

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

SoSe 2014

Kapitel 0: Überblick und Einführung

Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

Nadine Herold, M. Sc.

Dipl.-Inf. Stephan Posselt

Johannes Naab, M. Sc.

Marcel von Maltitz, M. Sc.

Stephan Günther, M. Sc.

Fakultät für Informatik

Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste

Technische Universität München

Kapitel 0: Organisatorisches, Überblick und Schichtenmodelle

- 1 Die Vorlesung im Überblick**
 - Organisatorisches zur Vorlesung
 - Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

- 2 Geschichte des Internets**
 - Von der Entstehung bis zum heutigen Internet
 - Bedeutung des Internets für die Gesellschaft

- 3 Schichtenmodelle**
 - Was sind Schichtenmodelle?
 - Wozu sind Schichtenmodelle gut?
 - Das ISO/OSI-Modell

Vorlesungsbetrieb

Termine

- ▶ Mo 14:15 – 15:45, MW 0001
- ▶ Di 10:15 – 11:45, MW 0001

Zentralübung

- ▶ Nach Ankündigung findet anstelle einer Vorlesung eine Zentralübung statt
- ▶ Inhalte sind Programmieraufgaben sowie Klausurvorbereitung

Übungsbetrieb

Tutorübungen

- ▶ Wöchentliche Übungsblätter
- ▶ Bearbeitung während der Tutorübung in Kleingruppen
- ▶ Keine Anwesenheitspflicht / Hausaufgaben

Termine und Anmeldung zu den Tutorübungen

- ▶ Anmeldung über TUMOnline
- ▶ Anmeldung freigeschaltet ab ca. **Dienstag, 8. April, 20:30 Uhr**
- ▶ Übungsbeginn in der 2. Vorlesungswoche (ab 14. April)

Schülerstudenten

- ▶ Schülerstudenten melden sich bitte bei der Übungsleitung (grnvs@net.in.tum.de)

Tutoren und (vorläufige) Gruppen

Tutorübungen

- ▶ Jonathan Aldag
- ▶ Tobias Betz
- ▶ Jochen Hartl
- ▶ Valentin Hauer
- ▶ Andre Kohn
- ▶ Stanislav Teplizki
- ▶ Aleksander Umov
- ▶ Tim Wiese
- ▶ Stefan Fochler
- ▶ Maximilian Weininger

Tag	Start	Ende	Raum	#
Montag	12:00	14:00	MI HS 2	2
Montag	12:00	14:00	00.08.036	3
Montag	12:00	16:00	03.07.023	26
Montag	16:00	18:00	00.08.036	4
Montag	16:00	18:00	03.07.023	23
Dienstag	8:00	10:00	02.08.011	5
Dienstag	12:00	14:00	00.08.036	6
Dienstag	12:00	14:00	01.07.014	20
Dienstag	16:00	18:00	00.08.059	8
Dienstag	16:00	18:00	00.08.059	17
Mittwoch	8:00	10:00	03.07.023	9
Mittwoch	10:00	12:00	03.07.023	10
Mittwoch	11:30	13:30	2408	25
Mittwoch	12:00	14:00	03.07.023	11
Mittwoch	14:00	16:00	00.08.036	24
Donnerstag	8:00	10:00	03.07.023	21
Donnerstag	10:00	12:00	00.08.059	12
Donnerstag	10:00	12:00	00.08.036	18
Donnerstag	12:00	14:00	00.08.059	13
Donnerstag	12:00	14:00	00.08.036	22

Programmierübungen

(→ Details folgen)

- ▶ Hieu T. Dao
- ▶ Felix Kuperjans

Ostern

- ▶ In der Woche vor und nach Ostern (14. - 18. April und 21. - 25. April) wird nur ein Übungsblatt besprochen.
- ▶ Es finden daher an folgenden Tagen Tutorübungen statt: 14. - 16. April und 24. - 25. April.
- ▶ Die Übungen am Mittwoch (23. April) entfallen.

Programmieraufgaben

Es gibt semesterbegleitend voraussichtlich 3 Programmieraufgaben:

- ▶ Bearbeitung in Gruppen von **maximal 2 Personen**
- ▶ Anmeldung der Teams
 - ▶ bis spätestens 14. April
 - ▶ über Moodle (<https://www.moodle.tum.de/course/view.php?id=13390>)
- ▶ Abgabe der Aufgaben über Subversion (Versionsverwaltung; Details folgen)
- ▶ Geplante Aufgaben:
 - 1 Implementierung von ARP über RAW-Sockets
 - 2 Implementierung von Traceroute
 - 3 Implementierung eines Client-/Server-Programms
- ▶ Bearbeitung der Programmieraufgaben in mehreren Sprachen möglich (C, Java, Python, etc.)
- ▶ Abgabe der Programmieraufgaben über Subversion

Die Teilnahme an den Programmieraufgaben

- ▶ ist **freiwillig**
- ▶ aber **Bestandteil der Bonusregelung**. (→ Details folgen gleich)

Tutorgruppen zu den Programmieraufgaben

Infolge des unterschiedlichen Vorwissens der einzelnen Vorlesungsteilnehmer bieten wir **zusätzlich** 4 spezielle Tutorgruppen an:

Tag	Raum	Start	Ende	#
Montag	16:00	18:00	00.08.059	30
Dienstag	12:00	14:00	00.08.059	31
Mittwoch	12:00	14:00	00.08.053	33
Mittwoch	14:00	16:00	00.08.053	32

- ▶ Keine Anmeldung notwendig
- ▶ **Konkrete Fragen / Probleme zu den Programmieraufgaben**
- ▶ **Kein** regulärer Tutorbetrieb (keine Tutoraufgaben)
- ▶ Die Übungen finden **nur dann** statt, wenn auch gerade eine Programmieraufgabe zu bearbeiten ist

Anerkennung der Programmieraufgaben aus Vorjahren

- ▶ Es können Programmierleistungen aus den Vorjahren **SS13** und **SS12** anerkannt werden.
- ▶ Hierfür müssen Sie die notwendige Mindestpunktzahl erzielt haben.
- ▶ Die **Midterm-Klausur** muss in jedem Fall dieses Semester **nochmals geschrieben** werden.
- ▶ Zur Anerkennung der Programmierleistungen melden Sie sich bitte bis **11.04.2014** bei der Übungsleitung (grnvs@net.in.tum.de), sodass Ihr Anliegen geprüft werden kann.

