

Cloud Computing-Seminar (CLCP)

Universität Heidelberg

Einführung in das Thema Cloud Computing

David Grünbeck

Universität Heidelberg
gruenbeck@stud.uni-heidelberg.de

11.5.2009

Übersicht

- 1 Cloud Computing
- 2 Technische Voraussetzungen
- 3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen
- 4 T.-Soziale Voraussetzungen

1 Cloud Computing

- Probleme der Definition
- Versuch einer Definition
- Beispiele
- Charakteristika
- Entwicklungsschritte/Voraussetzungen

2 Technische Voraussetzungen

3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen

4 T.-Soziale Voraussetzungen

Probleme der Definition I



- „Everybody is trying to figure out what it is (remember grid?)“. [WLK 08]
- „The problem is that [...] everyone seems to have a different definition. As a metaphor for the Internet, ‘the cloud’ is a familiar cliché, but when combined with ‘computing,’ the meaning gets bigger and fuzzier“. [KNG08]

Probleme der Definition II



- „A lot of people are jumping on the [cloud] bandwagon, but I have not heard two people say the same thing about it. There are multiple definitions out there of 'the cloud.'“ [HP Vice President of ESS Andy Isherwood, quoted in ARM 09]
- „The interesting thing about Cloud Computing is that we've redefined Cloud Computing to include everything that we already do. ... I don't understand what we would do differently in the light of Cloud Computing other than change the wording of some of our ads“. [Oracle CEO Larry Ellison, quoted in ARM 09]

Probleme der Definition II



- „A lot of people are jumping on the [cloud] bandwagon, but I have not heard two people say the same thing about it. There are multiple definitions out there of 'the cloud.'“ [HP Vice President of ESS Andy Isherwood, quoted in ARM 09]
- „The interesting thing about Cloud Computing is that we've redefined Cloud Computing to include everything that we already do. . . . I don't understand what we would do differently in the light of Cloud Computing other than change the wording of some of our ads“. [Oracle CEO Larry Ellison, quoted in ARM 09]

- 1 Cloud Computing
 - Probleme der Definition
 - **Versuch einer Definition**
 - Beispiele
 - Charakteristika
 - Entwicklungsschritte/Voraussetzungen

2 Technische Voraussetzungen

3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen

4 T.-Soziale Voraussetzungen

Versuch einer Definition II

- Art und Weise der Datenverarbeitung (Computing) unter Nutzung des Internet (Cloud)
- Aufbau auf anpassungsfähigen, virtuellen, hochskalierbaren Infrastrukturen, die gewünschte Ressourcen/Dienste anbieten - bereitgestellt durch externen Dienstleister mit großen, über die Welt verteilten Rechenzentren
- Zugriff auf Ressourcen/Dienste über das Internet
- Abrechnung basierend auf tatsächlichem Verbrauch (Utility Computing)

Versuch einer Definition III

- Rollen des Kunden:
 - Ressourcen-/Dienst Anforderung (z.B. Rechenkapazität, Speicherplatz)
 - Verhandlung des Service Levels
 - Benutzung der Ressourcen/Dienste
- Rollen des Anbieters:
 - Operator: Tägliche Unterhaltung
 - Inhaber: Festlegung von Richtlinien
 - Architekt: Umsetzung von Richtlinien in Services

Versuch einer Definition IV: Motivation

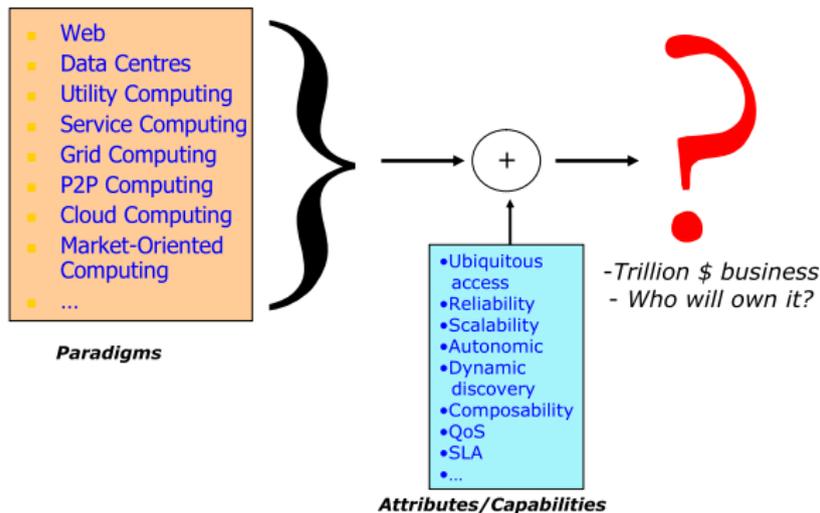


Figure 1: Various paradigms promising to deliver IT as services.

[BCV 08]

- 1 Cloud Computing
 - Probleme der Definition
 - Versuch einer Definition
 - **Beispiele**
 - Charakteristika
 - Entwicklungsschritte/Voraussetzungen
- 2 Technische Voraussetzungen
- 3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen
- 4 T.-Soziale Voraussetzungen

Beispiele I: X as a Service (XaaS)

- Software as a Service (SaaS)
 - Softwarebenutzung (Endbenutzer) über Internet
 - Kosten fallen erst/nur im Bedarfsfall an
 - Benutzte Version ist immer die aktuellste Version (Sicherheitsupdates, etc.)
- Platform as a Service (PaaS)
 - Plattformbenutzung (Entwickler) über Internet
 - Entwicklungsumgebungen fremder Anbieter können einfach zum Erstellen und Anbieten eigener Dienste genutzt werden
- Infrastructure as a Service (IaaS)
 - Infrastrukturbenutzung (Endbenutzer, Entwickler, Dienstleister...) über Internet
 - Kosten fallen nur im Bedarfsfall an, Skalierbarkeit

[KNG 08]

Beispiele II: Web Services

- Softwarebenutzung (Entwickler) über Internet
- Funktionalitäten fremder Anbieter können mit Hilfe von APIs einfach in eigene Dienste integriert werden
 - Google Maps
 - U.S. Postal Service
 - Kreditkarteninstitute

[KNG 08]

Beispiele III: Managed Service Platforms

- IT-Management über Internet
- Virensendienste für eingehende E-Mails, Überwachungsdienste für Server
- Von Fremdanbietern für Kunden entfernt über das Internet vorgenommen
- Eine der ältesten Formen von Cloud Computing
 - Google Maps
 - U.S. Postal Service
 - Kreditkarteninstitute

[KNG 08]

Beispiele IV: Service Commerce Platforms

- Personaldienstleistung über Internet
- Meist Reisebuchungs- und/oder Sekretariatsdienste für Unternehmen in deren Auftrag

[KNG 08]

