

Organisation

Vorlesung
Übung
Prüfungen

Einführung

Überblick
Chancen und Limitierungen
Herausforderungen



■ Verantwortliche

- Tobias Distler Raum 0.039 distler@cs.fau.de
- Jürgen Kleinöder Raum 0.043 jk@cs.fau.de

■ Termin

- Donnerstag, 12:15 – 13:45 Uhr
- Raum 0.031-113

■ Web-Seiten

- Skript https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS17/V_MW/Vorlesung/
- Literatur https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS17/V_MW/Literatur/

■ Fragen und Rückmeldungen sind erwünscht!



■ Grundlagen

- Überblick über Cloud Computing
- Grundlagen verteilter Programmierung mit Web-Services
- Virtualisierung als Basis für Cloud Computing

■ Stand der Kunst

- Infrastructure as a Service (IaaS): Eucalyptus, Windows Azure Storage
- Verteilte Datenspeicher für Cloud-Anwendungen
 - Google File System
 - Amazon Dynamo
- Verteilte Programmierung für datenintensive Cloud-Anwendungen
- Energieeffiziente Datenzentren
- Koordinierung von Cloud-Anwendungen

■ Ausblick auf (mögliche) zukünftige Entwicklungen

- Interoperabilität und Multi-Cloud Computing
- Virtualisierungsbasierte Fehlertoleranz



■ Verantwortliche

- Christopher Eibel Raum 0.045 ceibel@cs.fau.de
- Michael Eischer Raum 0.045 eischer@cs.fau.de
- Tobias Distler Raum 0.039 distler@cs.fau.de

■ Termine

- Tafelübung Freitag, 14:15 – 15:45 Uhr, 0.031-113 (ab 20.10.)
- Rechnerübung Mittwoch, 16:00 – 18:00 Uhr, 00.153-113 (ab 25.10.)

■ Web-Seite

- https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS17/V_MW/Uebung/

■ Anmeldung

- Web-Anmeldesystem *Waffel*
- <https://waffel.informatik.uni-erlangen.de>



- **Tafel- und Rechnerübung**
 - Ergänzende und vertiefende Informationen zur Vorlesung
 - Hilfestellungen zur Bearbeitung der Übungsaufgaben
 - Klärung von Fragen
 - Abgabe der Übungsaufgaben
- **Themen**
 - Entwicklung Cloud-basierter Web-Services
 - Einsatz einer hybriden IaaS-Cloud (OpenStack + Amazon EC2)
 - Verteilte Dateisysteme (HDFS)
 - Skalierbare Datenverarbeitung mittels MapReduce
 - Koordinierung von verteilten Cloud-Anwendungen



- **Informatik (Bachelor und Master)**
 - Vertiefung „Verteilte Systeme und Betriebssysteme“
 - 5 ECTS- oder 7,5 ECTS-Modul
- **Informations- und Kommunikationstechnik**
 - Bachelor: „Wahlmodule aus EEI und INF“ (5 ECTS-Modul)
 - Master: „Wahlpflichtmodul aus INF“ (5 ECTS- oder 7,5 ECTS-Modul)
 - Eingebettete Systeme
 - Kommunikationsnetze
 - Übertragung und Mobilkommunikation
- **Varianten**
 - 5 ECTS: Vorlesung + Übung
 - Erfolgreiche Bearbeitung aller abzugebenden Übungsaufgaben
 - Mündliche Prüfung über Vorlesungs- und Übungsstoff
 - 7,5 ECTS: Vorlesung + erweiterte Übung
 - Erfolgreiche Bearbeitung aller abzugebenden Übungsaufgaben
 - Erfolgreiche Bearbeitung aller Zusatzaufgaben
 - Mündliche Prüfung über Vorlesungs- und Übungsstoff



