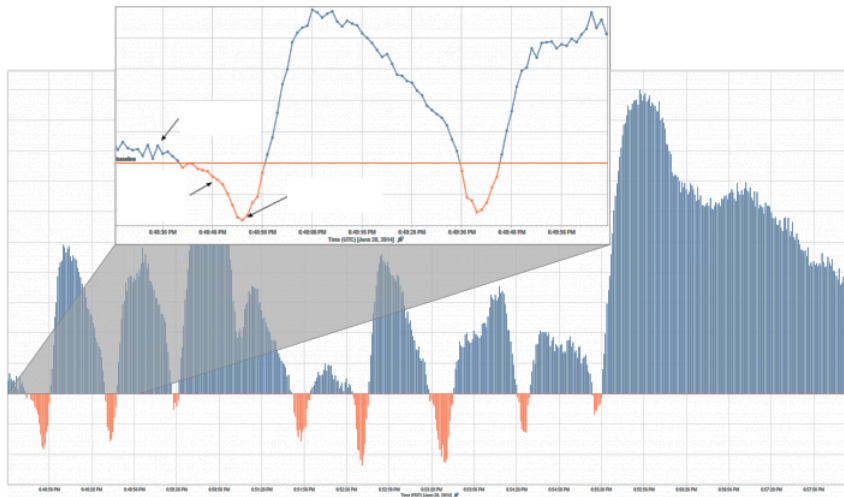
Amazon Web Services (AWS)



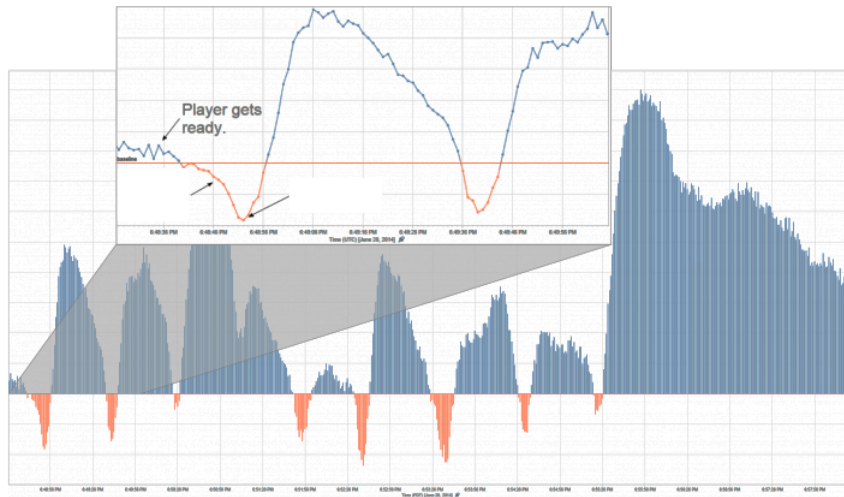
- Twitter und Cloud Computing
 - Als junges Start-Up-Unternehmen zunächst keine eigene Infrastruktur
→ ohne Cloud Computing würde Twitter nicht existieren
 - Nutzt Cloud-Dienste (z. B. Amazon S3) und Projekte wie ZooKeeper
- Zahlen zu Twitter
 - 24 Milliarden Suchanfragen pro Monat
 - Google: > 100 Milliarden
 - Yahoo: 9.4 Milliarden
 - Microsoft Bing: 4.1 Milliarden
 - Über 500 Millionen Tweets pro Tag (2011: 100 Millionen)
 - Über 255 Millionen aktive Benutzer (pro Monat)
 - Etwa 3.000 Mitarbeiter (davon sind 50 % Ingenieure)
- Rekorde (Tweets-pro-Minute, TPM)
 - 389.000 TPM: Brasilien gegen Chile (Weltmeisterschaft 2014)
 - 382.000 TPM: Super Bowl XLVIII (Februar 2014)
 - 300.000 TPM: Miley Cyrus (MTV Video Music Awards 2013)