Beispiele V: Web Operating Systems (WebOS)

- Kombination von Applikationen (SaaS), Datenspeicher (IaaS) und Entwicklungsplattform (PaaS)
- Interaktion mit Hardware läuft über den Webbrowser und das tatsächliche Betriebssystem
- Status und Zukunft momentan noch unklar
 - „CornelioS“: <http://www.cornelios.org/> (Open Source, GPL)
 - „Xios/Cloud OS“: <http://xcerion.com/>

[KNG 08]

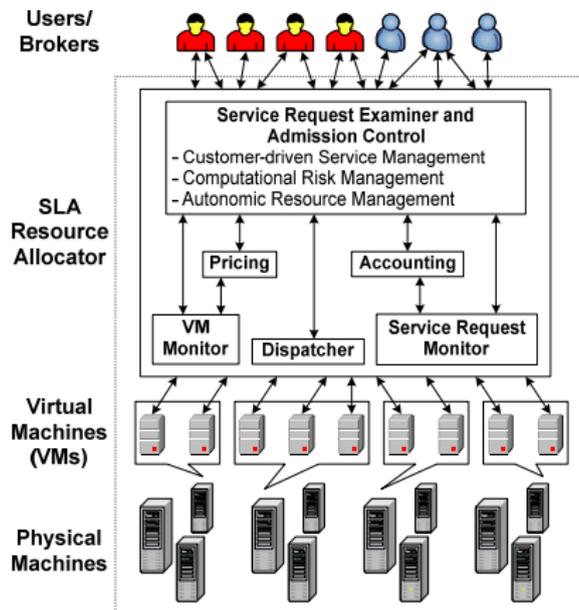
- 1 Cloud Computing
 - Probleme der Definition
 - Versuch einer Definition
 - Beispiele
 - **Charakteristika**
 - Entwicklungsschritte/Voraussetzungen
- 2 Technische Voraussetzungen
- 3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen
- 4 T.-Soziale Voraussetzungen

Charakteristika I: Architektur

- Aufbau auf Netzwerken, insb. Internet
 - Zugriff häufig per Web Browser
 - Berechnung und Datenspeicherung immer auf (entferntem) Server
- Aufbau auf Virtualisierung
- Aufbau auf offenen Standards

[WCL 09]

Charakteristika I: Architektur



[BCV 08]

Charakteristika II: Nutzerverhalten

- Nutzer werden Mieter
- Nutzer besitzen keine physische Infrastruktur mehr für die Ausführung der Dienste
- Nutzer nutzen und bezahlen Dienste verbrauchsabhängig (→ Utility Computing), selten auch auf Abonnement-Basis
 - Entfallen der Notwendigkeit der Vorausplanung für den Nutzer; Ressourcen und Dienste werden genutzt, wenn sie gebraucht werden (Illusion unendlich vorhandener Rechenkapazitäten)
 - Belohnung konservativer Ressourcennutzung (Ressourcen werden nur so weit genutzt wie nötig)
- Benutzer haben Anspruch auf Erbringung durch Quality of Service / Service Level Agreements
 - Festlegung der Pflichten der Anbieter/Vermieter gegenüber Nutzer

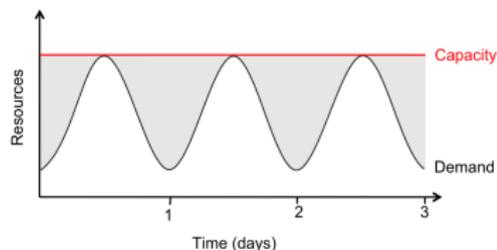
[ARM 09] [WCL 09]

Charakteristika III: Anbieterverhalten

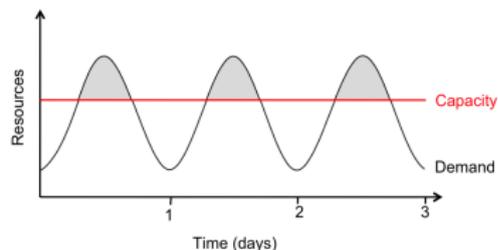
- Was bewegt Anbieter, Cloud Computing-Dienste anzubieten?
- Anbieter müssen für ihre eigenen Kerndienste (Über-)Kapazitäten als Reserve für Stoßzeiten (tageszeit- oder saisonabhängig) vorhalten
- Während Nicht-Stoßzeiten liegen Kapazitäten brach → diese werden als Cloud Computing-Dienste angeboten

[ARM 09]

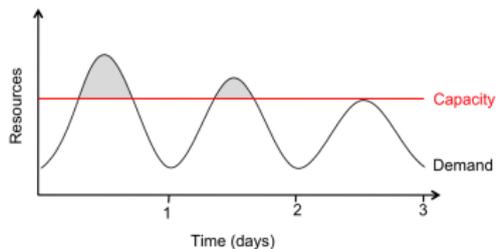
Charakteristika III: Anbieterverhalten



(a) Provisioning for peak load



(b) Underprovisioning 1



(c) Underprovisioning 2

[ARM 09]

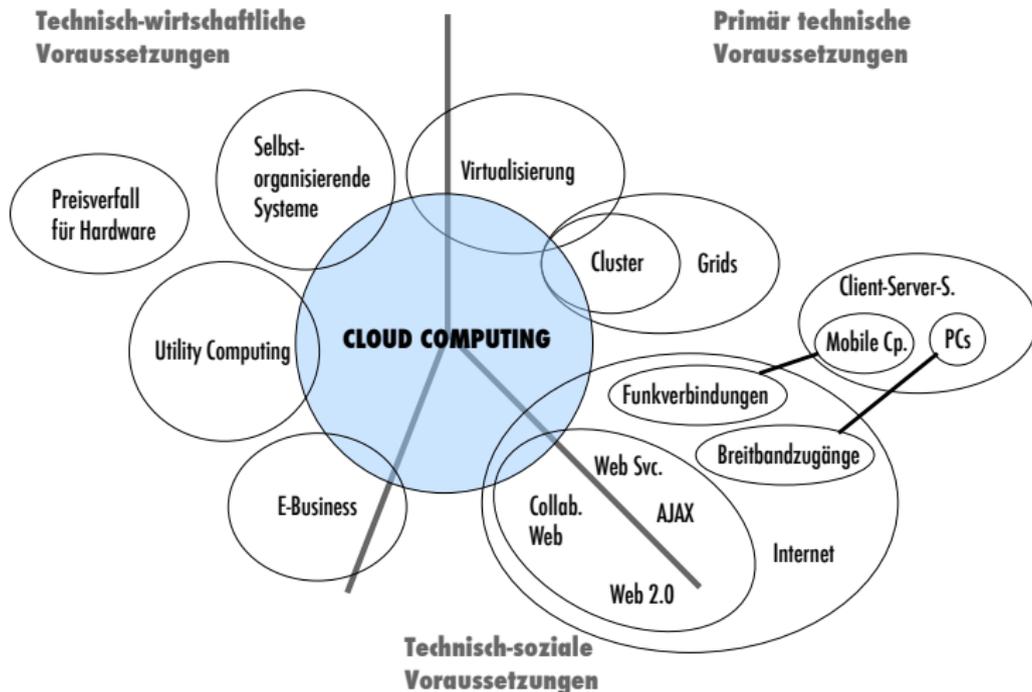
- 1 Cloud Computing
 - Probleme der Definition
 - Versuch einer Definition
 - Beispiele
 - Charakteristika
 - Entwicklungsschritte/Voraussetzungen