Überblick

Organisation
Vorlesung
Übung
Prüfungen

Einführung

Überblick
Chancen und Limitierungen
Herausforderungen



Cloud Computing

- **Merkmale**
 - Auslagerung von Diensten, Berechnungen und/oder Daten
 - Verfügbarkeit scheinbar unbegrenzter Ressourcen
 - Einfacher universeller Zugriff
 - Schnelle dynamische Skalierbarkeit
- **Grundlagen**
 - Hochskalierbare verteilte Infrastrukturen auf Provider-Seite
 - Leistungsfähige Netzwerkanbindung auf Client-Seite
 - Geringe Kosten für Speicherplatz
- **Literatur**
 -  Mache Creeger
Cloud Computing: An Overview
Queue – Distributed Computing, 7(5), 2009.
 -  Michael Armbrust, Armando Fox, Rean Griffith, Anthony D. Joseph et al.
A View of Cloud Computing
Communications of the ACM, 53(4):50–58, 2010.



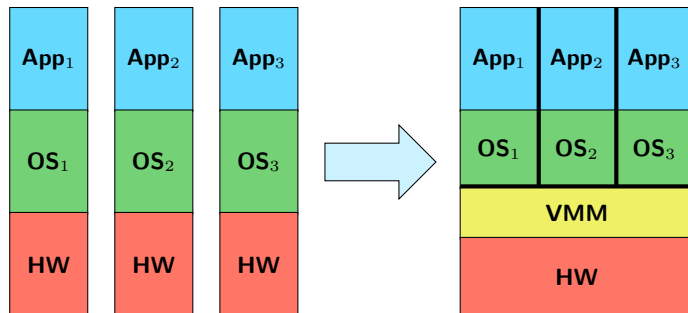
Basistechnologien

■ Web-Services

- Sprachunabhängige Basis für entfernte Kommunikation
- Bereitstellung von Diensten in der Cloud
- Schnittstelle zur Cloud-Konfigurierung

■ Virtualisierung

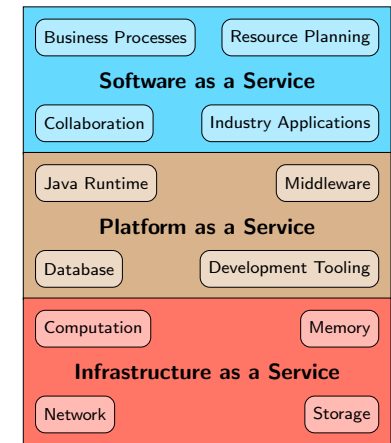
- Paralleler Betrieb mehrerer *virtueller Maschinen* auf einem Rechner
- Isolation von Nutzern
- Realisierung auf unterschiedlichen Ebenen: System, Prozess,...



Everything as a Service

■ Kategorien

- Software as a Service (SaaS)
 - Bereitstellung vom Endnutzer verwendeter Dienste
 - Beispiel: Google Docs
- Platform as a Service (PaaS)
 - Bereitstellung von Middleware zur Implementierung komplexer Dienste
 - Beispiel: Google AppEngine
- Infrastructure as a Service (IaaS)
 - Bereitstellung von Rechen- und Speicherinfrastruktur
 - Beispiel: Amazon EC2



■ In der Praxis

- Oftmals als Schichten aufeinander aufbauend
- Grenzen zwischen Kategorien fließend



Einsatzszenarien

■ Öffentliche Cloud (*Public Cloud*)

- Große Unternehmen (z. B. Amazon, Microsoft, Google) stellen anderen Firmen einen Teil ihrer Infrastruktur zur Verfügung
- Cloud-Nutzer müssen selbst vergleichsweise wenige Ressourcen vorhalten

■ Private Cloud

- Nutzung der bereits im eigenen Unternehmen vorhandenen Infrastruktur
- Einsatz von Virtualisierung zur flexiblen Verwaltung von Ressourcen

■ Hybride Cloud

- Kombination aus privater und öffentlicher Cloud
- Mögliche Aufteilung
 - Kritische Daten verbleiben im privaten Teil der Cloud
 - Öffentliche Cloud vor allem zur Deckung von Bedarfsspitzen

■ Multi Clouds / Cloud-of-Clouds

- Parallele Nutzung verschiedener öffentlicher Clouds
- Absicherung gegen den Ausfall eines Cloud-Anbieters