Modulprüfung

- ▶ schriftlich, 90 Minuten, voraussichtlich 85 Punkte
- ▶ zugelassene Hilfsmittel:
 - ▶ 1 beidseitig **handschriftlich** beliebig beschriebenes A4-Blatt (Kopien sind nicht zulässig)
 - ▶ nicht-programmierbarer Taschenrechner
 - ▶ Wörterbuch für Muttersprache ↔ Deutsch
- ▶ voraussichtlich am 22.07.2014 (Wiederholung voraussichtlich am 22.09.2014)
- ▶ Anmeldung über TUMOnline

Bonusregelung (voraussichtlich)

- ▶ Erfolgreiche Bearbeitung der Programmieraufgaben
 - ▶ In jeder Aufgabe können 0 – 2 Punkte erreicht werden
 - ▶ Die Programmieraufgaben gelten als bestanden, wenn mind. 3/6 Punkten erreicht wurden
- ▶ Teilnahme an der Midterm-Prüfung
 - ▶ 45 Minuten, 15 Bonus-Punkte
 - ▶ Hilfsmittel wie in der Modulprüfung
 - ▶ voraussichtlich am Freitag, 06.06.2014 von 16:30 - 17:15Uhr
 - ▶ Anmeldung über TUMOnline
- ▶ Die in der Midterm erzielten Punkte werden **nur dann auf das Ergebnis der Endterm angerechnet, wenn in den Programmieraufgaben mindestens 3/6 Punkte** erzielt wurden.
- ▶ Der Bonus wird auch auf die Wiederholung angerechnet

Checkliste für die Anmeldungen

- ▶ Anmeldung zur Vorlesung im TUMOnline
- ▶ Anmeldung zu den Tutorübungen im TUMOnline
- ▶ Anmeldung zum Moodle-Kurs der Vorlesung im Moodle (entfällt bei Anmeldung im TUMOnline)
- ▶ Anmeldung zu den Programmiergruppen im Moodle
- ▶ Anmeldung zur Midterm im TUMOnline
- ▶ Anmeldung zur Endterm im TUMOnline (entfällt, bei Anmeldung zur Midterm)
- ▶ Gegebenenfalls Anmeldung zur Wiederholungsklausur im TUMOnline

Hinweis: Aktuelle Informationen zur Vorlesung erhalten Sie ausschließlich über das Moodle, dies beinhaltet Informationen zum Stand der Vorlesung oder Updates zu Klausuren.

Hinweis: Bitte beachten Sie zudem die gesetzten Fristen für die Anmeldungen. Noch nicht gesetzte Fristen werden über das Moodle bekannt gegeben, sobald sie feststehen.

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel (Stand 07. April 2014)

Kapitel 1: Physikalische Schicht

- 1 Signale, Information und deren Bedeutung
 - ▶ Was sind Signale?
 - ▶ Entropie und Information
- 2 Klassifizierung von Signalen
 - ▶ Zeit- und Frequenzbereich
 - ▶ Abtastung, Rekonstruktion und Quantisierung
- 3 Übertragungskanal
 - ▶ Einflüsse des Übertragungskanals auf Signale
 - ▶ Kapazität eines Übertragungskanals (Modell)
- 4 Nachrichtenübertragung
 - ▶ Quellen- und Kanalkodierung
 - ▶ Impulsformung
 - ▶ Modulation
- 5 Übertragungsmedien
 - ▶ Elektromagnetisches Spektrum
 - ▶ Koaxialleiter
 - ▶ Twisted-Pair-Kabel
 - ▶ Lichtwellenleiter

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 2: Sicherungsschicht

1 Darstellung von Netzwerken als Graphen

- ▶ Netztopologien
- ▶ Adjazenz- und Distanzmatrix
- ▶ Shortest Path Tree und Minimum Spanning Tree

2 Verbindungscharakterisierung, Mehrfachzugriff und Medienzugriffskontrolle

- ▶ Serialisierungs- und Ausbreitungsverzögerungen
- ▶ Nachrichtenflussdiagramme
- ▶ ALOHA und Slotted ALOHA
- ▶ CSMA, CSMA/CD und CSMA/CA
- ▶ Token Passing

3 Rahmenbildung, Adressierung und Fehlerkennung

- ▶ Erkennung von Rahmengrenzen und Codetransparenz
- ▶ Adressierung und Fehlererkennung
- ▶ Fallstudie: IEEE 802.3u (FastEthernet)
- ▶ Fallstudie: IEEE 802.11 a/b/g/n (Wireless LAN)

4 Verbindungen auf Schicht 1 und 2

- ▶ Hubs, Bridges und Switches
- ▶ Collision und Broadcast Domains

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 3: Vermittlungsschicht

1 Vermittlungsarten

- ▶ Leitungsvermittlung
- ▶ Nachrichtenvermittlung
- ▶ Paketvermittlung

2 Adressierung im Internet

- ▶ Internet Protocol (IP)
- ▶ Adressauflösung (ARP)
- ▶ Internet Control Message Protocol (ICMP)
- ▶ Adressklassen (für Classful Routing)
- ▶ Subnetting und Präfixe (für Classless Routing)

3 Routing

- ▶ Statisches Routing
- ▶ Longest Prefix Matching
- ▶ Dynamisches Routing
- ▶ Algorithmen von Bellman-Ford und Dijkstra
- ▶ Routingprotokolle (Distance Vector und Link State)
- ▶ Autonome Systeme

4 Nachfolge von IPv4: IPv6

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 4: Transportschicht

- 1 Aufgaben der Transportschicht
- 2 Multiplexing durch Port-Nummern
- 3 Verbindungslose Übertragung: UDP
 - ▶ Case-Study: UDP
 - ▶ Code-Study: `SOCK_DGRAM` (C)
- 4 Verbindungsorientierte Übertragung: TCP
 - ▶ Sliding-Window-Protokolle (Go-Back-N und Selective Repeat)
 - ▶ Case-Study: TCP (Fluss- und Staukontrolle)
 - ▶ Code-Study: `SOCK_STREAM` (C)
- 5 Network Address Translation (NAT)