2 Technische Voraussetzungen

3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen

4 T.-Soziale Voraussetzungen

Entwicklungsschritte/Voraussetzungen



1 Cloud Computing

2 Technische Voraussetzungen

- Cluster
- Grids
- Parallele und Verteilte Systeme
- Virtualisierung

3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen

4 T.-Soziale Voraussetzungen

1 Cloud Computing

2 Technische Voraussetzungen

- Cluster
- Grids
- Parallele und Verteilte Systeme
- Virtualisierung

3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen

4 T.-Soziale Voraussetzungen

Cluster I

- Seit ca. 1990 (erste Systeme ab 1983 mit bis zu 8 Knoten im Jahr 1987)
- Bündelung mehrerer (eigenständiger) Rechner (Knoten) zu einer Einheit (virtueller Rechner), die sich wie ein einzelner Rechner verhält
- Grund: Hohe Anforderungen an Leistungsfähigkeit (hoher Rechenleistungsbedarf v.a. in Wissenschaft) und hohe Ausfallsicherheit bei geringen Kosten
- Vorteile von Clustern:
 - Niedrige Kosten: Cluster sind durch die Verwendung von Standard-Hardwarekomponenten (handelsübliche PCs) kostengünstiger als Großrechner zu verwirklichen; Komponenten sind schnell und günstig wiederbeschaffbar
 - Hohe Flexibilität: Cluster sind hochskalierbar, d.h. es können relativ einfach neue Komponenten hinzugefügt oder abgezogen werden

[BBKS 08: 2, 415, 427]

Cluster II

- Nachteile von Clustern:
 - Mit zunehmender Zahl der Knoten im Cluster zunehmend erhöhter Administrationsaufwand (Personalaufwand)
 - Verteilen und Kontrollieren von Anwendungen ist aufwändig und nimmt mit wachsender Clustergröße zunehmend mehr Gesamtleistungsfähigkeit des Clusters in Anspruch
- Klassifikationen von Clustern:
 - Load Balancing Cluster
 - High Performance Computing Cluster (HPC)
 - High Availability (HA) Cluster
 - High Throughput Cluster (HTC)

[BBKS 08: 2, 415-434]

Cluster: Cluster vs. Großrechner I

- Großrechner (Mainframes)
 - Computer großer Organisationen für kritische Applikationen, typischerweise statistische Erhebungen, Warenwirtschaft, Finanztransaktionen (kompatibel mit IBM System/360)
 - 1 Maschine in 1 Gehäuse, kein verteiltes System, keine Standardkomponenten
 - Benötigt keine parallelisierte Software
 - Kostenintensiv und nur bis zu einem bestimmten Punkt skalierbar
- Cluster
 - Virtueller Computer aus einem Verbund vieler einzelner vernetzter Maschinen mit Standardkomponenten
 - Benötigt parallelisierte Software
 - Kostengünstig und nahezu beliebig skalierbar

[WMF 09]

Cluster: Cluster vs. Großrechner II



[TUC 09] [WMF 09]

Cluster: Datacenters

- In großen Rechenzentren („Datacenters“) werden Cluster in extremen Ausmaßen eingesetzt (z.B. Amazon, eBay, Google, Microsoft und andere)
 - Einrichtung der Datacenters, ihr Schutz gegen Attacken und ihre Ausstattung mit skalierbarer Software-Infrastruktur war notwendig geworden durch enormes Wachstum der Unternehmen um das Jahr 2000
- Große Cluster ermöglichen große Skaleneffekte (Vergünstigung durch Massenproduktion/-einkauf)
 - Fünf- bis siebenfaches Einsparpotenzial bei Elektrizität, Netzwerkbandbreite, Betrieb, Software und Hardware
- Große Skaleneffekte ermöglichen Profitabilität
- Das Entstehen profitabler Datacenters wird als Schlüsseltechnologie für die Entwicklung des Cloud Computing gesehen

[ARM 09]

1 Cloud Computing

2 Technische Voraussetzungen

- Cluster
- Grids
- Parallele und Verteilte Systeme
- Virtualisierung

3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen

4 T.-Soziale Voraussetzungen

Grids

- Seit ca. 2000
- Bündelung mehrerer Rechner verschiedener, unabhängiger Organisationen zu einer Einheit (virtuelle Organisation) über bestehende Netzwerkstrukturen (*räumlich verteilt*)
- Grund: Rasanter Anstieg von Komplexität und Umfang von Daten und Berechnungen v.a. in der Wissenschaft; standortübergreifende Kooperation von Rechenzentren (E-Science)
- Grids sind Zusammenschlüsse von Clustern und anderen Systemen zwischen Standorten und Organisationen → heterogene Zusammensetzung der Komponenten, die aber nach Außen für den Benutzer homogen wirkt (durch Middleware)

[BBKS 08: 3, 435-438] [BAU 08: 133] [BEG 08: 6]

Grids

- Ian Foster: „What is the Grid? A Three Point Checklist“
 - **Heterogenität und Dezentralität:** Ein Grid kann aus verschiedensten Ressourcen bestehen (Cluster, Großrechner, Standard-PCs, Datenspeicher, Messgeräte. . .), es gibt keine zentrale Instanz im Grid, die teilnehmenden Organisationen sind räumlich verteilt
 - **Standardisierung der Schnittstellen:** Verwendung offener und standardisierter Protokolle, damit Authentifikation, Autorisierung und Auffinden und Anfordern von Diensten möglich ist, auf denen dann die verteilten Applikationen aufbauen
 - **Dienstgütern:** Ein Grid stellt verschiedene Dienstgüter bereit, die z.B. von Antwortzeit, der Erreichbarkeit, der Sicherheit oder dem Datendurchsatz abhängen

[BBKS 08: 3, 435-438] [BAU 08: 133] [BEG 08: 6]