Wirtschaftliche Aspekte

■ Cloud-Nutzer

- Keine eigenen physischen Rechner
 - Geringerer Aufwand für Administration
 - Keine Reparaturkosten
- Abrechnungsmodell: *Pay-as-you-go*
 - Kosten orientieren sich an tatsächlichem Ressourcenverbrauch
 - Feingranulare Abrechnung [Beispiele: Virtuelle Maschine: pro Stunde, Netzwerk: pro Megabyte]
 - Konsequenzen (Beispiele)
 - * 1000 virtuellen Maschinen eine Stunde lang zu betreiben kostet genauso viel wie eine virtuelle Maschine 1000 Stunden lang zu betreiben
 - * Keine Kosten für On-Demand-Dienste während der Standby-Phase, zum Beispiel im Rahmen von Garantieleistungen
- In vielen Fällen: Verbesserte Ausfallsicherung

■ Cloud-Anbieter

- Vermietung überschüssiger Kapazitäten
- Virtualisierung: Bereitstellung quasi unbegrenzter Ressourcen für Nutzer



Datenzentren

- Einsatz von *Commodity*-Hardware
 - Keine Spezialanfertigungen, sondern Hardware von der Stange
 - Vorteil: Günstige Einkaufspreise aufgrund großer Stückzahlen
 - Nachteile
 - Ausfälle werden zum Regelfall
 - Kompatibilitätsprobleme aufgrund heterogener Hardware
- Server-Konsolidierung durch Virtualisierung
 - Zusammenlegung von virtuellen Maschinen verschiedener Cloud-Nutzer auf demselben physischen Rechner
 - Vorteile
 - Höhere Auslastung einzelner Rechner
[Ohne Virtualisierung: 2-3%, mit Virtualisierung: bis zu 80%. [Creeger]]
 - Kostenersparnis durch geringeren Platzbedarf
 - Nachteil: Optimale Isolation ist nicht immer erreichbar
 - Sicherheitsaspekt
 - *Performance Isolation*



Skalierbarkeit

- Problem von Firmen: Abschätzung der Auslastung ihrer für Endnutzer angebotenen Dienste und Bereitstellung entsprechender Ressourcen
 - Lastentwicklung eventuell unbekannt
 - Ungünstiges Verhältnis zwischen Spitzen- und Durchschnittslast
 - Starke Lastschwankungen
 - Über den Tag verteilt
 - Über das Jahr verteilt
- Mögliche Konsequenzen
 - Bereitstellung von zu wenigen Ressourcen (*Underprovisioning*)
 - Bereitstellung von zu vielen Ressourcen (*Overprovisioning*)
- Vorteile durch Cloud Computing
 - Verfügbarkeit neuer virtueller Maschinen im Minutenbereich
 - Dynamische Skalierbarkeit in beide Richtungen
 - Kosten orientieren sich am tatsächlichen Ressourcenverbrauch



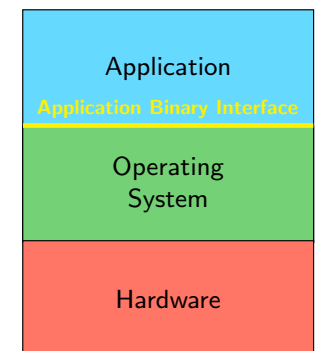
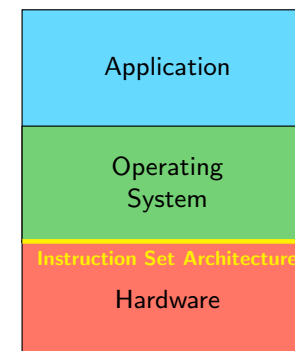
Limitierungen und offene Fragen