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 5: Die Schichten 5 – 7

1 Schichten

- ▶ Vor- und Nachteile verschiedener Schichtenmodelle

2 Sitzungsschicht

- ▶ Dienste
- ▶ Funktionseinheiten
- ▶ Synchronisation
- ▶ Quality of Service
- ▶ Performance Parameter

3 Darstellungsschicht

- ▶ Datenkompression (Huffman Code)
- ▶ Einheitliche Syntax (ASN.1, BER)

4 Anwendungsschicht

- ▶ Namensauflösung im Internet (DNS)
- ▶ HTTP
- ▶ SMTP

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 6: Netzsicherheit (voraussichtlich)

1 Motivation

- ▶ Schutzziele
- ▶ Begriffe

2 Kryptografische Grundlagen

- ▶ Verschlüsselung
- ▶ RC4
- ▶ Diffie-Hellman
- ▶ Signaturen

3 Sichere e-Mail

- ▶ Zertifikate
- ▶ PKI und PGP

4 Sichere Anwendungsprotokolle

- ▶ HTTPS
- ▶ DNSSEC

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 7: Verteilte Systeme

1 Homogene, skalierbare Paradigmen

- ▶ Message Passing Interface (MPI)
- ▶ MapReduce
- ▶ Pipes, netcat, DUP

2 Remote Procedure Call

- ▶ Funktionsaufrufe und Parameterkodierung
- ▶ Stubs, IDL, Binding
- ▶ Java RMI
- ▶ RPC/RMI

3 Shared Memory

- ▶ NUMA (Non-Uniform Memory Access)
- ▶ Virtueller Speicher
- ▶ Auslagerung
- ▶ Distributed Shared Memory
- ▶ Konsistenz in parallelen Programmen

4 Einbettung in Programmiersprachen

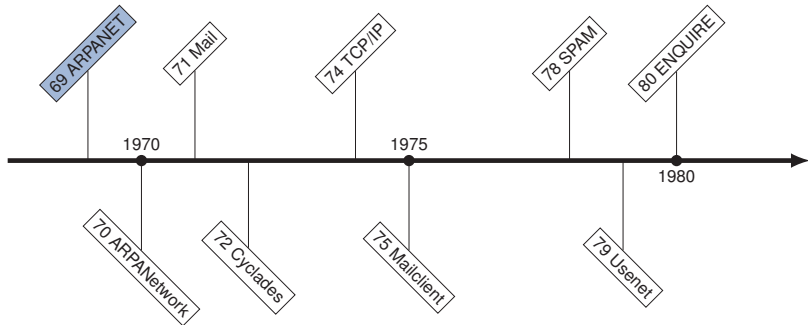
- ▶ Erlang
- ▶ Actor Model

Zurück zu Kapitel 0:

- 1 Die Vorlesung im Überblick
 - Organisatorisches zur Vorlesung
 - Zusammenfassung der einzelnen Kapitel
- 2 Geschichte des Internets
 - Von der Entstehung bis zum heutigen Internet
 - Bedeutung des Internets für die Gesellschaft
- 3 Schichtenmodelle
 - Was sind Schichtenmodelle?
 - Wozu sind Schichtenmodelle gut?
 - Das ISO/OSI-Modell

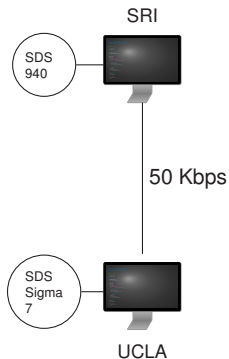
Von der Entstehung bis zum heutigen Internet

Geschichte des Internets: Übersicht bis 1980



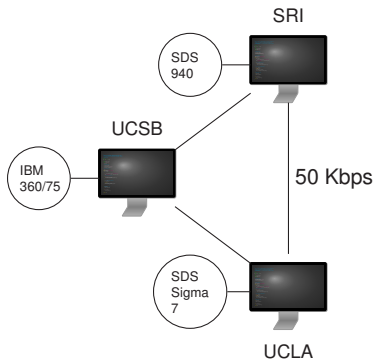
ARPANET mit den ersten 4 Knoten

- ▶ University of California, Los Angeles (UCLA) 1.9.1969
- ▶ Stanford Research Institute (SRI) 1.10.1969



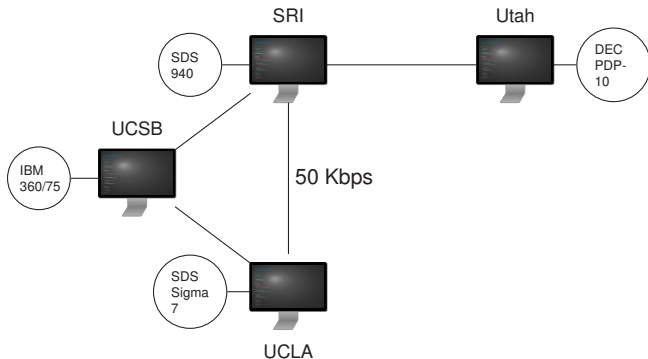
ARPANET mit den ersten 4 Knoten

- ▶ University of California, Los Angeles (UCLA) 1.9.1969
- ▶ Stanford Research Institute (SRI) 1.10.1969
- ▶ UC Santa Barbara (UCSB) 1.11.1969

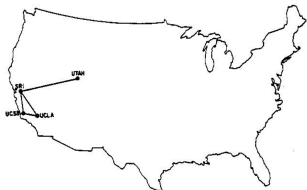


ARPANET mit den ersten 4 Knoten

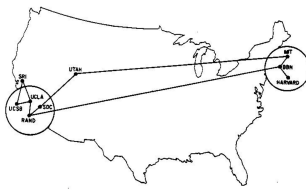
- ▶ University of California, Los Angeles (UCLA) 1.9.1969
- ▶ Stanford Research Institute (SRI) 1.10.1969
- ▶ UC Santa Barbara (UCSB) 1.11.1969
- ▶ University of Utah 12.1969