Grids: Grids vs. Clouds

Grids	Clouds
BETRIEBSMODUS	
<ul style="list-style-type: none"> - Job-Ausführung - Zeitbegrenztes Programm - Verarbeitung großer Datenmengen 	<ul style="list-style-type: none"> - Service-Angebot - Kontinuierliche Dienste - Verarbeitung vieler Client-Anfragen
BETREIBERPROFIL	
<ul style="list-style-type: none"> - Wissenschaftlich - Öffentlich - Verschiedene/viele Eigner 	<ul style="list-style-type: none"> - Unternehmerisch - Privatwirtschaftlich - Einzelner/wenige Eigner
ARCHITEKTUR	
<ul style="list-style-type: none"> - Zusammenschluss von Rechnern - Heterogen 	<ul style="list-style-type: none"> - Zusammenschluss von Rechnern - Homogen
NUTZERZIELE	
<ul style="list-style-type: none"> - Forschung, Simulation - Aufwändige Berechnungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Outsourcing, Outtasking - Kosteneinsparung - Wartungsvereinfachung

[BAK 08: 6]

1 Cloud Computing

2 Technische Voraussetzungen

- Cluster
- Grids
- Parallele und Verteilte Systeme
- Virtualisierung

3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen

4 T.-Soziale Voraussetzungen

Parallele und Verteilte Systeme: Parallele Verarbeitung

- **Problem:** Lösung komplexer Probleme/Berechnungen in akzeptabler Zeit
- **Ziel:** Geschwindigkeitssteigerung und/oder schnellere Reaktion eines Servers auf (mehrere) Anfragen von Clients (gleichzeitig)
- **Methode:** Zerlegung Applikation in Einheiten (Tasks, Prozesse), die parallel ausgeführt werden können
 - Eventuell weitere Zerlegung in Berechnungsfäden (Threads)
 - Gleichzeitige Ausführung auf verschiedenen Prozessoren
 - Verteilung durch Scheduler (Ablaufplaner)

[BBKS 08: 23-25]

Parallele und Verteilte Systeme: Parallele Verarbeitung

- **Problem:** Lösung komplexer Probleme/Berechnungen in akzeptabler Zeit
- **Ziel:** Geschwindigkeitssteigerung und/oder schnellere Reaktion eines Servers auf (mehrere) Anfragen von Clients (gleichzeitig)
- **Methode:** Zerlegung Applikation in Einheiten (Tasks, Prozesse), die parallel ausgeführt werden können
 - Eventuell weitere Zerlegung in Berechnungsfäden (Threads)
 - Gleichzeitige Ausführung auf verschiedenen Prozessoren
 - Verteilung durch Scheduler (Ablaufplaner)

[BBKS 08: 23-25]

Parallele und Verteilte Systeme: Verteilte Verarbeitung

- **Problem:** Sicherstellung der Verfügbarkeit von Rechenleistungen
- **Ziel:** Ausfalltoleranz, Fehlertoleranz
- **Methode:** Einbau von Redundanzen, Koordination vieler (heterogener) Computer in räumlich verteilten physikalischen Lokationen, die gemeinsame Aufgabe erledigen
 - Zugriff aufeinander über Netzwerk
 - Interaktion über festgelegtes Protokoll (gemeinsames Nachrichtenformat und Fehlertoleranz)
 - Senden von Code zur Ausführung

[BBKS 08: 26-28]

Parallele und Verteilte Systeme: Verteilte Verarbeitung

- **Problem:** Sicherstellung der Verfügbarkeit von Rechenleistungen
- **Ziel:** Ausfalltoleranz, Fehlertoleranz
- **Methode:** Einbau von Redundanzen, Koordination vieler (heterogener) Computer in räumlich verteilten physikalischen Lokationen, die gemeinsame Aufgabe erledigen
 - Zugriff aufeinander über Netzwerk
 - Interaktion über festgelegtes Protokoll (gemeinsames Nachrichtenformat und Fehlertoleranz)
 - Senden von Code zur Ausführung

[BBKS 08: 26-28]

Parallele und Verteilte Systeme: Eigenschaften I

Transparenz

- Möglichkeit des Verbergens von zugrundeliegenden Eigenschaften und Mechanismen (Abstraktion, Black Box)
- Beispiele für Transparenzen:
 - Ortstransparenz
 - Zugriffstransparenz
 - Nebenläufigkeitstransparenz

[BBKS 08: 29]

Parallele und Verteilte Systeme: Eigenschaften II

Skalierbarkeit

- Leichte und flexible Änderbarkeit eines Systems (z.B. hinsichtlich Anzahl der Benutzer, Rechner, der Größe des Datenspeichers etc.)
- Beispiele für Skalierbarkeiten:
 - Lastskalierbarkeit
 - Geographische Skalierbarkeit
 - Administrative Skalierbarkeit

[BBKS 08: 29-30]

Parallele und Verteilte Systeme: Eigenschaften III

Offenheit

- Möglichkeit der Interaktivität mit anderen Systemen durch Aufbau auf offenen Standards
- Probleme:
 - Verbreitungsmonotonie: Ist Nachricht verteilt, kann sie nicht mehr zurückgenommen werden
 - Pluralismus: Möglichkeit von heterogenen, überlappenden, konfligierenden Informationen, da keine zentrale Instanz für Richtigkeit existiert
 - Unbegrenzter Nichtdeterminismus: Nicht absehbar, wann eine Operation in einem verteilten System abgeschlossen ist

[BBKS 08: 31]

1 Cloud Computing

2 Technische Voraussetzungen

- Cluster
- Grids
- Parallele und Verteilte Systeme
- **Virtualisierung**

3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen

4 T.-Soziale Voraussetzungen

Virtualisierung I

- **Problem:** Auslastung von Ressourcen oft nicht optimal; Verwaltung vieler Ressourcen aufwändig
- **Lösung:** Zusammenfassung von Hardware in logische Sichten/Ressourcen (virtuelle Teilsysteme bilden virtuelles Gesamtsystem) und bedarfsgerechte Zuteilung von virtuellen Ressourcen auf physikalisch vorhandene Ressourcen zur Laufzeit
- **Vorteile im Überblick:**
 - Serverkonsolidierung
 - Vereinfachte Administration
 - Vereinfachte Bereitstellung
 - Hohe Verfügbarkeit
 - Vereinfachte Garantie von Service Levels
 - Höhere Sicherheit

[BBKS 08: 21, 396]

Virtualisierung II

- Typen der Virtualisierung:
 - Betriebssystemvirtualisierung
 - Virtuelle Maschinen (VM)
 - Softwarevirtualisierung
 - Hardwarevirtualisierung
 - Netzwerkvirtualisierung

[BBKS 08: 396-405]

1 Cloud Computing

2 Technische Voraussetzungen

3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen

- Utility Computing
- Selbstorganisierende Systeme
- Hardware: Leistungsexplosion und Preisverfall
- E-Business

4 T.-Soziale Voraussetzungen

1 Cloud Computing

2 Technische Voraussetzungen

3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen

- Utility Computing
- Selbstorganisierende Systeme
- Hardware: Leistungsexplosion und Preisverfall
- E-Business