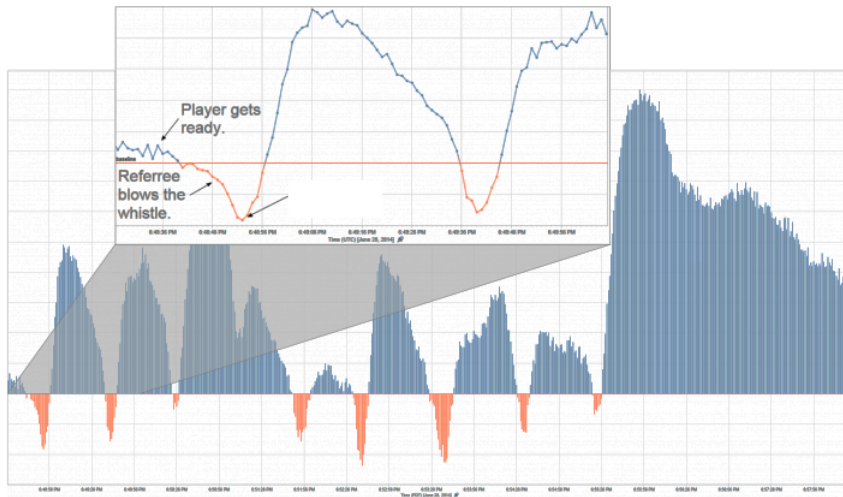
Brasilien gegen Chile



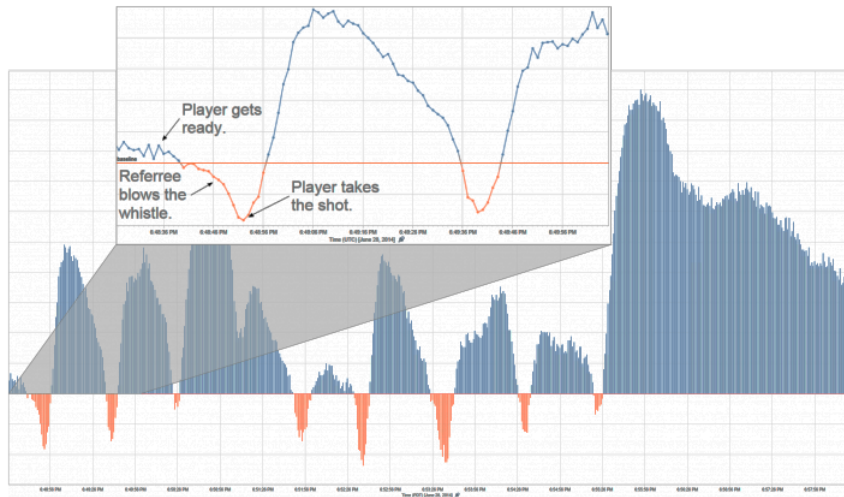
Brasilien gegen Chile: Elfmeterschießen auf Twitter



Brasilien gegen Chile: Elfmeterschießen auf Twitter



Brasilien gegen Chile: Elfmeterschießen auf Twitter



- Cloud Computing ist das Resultat paralleler, teilweise unabhängiger Entwicklung; nicht gezielt geplant, aber auch kein purer Zufall
- Grundlage für Cloud-Computing-Systeme sind die etablierten Konzepten aus dem Bereich Verteilte Systeme
- Cloud Computing bildet das Fundament für Unternehmen ohne Infrastruktur; ansatzweise wie Twitter
- Nicht zu vernachlässigen: Risiken durch Abhängigkeiten von Softwarekomponenten und Firmen („*Vendor Lock-In*“)
- Cloud-Computing-Veranstaltung am Lehrstuhl 4
Wintersemester 2014/2015: Middleware – Cloud Computing



Cloud Computing

Begriffsklärung

Grundeigenschaften

Basistechnologie Virtualisierung

Exkurs: Amazon und Twitter

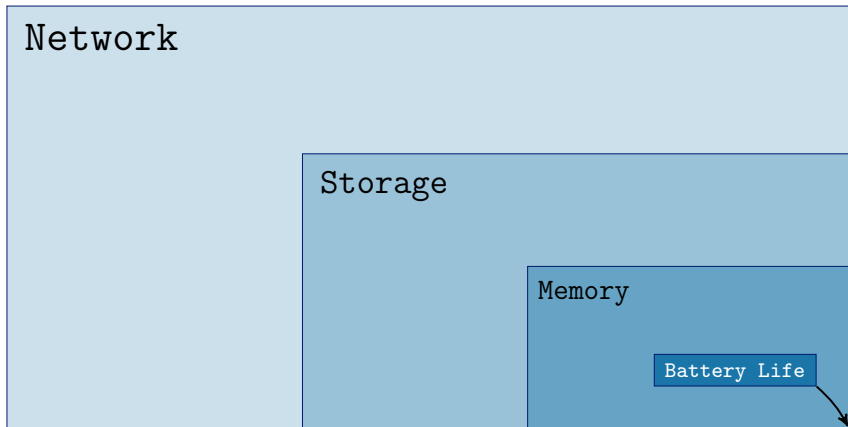
Wintersemester 2014/2015: Middleware – Cloud Computing

Forschung und studentische Arbeiten



- Fokus der Arbeiten des Lehrstuhls für Informatik 4 lässt sich am besten mit dem Begriff *Operating Systems Engineering* beschreiben
→ Betriebssysteme, Verteilte Systeme
- Forschungsgebiete
 - Energiegewahre Programmierung und energiegewahre Systeme
→ Timo
→ <http://www4.cs.fau.de/~thoenig/>
 - Cloud-Computing, sichere Cloud-Computing-Komponenten
→ Klaus
→ <http://www4.cs.fau.de/~stengel/>
 - Koordinierung querschneidender Belange, Automotive-Computing
→ Christopher
→ <http://www4.cs.fau.de/~ceibel/>
 - Byzantinische Fehlertoleranz (BFT), ressourceneffiziente BFT-Systeme
→ Tobias
→ <http://www4.cs.fau.de/Research/REFIT/>