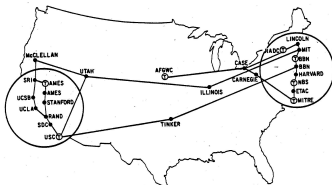
ARPANET von 1969 bis 1977



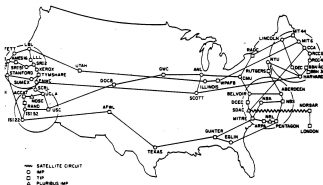
ARPANET 1969, 4 Knoten



ARPANET 1970, 9 Knoten

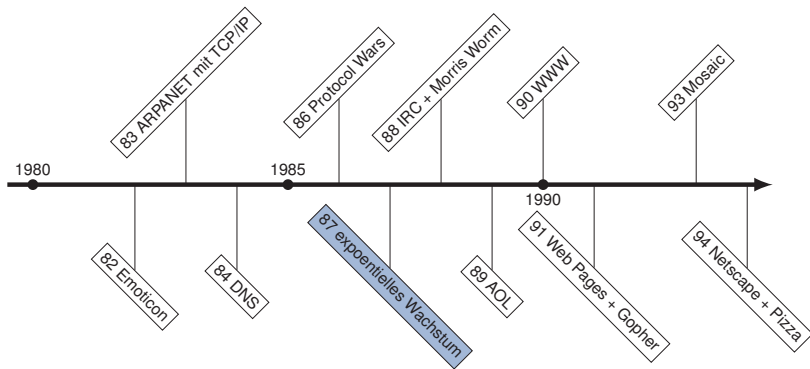


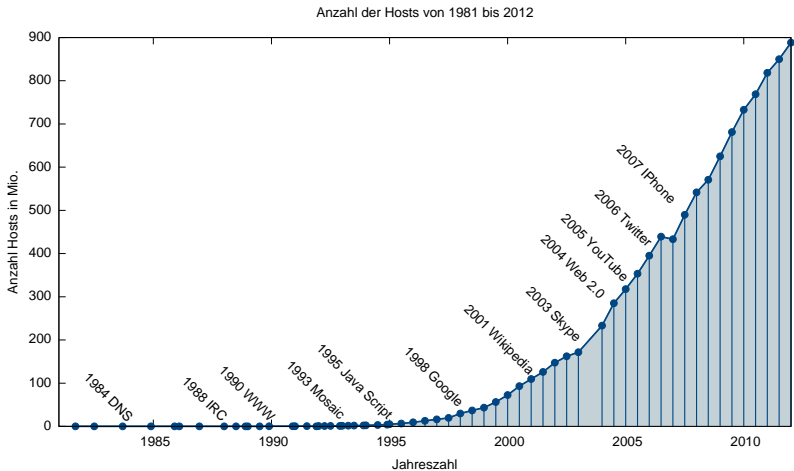
ARPANET 1972, 25 Knoten



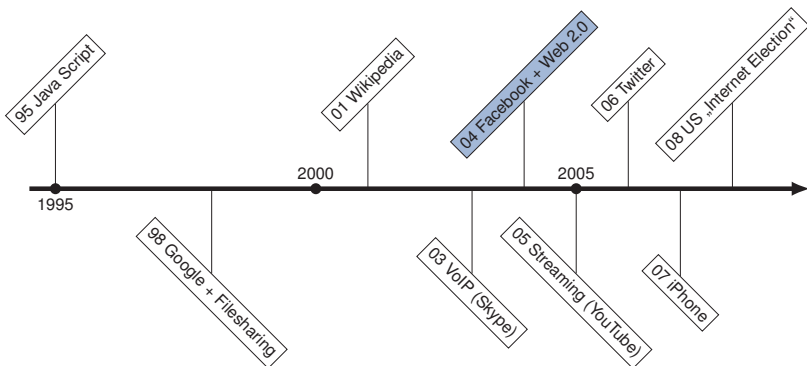
ARPANET 1977, 58 Knoten

Geschichte des Internets: Übersicht von 1980 bis 1994





Geschichte des Internets: Übersicht ab 1994



Web 2.0 Meme Map, by Tim O'Reilly [2]

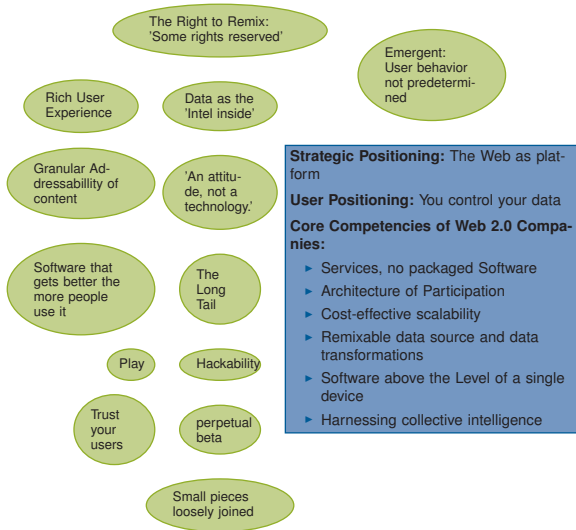
Strategic Positioning: The Web as platform

User Positioning: You control your data

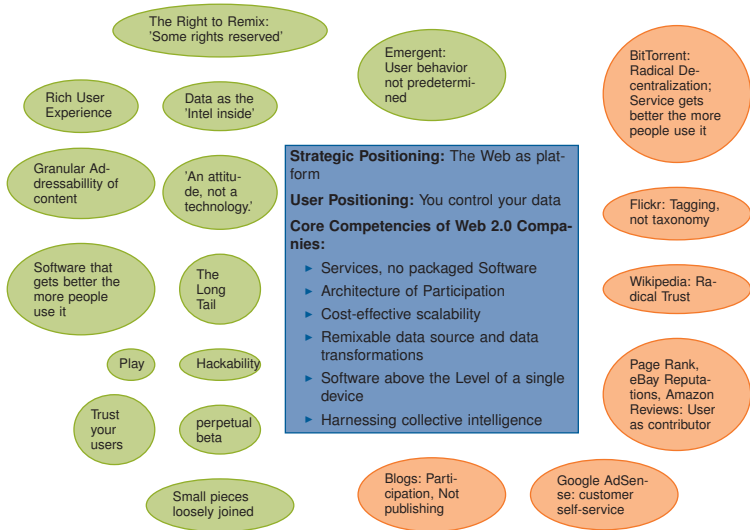
Core Competencies of Web 2.0 Companies:

- ▶ Services, no packaged Software
- ▶ Architecture of Participation
- ▶ Cost-effective scalability
- ▶ Remixable data source and data transformations
- ▶ Software above the Level of a single device
- ▶ Harnessing collective intelligence

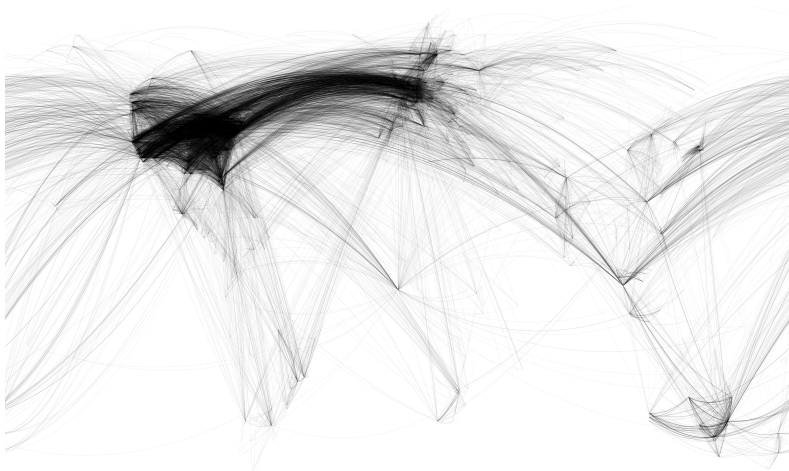
Web 2.0 Meme Map, by Tim O'Reilly [2]



Web 2.0 Meme Map, by Tim O'Reilly [2]

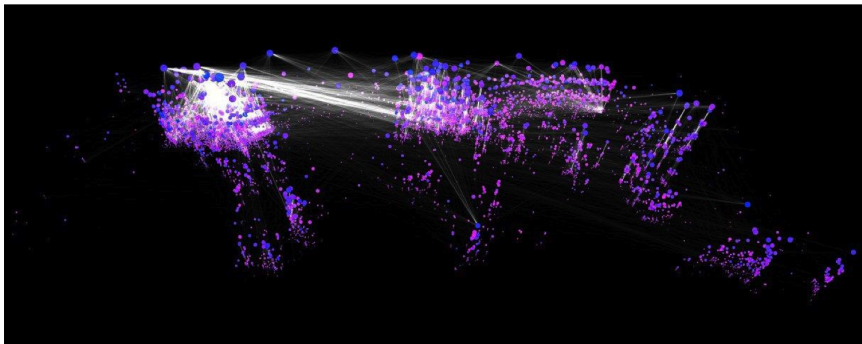


Das Internet Heute



Quelle: chrisharrison.net, [1], 2007

Das Internet Heute



Blau: seit langem existierende Autonome Systeme

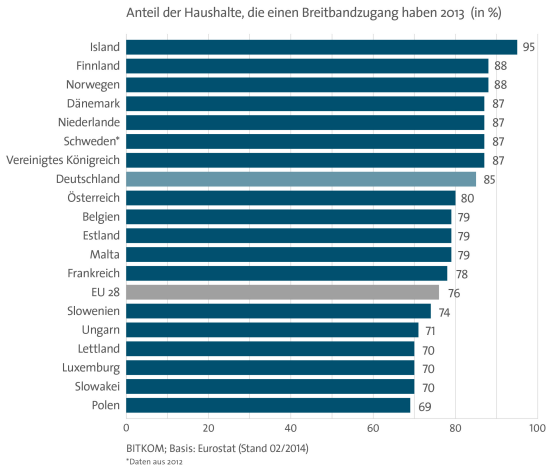
Haushalte mit Breitbandzugang

Entwicklung der Breitbandanschlüsse in Deutschland,
Anzahl je 100 Haushalte



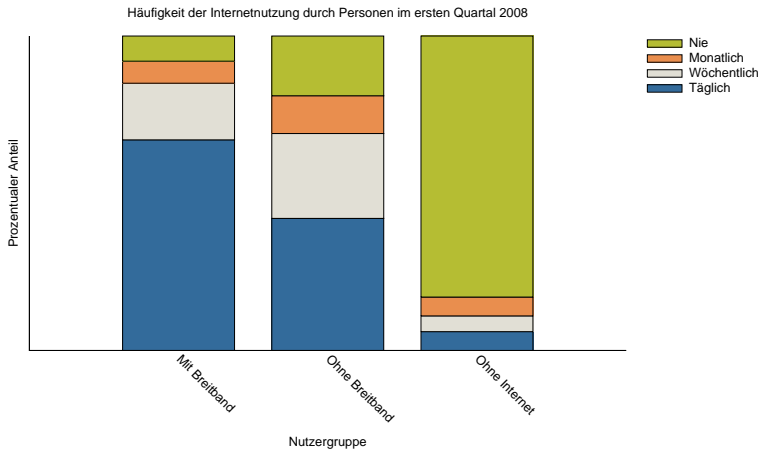
Quelle: BITKOM: Markt & Statistik - ITK-Ausstattung - Internetzugang, 2014