4 T.-Soziale Voraussetzungen

Utility Computing

- Konzept, bei dem IT-Ressourcen (Serverleistung, Datenspeicher, Applikationen) gemietet/zugeteilt und verbrauchsabhängig abgerechnet werden („Pay per Use“)
- Vorteile:
 - Geringe oder keine Anschaffungskosten für Mieter
 - Skalierbarkeit, d.h. bei Belastungsspitzen können Ressourcen einfach hinzugemietet werden, ohne dass Anschaffungen nötig sind
 - Schnelle Reaktion möglich auf veränderte Marktbedingungen (z.T. durch Globalisierung)
- Festlegung der mindestens/höchsten zugeteilten Ressourcen und deren Preise über vorherige Vereinbarung („Service Level Agreement“)
- Auch bekannt unter dem Begriff „Business on Demand“ (geprägt von IBM) oder „On Demand Computing“ (innerhalb eines Unternehmens)

[BBKS 08: 20-21][WUC 09] [WMF 09]

Selbstorganisierende Systeme

- Verteilte Rechensysteme sind meist schwierig zu verwalten
- Verteilte Rechensysteme haben oft hohe Total Cost of Ownership (TCO)
 - Installation, Konfiguration, Überwachung, Absicherung, Reparatur, ...
- Mögliche Gegenmaßnahmen: Outsourcing, Virtualisierung (Serverkonsolidierung), ..., *selbstorganisierende Systeme*
- Ansätze für selbstorganisierende Systeme:
 - Autonomic Computing
 - Organic Computing

[BBKS 08: 20, 23]

Selbstorganisierende Systeme: Autonomic Computing I

- Konzept, bei dem versucht wird, (Teile der) Verwaltung von IT-Ressourcen vom Mensch auf die Maschine zu übertragen
- Konkrete Umsetzung des Konzepts: Eingabe von Regeln und Strategien in das System durch menschlichen Operator, Umsetzung und Kontrolle der Regeln durch das System
- Vorteile:
 - Komplexitätsreduktion (insbesondere im Management)
 - Geringere Kosten (Personalkosten signifikant höher als Equipmentkosten)

[BBKS 08: 22] [WAC 09]

Selbstorganisierende Systeme: Autonomic Computing II

- Bestandteile von Autonomic Computing:
 - **Self-Configuration:** Systeme konfigurieren Komponenten selbständig
 - **Self-Healing:** Systeme entdecken und korrigieren Fehler selbständig
 - **Self-Optimization:** Systeme überwachen und steuern Ressourcen selbständig, so dass sie einen gewünschten/definierten Zustand einnehmen
 - **Self-Protection:** Systeme schützen selbständig vor Angriffen (proaktiv) und erkennen sie selbständig (reaktiv)

[BBKS 08: 22] [WAC 09]

Selbstorganisierende Systeme: Organic Computing

- Konzept, bei dem mehrere autonome Systeme ein Netzwerk bilden und flexibel aufeinander reagieren (durch Anpassung an Umgebung)
- Umsetzung ist Forschungsgegenstand (interdisziplinär)
- Orientierung an vereinfachten Modellen der Künstlichen Intelligenz
- Über Autonomic Computing hinausgehende Bestandteile:
 - Selbst-Organisation
 - Selbst-Erklärung
 - Kontextbewusstheit

[BBKS 08: 22-23]

1 Cloud Computing

2 Technische Voraussetzungen

3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen

- Utility Computing
- Selbstorganisierende Systeme
- **Hardware: Leistungsexplosion und Preisverfall**
- E-Business

4 T.-Soziale Voraussetzungen

Hardware: Leistungsexplosion und Preisverfall

- 1965: Moore's Law
 - Gordon Moore, Gründer von Intel
 - Sagte Verdopplung von Transistoren auf einem Chip alle 18 Monate voraus
- Beispieldaten von Intel-Prozessoren:

„4004“	Pentium III	Pentium 4	Core 2	„Tukwila“
ERSCHEINUNGSJAHR				
1971	1999	2000	2007	2009?
ANZAHL TRANSISTOREN				
2300	9,5 Mio.	42 Mio.	820 Mio.	2 Mrd.
MAXIMALE TAKTRATE				
108 kHz	1,2 GHz	3,2 GHz	3 GHz	?

[BBKS 08: 6] [WIC 09] [WIP 09]

Hardware: Leistungsexplosion und Preisverfall



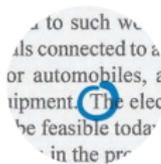
Gordon Moore estimated

in 2003 that the number of transistors shipped in a year had reached about 10,000,000,000,000,000 (10¹⁶). That's about 100 times the number of ants estimated to be in the world.



On the road to a billion transistors

per chip, Intel has developed transistors so small that about 200 million of them could fit on the head of each of these pins.



The price per transistor

on a chip has dropped dramatically since Intel was founded in 1968. Some people estimate that the price of a transistor is now about the same as that of one printed newspaper character.



In 1978, a commercial flight

between New York and Paris cost around \$900 and took seven hours. If the principles of Moore's Law had been applied to the airline industry the way they have to the semiconductor industry since 1978, that flight would now cost about a penny and take less than one second.



A chip-making tool

under development superimposes magnetically levitated images with a tolerance of 1/10,000 the thickness of a human hair — a feat equivalent to driving a car straight for 400 miles while deviating less than one inch.



Because electricity travels

a shorter distance in a smaller transistor, smaller transistors mean faster chips. It would take you about 25,000 years to turn a light switch on and off 1.5 trillion times, but Intel has developed transistors that can switch on and off that many times each second.

[IMP 05]

Hardware: Leistungsexplosion und Preisverfall

- Prozessoren: Preis pro Millionen Instruktionen pro Sekunde (MIPS)

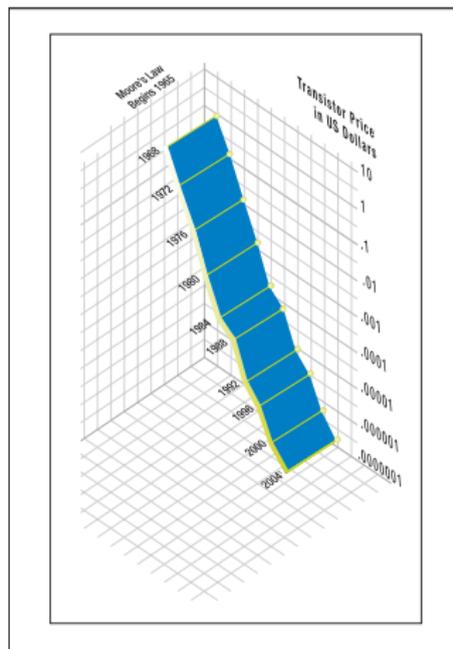
1991	486	225,00 USD
1997	Pentium II	4,00 USD
2004	Pentium 4	0,05 USD
2007	Core 2 Duo	<0,02 USD