- Technische Limitierungen
 - Nicht jede Anwendung lässt sich beliebig skalieren (z. B. Datenbanken)
 - Ineffizienter Transfer großer Datenmengen in die bzw. aus der Cloud
[Amazon bietet daher die Möglichkeit Festplatten einzusenden: <https://aws.amazon.com/de/snowball/disk/>]
 - Instabile bzw. unvorhersehbare Performanz von schwer transparent zu isolierenden Operationen (z. B. Festplattenzugriffen)
 - Beschränkte Verfügbarkeitsgarantien durch Cloud-Anbieter
- Weiterführende Aspekte
 - Vertraulichkeit der Daten
 - Rechtliche Fragen (Beispiele)
 - Dürfen medizinische Daten in einer öffentlichen Cloud verarbeitet werden?
 - Werden gesetzliche Bestimmungen zum Speicherort von Daten eingehalten?
 - „*Vendor Lock-In*“-Problem
 - Starke Abhängigkeit von einem einzelnen Cloud-Anbieter
 - Erschwelter Anbieterwechsel
 - Gründe: fehlende Standards, aufwendiger Datentransfer



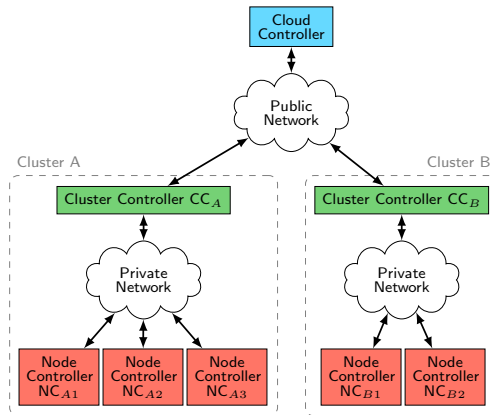
Wie lässt sich Virtualisierung praktikabel realisieren?

- Anforderungen an ein virtualisiertes System
 - Äquivalenz
 - Ressourcenkontrolle
 - Effizienz
- Virtualisierungsebenen
 - Systemvirtualisierung: Virtualisierung der *Instruction Set Architecture*
 - Prozessvirtualisierung: Virtualisierung des *Application Binary Interface*



Wie wird die eigene Infrastruktur für andere nutzbar?

■ Aufbau einer Infrastruktur-Cloud



■ Aufgabenbereiche

- Verwaltung von physischen Maschinen
- Verwaltung und Platzierung von virtuellen Maschinen
- Anbindung an Datenspeicher



Wie lassen sich große Datenmengen verwalten?

■ Ansatz

- Speziell auf die jeweiligen Anforderungen zugeschnittene Systeme
- Enge Verzahnung mit der Anwendung

■ Beispiel: Google

- Anforderungen
 - Sehr große Dateien
 - Hauptsächlich sequentielle Schreibzugriffe, kaum Modifikationen
- *Google File System*
 - Kein Dateisystem im klassischen Sinne
 - Optimierte Auslastung der Netzwerkverbindungen

■ Beispiel: Amazon

- Anforderungen
 - Große Anzahl an vergleichsweise kleinen Datensätzen
 - Hohe Verfügbarkeit
- *Amazon Dynamo*
 - Replizierter Datenspeicher für Schlüssel-Wert-Paare
 - Abgeschwächte Konsistenzgarantien



Wie lassen sich große Datenmengen verarbeiten?

■ Beispiel: Google, Yahoo,...

- Anforderungen
 - Parallele Nutzung einer großen Anzahl von Rechnern
 - Einfache Realisierung von Anwendungen
- *MapReduce*
 - Framework übernimmt Verteilung der Anwendung
 - Programmierer implementiert zwei Methoden
 - * Map: Abbildung der Eingabedaten auf Schlüssel-Wert-Paare
 - * Reduce: Zusammenführung der von Map erzeugten Schlüssel-Wert-Paare

■ Koordinierung und Konfigurierung verteilter Anwendungen

- Anforderungen
 - Abstimmung zwischen einer großen Anzahl von Prozessen
 - Ausfallsichere Verwaltung von Konfigurationsinformationen
- Beispiel: *Chubby* (Google)
 - Bereitstellung als externer Koordinierungsdienst
 - Generische Schnittstelle zur Implementierung komplexer Abstraktionen