Haushalte mit Breitbandzugang

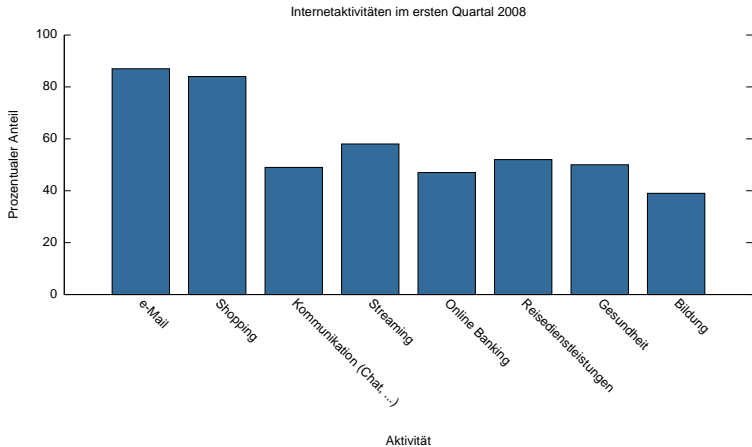


Quelle: BITKOM: Markt & Statistik - ITK-Ausstattung - Internetzugang, 2014

Bedeutung des Internets für die Gesellschaft



Bedeutung des Internets für die Gesellschaft



Quelle: BITKOM

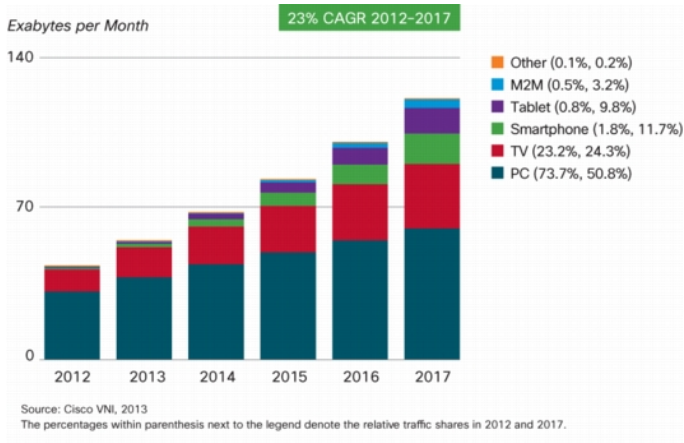
Wachstum des globalen Internet-Verkehrs

Table 1. The VNI Forecast Within Historical Context

Year	Global Internet Traffic
1992	100 Gigabytes per Day
1997	100 Gigabytes per Hour
2002	100 Gigabytes per Second
2007	2,000 Gigabytes per Second
2012	12,000 Gigabytes per Second
2017	35,000 Gigabytes per Second

Quelle: Cisco Visual Networking Index, 2013

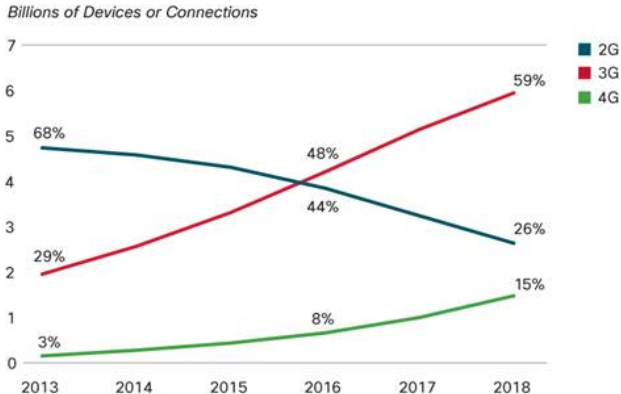
Wachstum des globalen Internet-Verkehrs



CAGR: Compound Annual Growth Rate

Quelle: Cisco Visual Networking Index, The Zettabyte Era - Trends and Analysis, 2013

Wachstum mobiler Endgeräte

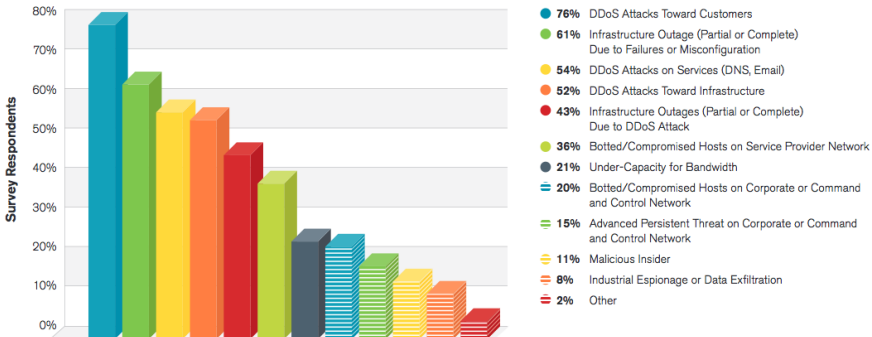


Source: Cisco VNI Mobile, 2014

Quelle: Cisco Visual Networking Index, Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2014

Bedrohungen der Dienstverfügbarkeit

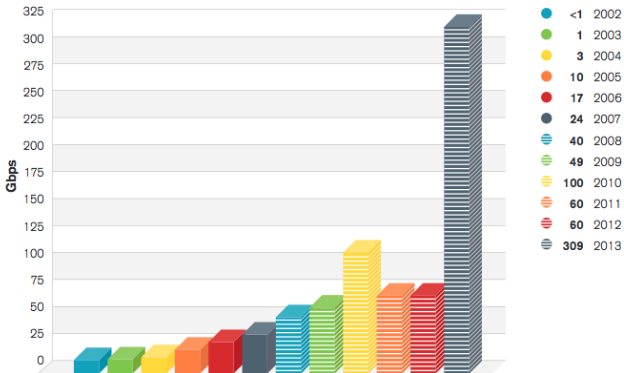
Most Significant Operational Threats Experienced



Quelle: Arbor Networks, Worldwide Infrastructure Security Report, 2012

Größe berichtete Datenrate eines DDoS-Angriffs

Size of Largest Reported DDoS Attack (Gbps)



Quelle: Arbor Networks, Worldwide Infrastructure Security Report, 2014

Inhalt

- 1 Die Vorlesung im Überblick
 - Organisatorisches zur Vorlesung
 - Zusammenfassung der einzelnen Kapitel
- 2 Geschichte des Internets
 - Von der Entstehung bis zum heutigen Internet
 - Bedeutung des Internets für die Gesellschaft
- 3 Schichtenmodelle
 - Was sind Schichtenmodelle?
 - Wozu sind Schichtenmodelle gut?
 - Das ISO/OSI-Modell

Was sind Schichtenmodelle?

Ein einfaches Beispiel:



Franzose

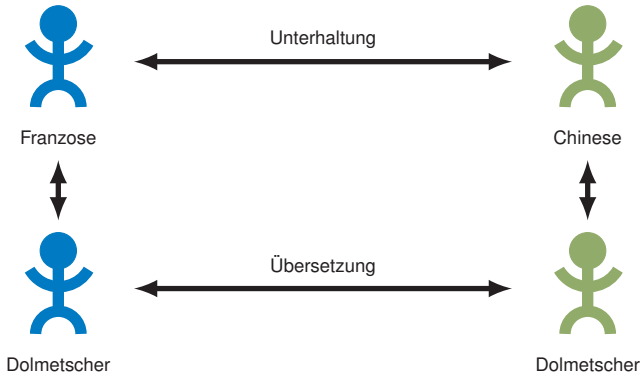
Unterhaltung



Chinese

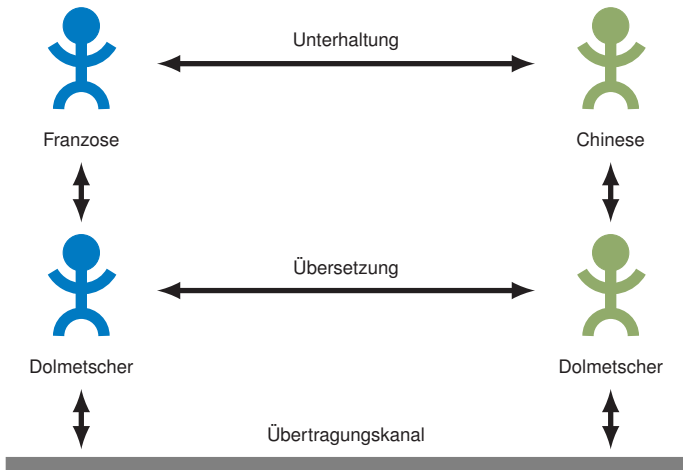
Was sind Schichtenmodelle?

Ein einfaches Beispiel:



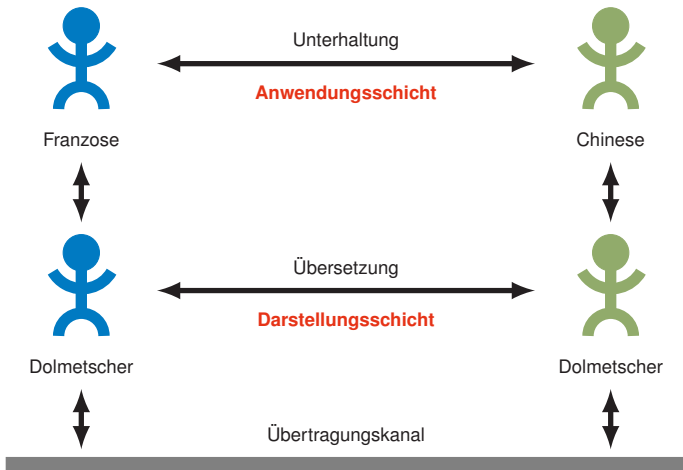
Was sind Schichtenmodelle?

Ein einfaches Beispiel:



Was sind Schichtenmodelle?

Ein einfaches Beispiel:



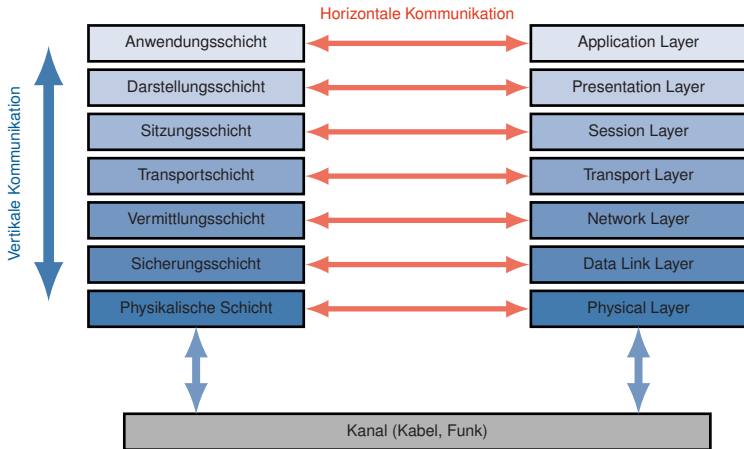
Wozu sind Schichtenmodelle gut?

- ▶ Unterteilung des komplexen Kommunikationsvorgangs
 - ▶ Niedrigere Schichten **bieten** höheren Schichten **Dienste an**
 - ▶ Höhere Schichten **nehmen Dienste** der jeweils niedrigeren Schicht **in Anspruch**
- ▶ **Abstraktion von der Implementierung** einer Schicht
 - ▶ Festlegung, **welche** Dienste angeboten werden, aber **nicht wie** sie erfüllt werden
 - ▶ Austauschbarkeit einzelner Implementierungen
- ▶ Anwendbar auf beliebige Kommunikationsvorgänge

Das ISO/OSI-Modell

- ▶ Entwickelt zwischen 1979 und 1983 von der *International Organization for Standardization (ISO)*
- ▶ OSI = *Open Systems Interconnect*
- ▶ Unterteilt den Kommunikationsvorgang in **7 Schichten**
- ▶ Jede Schicht erbringt bestimmte Dienste (z. B. Aufteilen einer Nachricht in kleinere Pakete)
- ▶ Keine Aussage, wie diese Dienste zu erbringen sind

Schematische Darstellung des OSI-Modells:



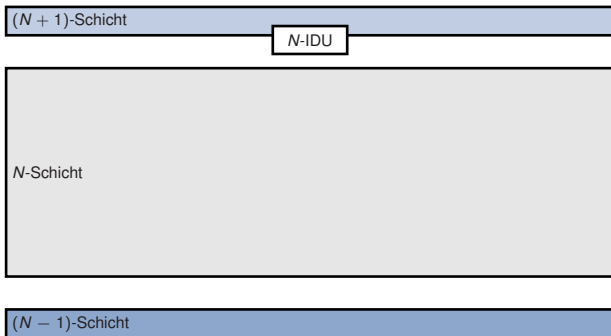
Datenaustausch zwischen Schichten

$(N + 1)$ -Schicht

N -Schicht

$(N - 1)$ -Schicht

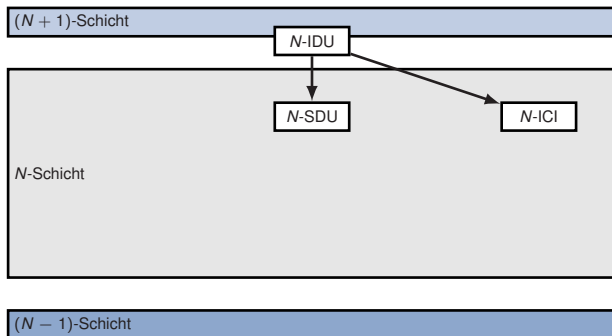
Datenaustausch zwischen Schichten



Die (N + 1)-Schicht nimmt Dienste der N-Schicht in Anspruch:

- ▶ Die N-Schicht erhält eine **Interface Data Unit (IDU)** von der (N + 1)-Schicht.

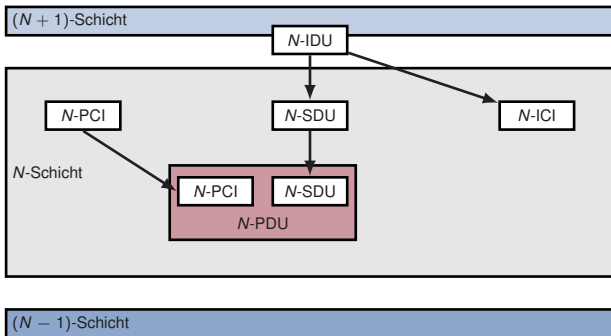
Datenaustausch zwischen Schichten



N -IDU enthält aus Sicht der N -Schicht

- ▶ Nutzdaten (**Service Data Unit (SDU)**) und
- ▶ Kontrollinformationen (**Interface Control Information (ICI)**), welche zum Erbringen des Dienstes notwendig sind (z. B. Adressinformationen).

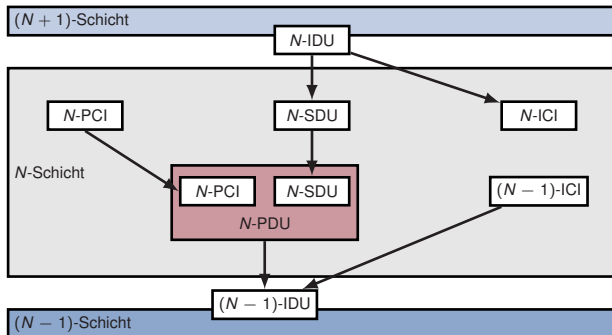
Datenaustausch zwischen Schichten



Die N -Schicht

- ▶ erbringt auf der N -SDU die angeforderten Dienste,
- ▶ fügt sog. **Protocol Control Information (PCI)** für die N -Schicht der Gegenseite hinzu und
- ▶ erzeugt so aus PCI und SDU die **Protocol Data Unit (PDU)**.

Datenaustausch zwischen Schichten



Die N -Schicht nutzt den Dienst der $(N - 1)$ -Schicht.

- ▶ Sie erzeugt eine $(N - 1)$ -ICI, und
- ▶ übergibt diese zusammen mit der N -PDU als $(N - 1)$ -IDU der nächst niedrigeren Schicht

Üblich ist der Begriff **Protocol Data Unit (PDU)**, welcher auf der N -Schicht

- ▶ die (ggf. bearbeiteten) Nutzdaten der $(N - 1)$ -Schicht sowie
- ▶ Protokollsteuerungsinformationen (Protocol Control Information - PCI) der N -Schicht bezeichnet. Die PCI wird dabei häufig in Form eines **Headers** den Nutzdaten vorangestellt.

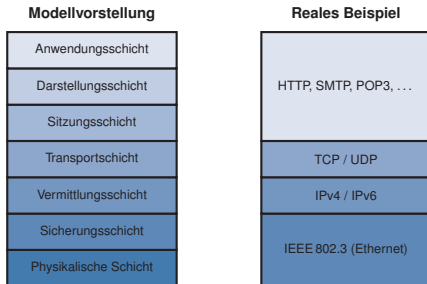
PDU's einiger Schichten haben eigene Bezeichnungen. Man spricht von

- ▶ **Segmenten** auf der Transportschicht,
- ▶ **Paketen** auf der Vermittlungsschicht bzw.
- ▶ **Rahmen** (engl. **Frames**) auf der Sicherungsschicht.

Diese Unterscheidungen ermöglichen es, implizit die gerade betrachtete Schicht anzugeben. Die Verwendung der Begriffe in der Literatur ist allerdings nicht immer einheitlich.

Schwächen des ISO/OSI-Modells

- ▶ Die Trennung der Schichten widerspricht manchmal anderen Interessen (z. B. der Effizienz)
- ▶ Einige Protokolle sind nicht klar einer bestimmten Schicht zuzuordnen, bzw. arbeiten sogar auf mehreren Schichten ([Cross Layer](#))
- ▶ Die Zuordnung von Protokollen auf einzelne Schichten kann vom konkreten Einsatz der Protokolle abhängen



Eine kurze Übersicht zum ISO/OSI-Modell finden Sie u.a. in [3].

Literaturhinweise und Quellenangaben

- [1] Harrison, C.: World City-to-City Connections.
<http://www.chrisharrison.net/index.php/Visualizations/InternetMap>.
- [2] O'Reilly, Tim: O'Reilly Network: What Is Web 2.0, September 2005.
<http://www.oreillynet.com/lpt/a/6228>.
- [3] Stein, E.: Taschenbuch Rechnernetze und Internet, Kapitel Das OSI-Modell, Seiten 22–28.
Fachbuchverlag Leipzig, 2. Auflage, 2004.
Auszug s. Moodle/SVN.