- Festplatten: Preis pro Megabyte

1991	5,00 USD
1999	0,05 USD
2008	<0,01 USD

[BBKS 08: 6]

Hardware: Leistungsexplosion und Preisverfall



[IMI 05]

E-Business I

- Verlagerung von *allen Arten* kommerzieller Aktivitäten ins Internet
 - E-Business ist mehr als nur der Verkauf von Gütern über das Internet (E-Commerce)
- Geschäftsmodelltypen:
 - **Content:** Verkauf von Inhalten auf einer Plattform (nach Sammlung, Selektion, Systematisierung, Bereitstellung) - Beispiele: E-Information, E-Entertainment, E-Learning
 - **Connection:** Verkauf von Infrastruktur für einen Informationsaustausch zwischen Transaktionspartnern im E-Business - Beispiele: Webmailer, VoIP-Dienste
 - **Context:** Verkauf von Vernetzungen (von Inhalten) als Orientierungshilfe für den Kunden - Beispiele: Preisvergleichsseiten
 - **Commerce:** Anbahnung, Aushandlung und/oder Abwicklung von Geschäftstransaktionen

[OPU 05]

E-Business II

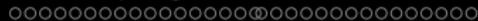
- Veränderungen für Kunden und Unternehmen durch E-Business:
 - Erleichterte Vergleichbarkeit (Preis, Qualität): Gestiegene Markttransparenz für Kunden
 - Sinkende Wechselbarrieren: Schwächung von Faktoren, die Kunden an bestimmten Anbieter binden
 - Sinkende Eintrittsbarrieren für Konkurrenten: Internet ist eine allgemein und einfach zugängliche Infrastruktur (vs. Vertriebs- und Filialnetz)
 - Virtualisierung von Organisationen: Zusammenschlüsse von Einzelunternehmen zu virtuellen Organisationen und gemeinsame Nutzung von Ressourcen (Server, Zahlungsabwicklung, Werbung)
- E-Business hat den Weg geebnet für Cloud Computing durch den Aufbau obiger Infrastrukturen und ihre dadurch gewachsene Akzeptanz in Unternehmen und der Gesellschaft

[OPU 05]

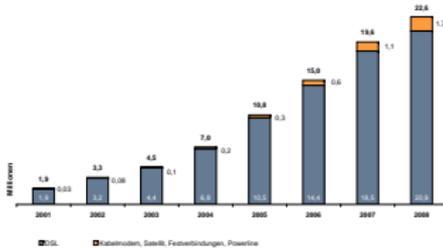
- 1 Cloud Computing
- 2 Technische Voraussetzungen
- 3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen
- 4 T.-Soziale Voraussetzungen
 - Internet: Zugänge
 - Internet: Technik
 - Client-Server-Systeme

Internet: Zugänge: Private Breitbandzugänge I

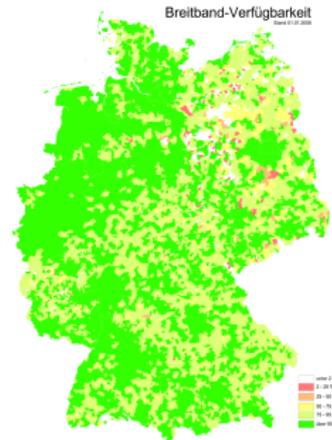
- Seit ca. 2000
- Breitbandzugänge lösen weltweit Schmalbandzugänge im privaten Bereich ab
 - Schmalband: Modem bis 56 kBit/s oder ISDN bis 128 kBit/s
 - Breitbandzugänge: DSL ab 128 kBit/s (heute bis 50 MBit/s), Kabelfernsehnetz (heute bis 32 MBit/s), Elektrizitätsnetz, ...
- Großflächig angebotene Breitbandzugänge mit Flatrates ermöglichen privaten Nutzern, Cloud Computing-Dienste im Heimnetzwerk zu nutzen



Internet: Zugänge: Private Breitbandzugänge II



[BNA 09]



© 2008 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie www.mediainfrastruktur.de/breitband.de/gis/verfuegbarkeit

[BMB 08]



Internet: Zugänge: Private Breitbandzugänge III

OECD Broadband statistics [oecd.org/sti/ict/broadband]

3a. OECD broadband penetration and population densities

	Broadband penetration (subscribers per 100 inhabitants, June 2008)	Population density (inhab/km2, 2006)
Denmark	36,7	126,1
Netherlands	35,5	400,5
Norway	33,4	14,4
Switzerland	32,7	183,0
Iceland	32,3	3,0
Sweden	32,3	20,2
Korea	31,2	484,9
Finland	30,7	15,6
Luxembourg	28,3	181,8
Canada	27,9	3,3
United Kingdom	27,6	247,3
Belgium	26,4	345,8
France	26,4	115,1
Germany	26,2	230,8
OECD	21,3	33,9
Correlation:	0,08	

Source: OECD

Note: See the OECD broadband portal for information on data sources and notes.

[OEB 08]

OECD Broadband statistics [oecd.org/sti/ict/broadband]

1f. OECD broadband penetration (per 100 inhabitants) net increase 2006-2007, by country

Rank	Country	June (2007-2008) penetration growth
1	Luxembourg	6,05
2	Germany	5,03
3	Greece	4,13
4	Ireland	4,12
5	Hungary	4,10
6	New Zealand	4,05
7	France	4,03
8	United Kingdom	3,88
9	Czech Republic	3,63
10	Sweden	3,41
	OECD	2,66

Source: OECD

Note: See the OECD broadband portal for information on data sources and notes

[OEY 08]

Internet: Zugänge: Funkverbindungen I

- Seit ca. 2000
- Funkverbindungen ergänzen/ersetzen leitungsgebundene Netzwerke und ermöglichen Zugang zum Internet
- Wireless Personal Area Networks (WPANs)
 - Infrarotverbindungen (IrDA): Innerhalb von Gebäuden, bis 5m, bis 16 MBit/s
 - Bluetoothverbindungen: Innerhalb und außerhalb von Gebäuden, bis 200m, bis 3 MBit/s
 - Mobilfunknetze: Innerhalb und außerhalb von Gebäuden, flächendeckend, GSM/EDGE bis 220kBit/s, UMTS bis 7,2 MBit/s

[BBKS 08: 20]

Internet: Zugänge: Funkverbindungen II

- Wireless Local Area Networks (WLANs)
 - Innerhalb und außerhalb von Gebäuden, bis 100m, bis 589 Mbit/s
- Großflächige, je nach Technik z.T. auch flächendeckend angebotene mobile Internetzugänge (zunehmend mit Flatrates) ermöglichen privaten und geschäftlichen Nutzern, Cloud Computing-Dienste zu jeder Zeit an jedem Ort zu nutzen