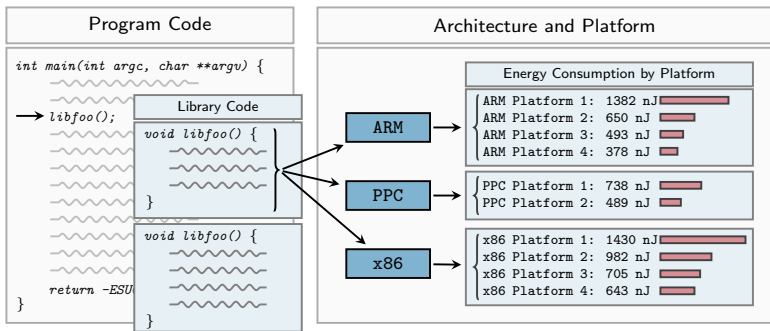
- Batterielaufzeit
→ 1 h vs. 10 h (Faktor 10)



- Fortschritt der letzten drei Jahrzehnte
 - Netzwerk: Faktor 3,3 Millionen
 - Speicherkapazität: Faktor 1,4 Millionen
 - Arbeitsspeicher: Faktor 0,5 Millionen
 - Batterielaufzeit → 1 h vs. 10 h (Faktor 10)
- Energiesparmechanismen
 - Dynamische Systemaspekte: aktive Beeinflussung des Systemverhaltens
 - Statische Systemaspekte: Compiler-Optimierungen, Speicherzugriffsmuster
- Energiegewahre Programmierung
 - Rückwärtsgerichteter Optimierungsprozess
 - Aufwendige Analysemethoden



Energiegewahre Programmierung mit SEEP



- Vorwärtsgerichteter Prozess, um Programmierer dabei zu unterstützen, energiegewahre Programme zu entwerfen
- Automatisierte Energieabschätzung für heterogene Plattformen



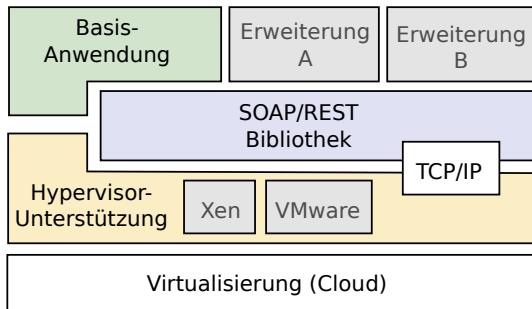
- System-Kontext
 - Klein(st)systeme (Stichwort: *Smart Dust*)
 - Eingebettete Systeme
 - Energy-Aware High-Performance-Computing (HPC), Exascale-Computing
- Aktuelle Forschungsarbeiten
 - Integrierte Ansätze für energiegewahre Programmierung
 - Energiebewertung einzelner *Software*-Systemkomponenten
 - Kombination mit Verfahren der statischen Codeanalyse
 - Bachelor- und Masterarbeiten
 - Studien- und Diplomarbeiten



T. Hönig, C. Eibel, R. Kapitza, and W. Schröder-Preikschat
SEEP: Exploiting Symbolic Execution for Energy-Aware Programming
ACM Operating Systems Review (Best Papers from HotPower '11 Workshop on Power-Aware Computing and Systems) 45(3):58–62, 2012.



- Angepasste Architektur für Cloud-Umgebungen

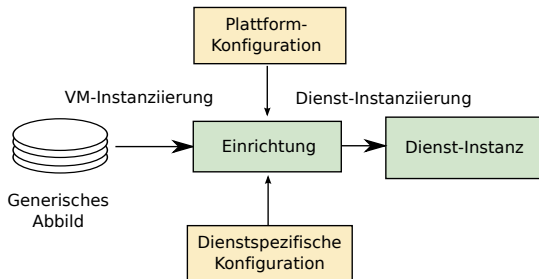


- Reduzierte Angriffsfläche durch weniger Code
- Implementierung auf Basis von funktionaler Programmierung (Haskell)
- Partielle Verifikation



Sichere Dienste für Cloud-Computing

- Statische Konfiguration für jeweiligen Einsatzzweck
- Dynamische Adaption durch Instanziierung von Virtuellen Maschinen
- Migration von Daten



- Aktuelle Aufgaben:

- Entwicklung von Anwendungsprototypen
- Portierung auf verschiedene Hypervisor-Lösungen
- Verifikation

→ Bachelor- u. Master-Arbeiten

→ Master-Projekte