[BBKS 08: 20]

1 Cloud Computing

2 Technische Voraussetzungen

3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen

4 T.-Soziale Voraussetzungen

- Internet: Zugänge
- Internet: Technik
- Client-Server-Systeme

Internet: Technik

- Das World Wide Web (WWW), basierend auf dem Hypertext Transfer Protocol (HTTP) und Webbrowsern, stellt Killerapplikation für Entwicklung des Internet dar
- Web 1.0: Abruf statischer Webseiten durch den Benutzer
- Web 2.0: Zweite Phase der Entwicklung des Webs, einhergehend mit sozialen, ökonomischen und technischen Veränderungen

[BBKS 08: 12-17]

Internet: Technik: Web 2.0 I

- Collaboration Web (Social Web, Read/Write Web)
 - Sozialer Wandel, der bei Benutzern die Bereitschaft und Erwartung weckt, als Benutzer die Inhalte von Webseiten selbst verändern/bestimmen zu können
 - Beispiele: Wikipedia, Blogs, Youtube, Flickr

[BBKS 08: 12-17] [WUR 09] [WWS 09]

Internet: Technik: Web 2.0 II

● Web Services

- Anbieter stellen Services zur Verfügung, die Funktionalitäten anbieten
- Entwickler binden (oder verknüpfen mehrere) Services mit Hilfe von Frameworks/APIs in eigene Produkte ein
- Web Services zielen auf Kommunikation zwischen Anwendungen ab
- Zugriff auf Web Services über Uniform Resource Identifier (URI):
 - Schema: [Benutzer[:Passwort]@]Server[:Port] [Pfad]...
... [?Anfrage] [#Fragmentbezeichner]

[BBKS 08: 12-17] [WUR 09] [WWS 09]

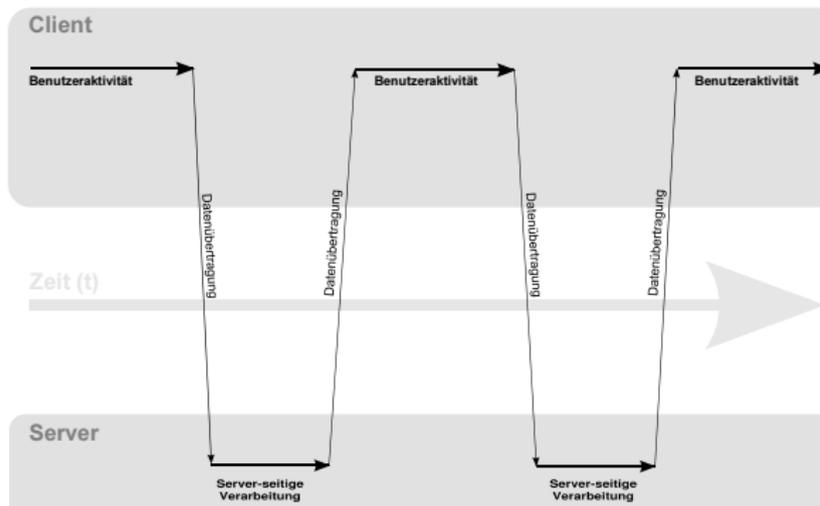
Internet: Technik: Web 2.0 IV

- AJAX (Asynchronous JavaScript and XML)
 - Konzept, bei dem Daten von einer Webseite nachgeladen werden, ohne dass die Webseite komplett nachgeladen werden muss (asynchron); (scheinbare) Überwindung des Request-Response-Paradigmas von HTTP
 - Beseitigt Brüche in Webanwendungen, bei denen Nutzer auf das Nachladen einer kompletten Webseite warten müssen; stattdessen werden nur benötigte Teile nachgeladen
 - Ermöglicht desktopähnliche Anwendungen im Web Browser zu entwickeln, oft unter Nutzung von Web Services und/oder serviceorientierten Architekturen

[BBKS 08: 12-17] [WAJ 09]

Internet: Technik: Web 2.0 V

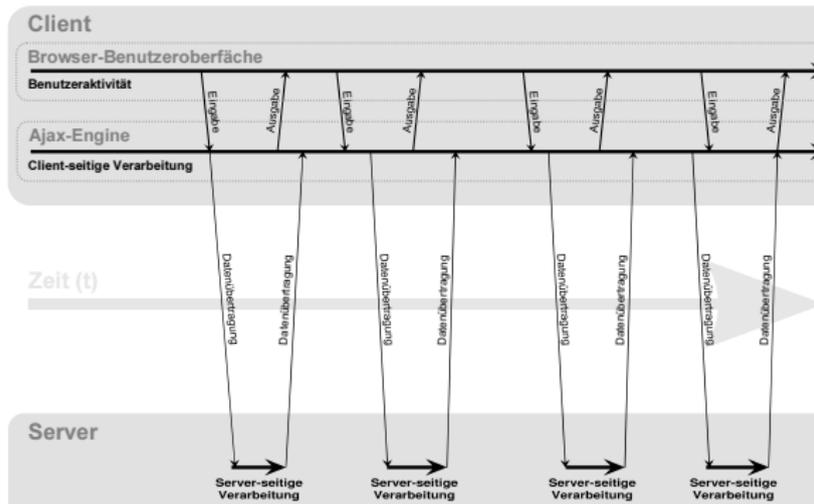
Klassisches Modell einer Web-Anwendung (synchrone Datenübertragung)



[WAJ 09]

Internet: Technik: Web 2.0 VI

Ajax Modell einer Web-Anwendung (asynchrone Datenübertragung)



[WAJ 09]

- 1 Cloud Computing
- 2 Technische Voraussetzungen
- 3 T.-Wirtschaftliche Voraussetzungen
- 4 T.-Soziale Voraussetzungen
 - Internet: Zugänge
 - Internet: Technik
 - Client-Server-Systeme

Client-Server-Systeme

- Seit ca. 1985
- Ziel: Verwaltungsvereinfachung
- Methode: Zentralisierung von Diensten im Netz, Aufteilung der Systeme nach festen Zuständigkeiten und Rollen
 - Anbieten von Diensten und Daten auf 1 Rechner/Prozess (Server): Antwort (reply) auf Anfragen von Clients (reagierend)
 - Zugriff auf Dienste und Daten von anderen Rechnern/Prozessen aus (Clients): Senden von Anfragen (requests) an Server (auslösend)
- Vorherrschendes (Programmier-)Modell für parallele und verteilte Systeme

[BBKS 08: 2, 106-107]

Client-Server-Systeme: PCs

- Seit ca. 1980
- Damals erstmals starke Verkleinerung der physischen Dimension von Computern
- Bedeutete Verfügbarkeit von Rechenleistung direkt am Arbeitsplatz
- Begünstigte die Entwicklung einfacher fensterbasierter Benutzeroberflächen
- Begünstigte die Entstehung von Client-Server-Systemen
- Ermöglichte die Ausweitung von Rechnerbenutzung im Alltag

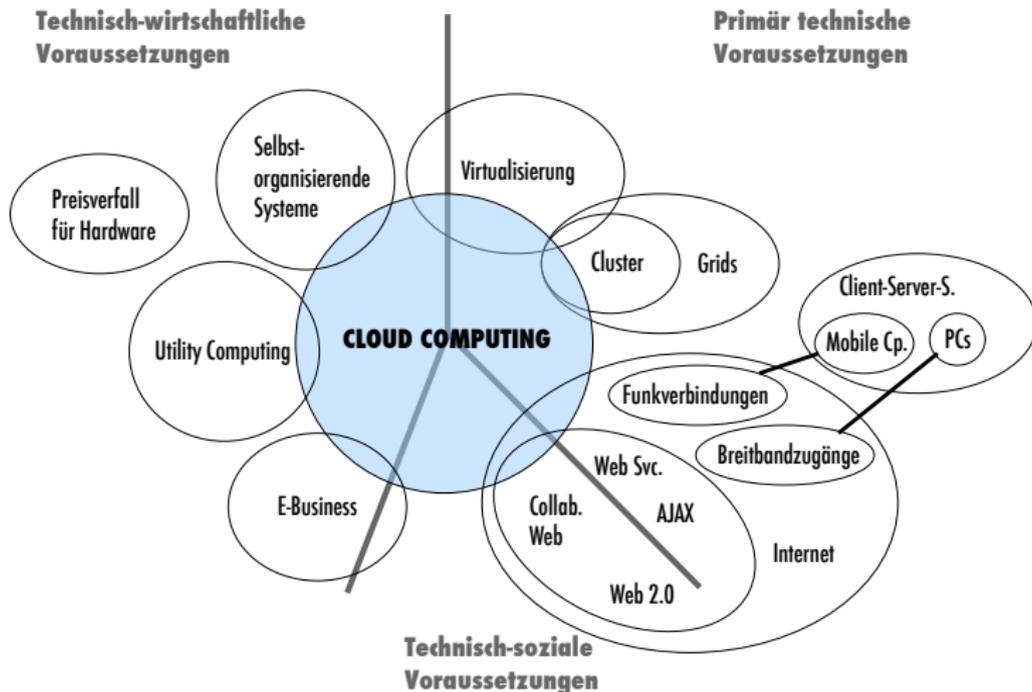
[BBKS 08: 1]

Client-Server-Systeme: Mobile (Ubiquitous) Computing

- Seit ca. 2000
- Funkverbindungen ergänzen/ersetzen leitungsgebundene Netzwerke (z.B. WLAN, UMTS)
- Erstmalige Verfügbarkeit leistungsfähiger mobile Endgeräte, die das Internet ortsungebunden nutzen können: Mobiltelefone, PDAs, Notebooks (Subnotebooks, Netbooks), Handheld-Rechner, . . .
- Aufkommen der Idee des Ubiquitous Computing
 - Post-PC-Paradigma: Simultanes Nutzen vieler verschiedener digitaler Endgeräte und Systeme, nahtlos in das Alltagshandeln integriert, nicht notwendigerweise bewusst

[BBKS 08: 20] [PIP 08]

Zusammenfassung I



Quellen II

- [BMT 08] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. (2008.) *Breitbandatlas. Länderkarten. Anzahl der verfügbaren Techniken in Deutschland.* <http://www.zukunft-breitband.de/BBA/Redaktion/PDF/Laenderkarten/techniken-deutschland,property=pdf,bereich=bba,sprache=de,rwb=true.pdf> (Abrufdatum 06.05.2009)
- [BNA 09] Bundesnetzagentur. (2009.) *Breitbandanschlüsse insgesamt.* <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/16069.pdf> (Abruddatum 06.05.2009)
- [CHP 08] Chappell, David. (2008.) *A Short Introduction to Cloud Platforms. An Enterprise-Oriented View.* <http://www.davidchappell.com/CloudPlatforms--Chappell.pdf> (Abrufdatum 18.04.2009)
- [IBT 09] Intel. (2009.) *World's First 2-Billion Transistor Microprocessor.* <http://www.intel.com/technology/architecture-silicon/2billion.htm> (Abrufdatum 04.05.2009)
- [IMI 05] Intel. (2005.) *Moore's Law.* http://download.intel.com/museum/Moores_Law/Printed_Materials/Moores_Law_2pg.pdf (Abrufdatum 06.05.2009)
- [IMP 05] Intel. (2005.) *Moore's Law in perspective.* http://download.intel.com/museum/Moores_Law/Printed_Materials/Moores_Law_Perspective.pdf (Abrufdatum 06.05.2009)
- [KNG 08] Knorr, Eric and Galen Gruman. (2008.) *What cloud computing really means.* <http://www.infoworld.com/d/cloud-computing/what-cloud-computing-really-means-031> (Abrufdatum 21.04.2009)
- [OEB 08] OECD. (2008.) *OECD Broadband Portal. Broadband penetration and density.* <http://www.oecd.org/dataoecd/21/60/39574903.xls> (Abrufdatum 06.05.2009)
- [OEH 08] OECD. (2008.) *OECD Broadband Portal. Historical penetration rates, top 5.* <http://www.oecd.org/dataoecd/22/13/39574788.xls> (Abrufdatum 06.05.2009)
- [OEY 08] OECD. (2008.) *OECD Broadband Portal. Yearly penetration increase.* <http://www.oecd.org/dataoecd/22/11/39574765.xls> (Abrufdatum 06.05.2009)

Quellen III

[DPU 05] Opuchlik, Adam. (2005.) *E-Commerce-Strategie: Entwicklung und Einführung*. Norderstedt: Books on Demand GmbH.

[PIP 08] Pipek, Volkmar. (2008.) *Ubiquitous Computing*. In: Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik des Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Europa-Universität Viadrina Frankfurt (Oder). <http://www.oldenbourg.de:8080/wi-enzyklopaedie/lexikon/technologien-methoden/Rechnernetz/Ubiquitous-Computing> (Abrufdatum 04.05.2009)

[TUC 09] TU Chemnitz. Fakultät für Informatik: Parallele und verteilte Systeme (PVS). *Cluster*. <https://www.tu-chemnitz.de/informatik/pvs/equipment.php?druck> (Abrufdatum 07.06.2009)

[WLK 08] Walker, Martin A. (2008.) *Grid and Cloud Computing*. <http://www.ngp.org.sg/apectel/NG%20Seminar%20-%20Grid%20and%20Cloud%20-%2020%20May%202008.pdf> (Abrufdatum 18.04.2009).

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit!