

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

Kapitel 0 – Organisatorisches, Überblick und Schichtenmodelle

SoSe 2015

Technische Universität München
Fakultät für Informatik

Fachgebiet für Betriebssysteme
Prof. Dr. Uwe Baumgarten, Sebastian Eckl

Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste
Stephan M. Günther, Johannes Naab

26. April 2015

Kapitel 0: Organisatorisches, Überblick und Schichtenmodelle

Die Vorlesung im Überblick

Organisatorisches zur Vorlesung
Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Geschichte des Internets

Von der Entstehung bis zum heutigen Internet

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

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 **Dienstag, 14. April 20:00 Uhr**
- ▶ Übungsbeginn in der 2. Vorlesungswoche (ab 20. April)

Schülerstudenten

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

Vorläufige Gruppen

Gruppe	Tag	Start	Ende	Raum
Mo-T1	Montag	12:00	14:00	01.06.011
Mo-T2	Montag	12:00	14:00	03.11.018
Mo-T3	Montag	12:00	14:00	00.08.036
Mo-T4	Montag	12:00	14:00	01.09.014
Mo-T5	Montag	16:00	18:00	00.08.036
Mo-T6	Montag	16:00	18:00	02.07.023
Mo-T7	Montag	16:00	18:00	00.08.059
Mo-T8	Montag	16:00	18:00	00.13.054
Mo-T9	Montag	12:00	14:00	03.09.012
Di-T1	Dienstag	08:00	10:00	00.08.036
Di-T2	Dienstag	16:00	18:00	00.08.036
Di-T3	Dienstag	12:00	14:00	00.08.036
Di-T4	Dienstag	12:00	14:00	01.07.014
Di-T5	Dienstag	16:00	18:00	00.08.059
Di-T6	Dienstag	12:00	14:00	00.08.053
Di-T7	Dienstag	17:00	19:00	N1135
Mi-T1	Mittwoch	08:00	10:00	03.07.023
Mi-T2	Mittwoch	10:00	12:00	03.07.023
Mi-T3	Mittwoch	12:00	14:00	00.08.038

Gruppe	Tag	Start	Ende	Raum
Mi-T4	Mittwoch	12:00	14:00	00.08.053
Mi-T5	Mittwoch	14:00	16:00	00.08.036
Mi-T6	Mittwoch	14:00	16:00	00.08.053
Mi-T7	Mittwoch	11:00	13:00	01.13.010
Mi-T8	Mittwoch	16:00	18:00	1400
Mi-T9	Mittwoch	10:00	12:00	01.06.020
Mi-T10	Mittwoch	12:00	14:00	00.08.055
Do-T1	Donnerstag	08:00	10:00	03.07.023
Do-T2	Donnerstag	12:00	14:00	00.08.038
Do-T3	Donnerstag	10:00	12:00	00.08.036
Do-T4	Donnerstag	12:00	14:00	01.10.011
Do-T5	Donnerstag	12:00	14:00	00.08.059
Do-T6	Donnerstag	12:00	14:00	00.08.036
Do-T7	Donnerstag	16:00	18:00	00.13.054
Do-T8	Donnerstag	14:00	16:00	00.08.036
Do-T9	Donnerstag	10:00	12:00	00.08.059
Do-T10	Donnerstag	12:30	14:30	00.08.055
Fr-T1	Freitag	14:00	16:00	00.08.038
Fr-T2	Freitag	16:00	18:00	00.08.059

- ▶ Die Gruppen Mo-T9 und Mi-T9 werden werden in Englisch gehalten.
- ▶ Die Gruppen Di-T7 und Mi-T8 finden am Stammgelände statt
 - ▶ Der N1135 ist ein Seminarraum am MSV, Gebäude N1, 2. Stock.
 - ▶ Der 1400er ein kleiner Hörsaal genannt zwischen den Gebäudeteilen 4 und 5.

Programmieraufgaben

Es gibt semesterbegleitend voraussichtlich 4 Programmieraufgaben:

- ▶ Einzelabgaben
- ▶ Keine gesonderte Anmeldung notwendig
- ▶ Geplante Aufgaben:
 1. Wake-on-LAN über RAW-Sockets
 2. ARP über RAW-Sockets
 3. Traceroute
 4. TCP Sockets
- ▶ Rahmenprogramme werden in C und Java zur Verfügung gestellt
- ▶ Abgabe in anderen Programmiersprachen ist erlaubt
- ▶ Abgabe der Programmieraufgaben über Subversion
- ▶ Automatische Tests vor der finalen Abgabe (→ Details folgen)

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	12:00	14:00	03.07.023	Richard von Seck
Dienstag	12:00	14:00	00.08.059	Richard von Seck
Mittwoch	12:00	14:00	03.07.023	Markus Ongyerth
Donnerstag	12:00	14:00	03.07.023	Markus Ongyerth

- ▶ 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

Infolge der Änderungen am Bonusverfahren und der damit einhergehenden Einzelabgaben der Programmieraufgaben können Lösungen vergangener Jahre **nicht** anerkannt werden.

Modulprüfung

- ▶ schriftlich, 90 Minuten, voraussichtlich 85 Punkte
- ▶ closed-book
- ▶ Endterm am 28.07.2015 (Wiederholung am 21.09.2015)
- ▶ Anmeldung über TUMOnline

Bonusregelung

- ▶ Programmieraufgaben
 - ▶ Abhängig von der jeweiligen Aufgabe können bis zu 3 Punkte pro Aufgabe erzielt werden.
 - ▶ Die Gesamtanzahl der mittels Programmieraufgaben erzielbaren Punkte beträgt 10.
- ▶ Midterm-Prüfung
 - ▶ 45 Minuten
 - ▶ 10 Bonus-Punkte
 - ▶ closed-book
 - ▶ voraussichtlich am Freitag, 12.06.2015 von 18:00 – 18:45Uhr
 - ▶ Anmeldung über TUMOnline
- ▶ Die Bonuspunkte werden auf das Ergebnis der Endterm addiert, sofern diese **ohne Bonus mindestens mit der Note 4,0 bestanden** wurde.
- ▶ Die Gesamtzahl der anrechenbaren Bonuspunkte beträgt 15, d. h. werden sowohl in den Programmieraufgaben als auch in der Midterm jeweils volle Punktzahl erzielt, so werden dennoch maximal 15 Punkte angerechnet.
- ▶ Der Bonus wird auch auf die Wiederholung angerechnet.

Vorlesungs- und Übungsmaterial

- ▶ Vorlesungsunterlagen und Übungsmaterialien werden ueber SVN bereitgestellt:

`https://vcs.net.in.tum.de/svn/grnvss15/`

- ▶ Das Repository ist auch über HTTPS zugänglich
- ▶ Benutzername und Kennwort sind Ihre LRZ-ID (7-stellige alphanumerische Kennung) sowie das zugehoerige Passwort
- ▶ Alle Unterlagen, die nicht einem gesonderten Urheberrecht unterliegen (was beispielsweise auf Buchscans nicht zutrifft), sind auch ohne Authentifizierung erreichbar:

`https://vcs.net.in.tum.de/svn/grnvss15/pub`

- ▶ Sollten Sie nicht an der TUM studieren (beispielsweise LMU- oder Schülerstudenten), wenden Sie sich bitte an die Übungsleitung `grnvs@net.in.tum.de`
- ▶ Für den Zugriff auf Moodle und den geschützten Teil des Repositories ist die Vorlesungsanmeldung in TUMOnline erforderlich

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

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel (Stand 8. April 2015)

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 802.11a/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)

4. Anwendungsschicht

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

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 6: 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:

Die Vorlesung im Überblick

Organisatorisches zur Vorlesung

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Geschichte des Internets

Von der Entstehung bis zum heutigen Internet

Schichtenmodelle

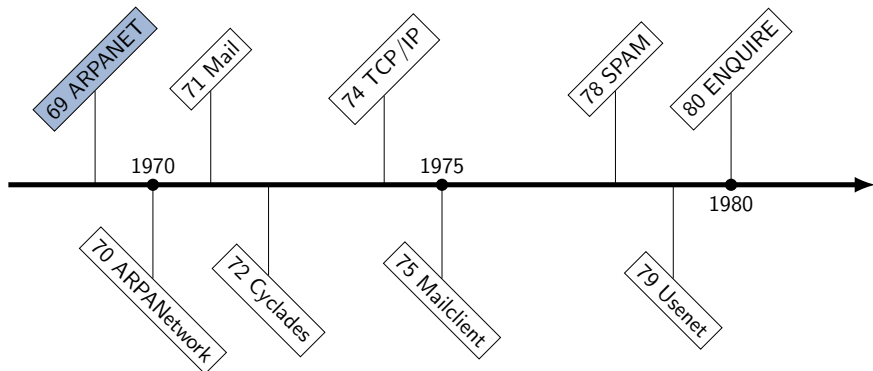
Was sind Schichtenmodelle?

Wozu sind Schichtenmodelle gut?

Das ISO/OSI-Modell

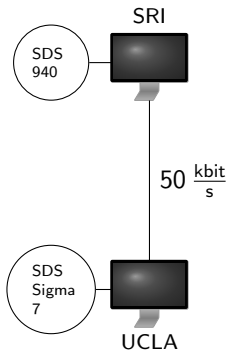
Von der Entstehung bis zum heutigen Internet

Geschichte des Internets: Übersicht bis 1980



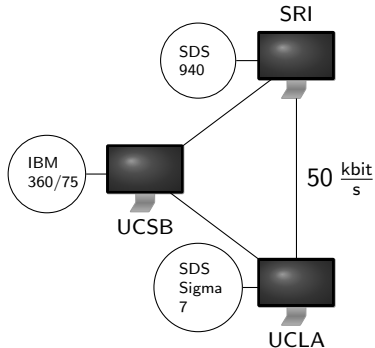
ARPANET mit den ersten 4 Knoten

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



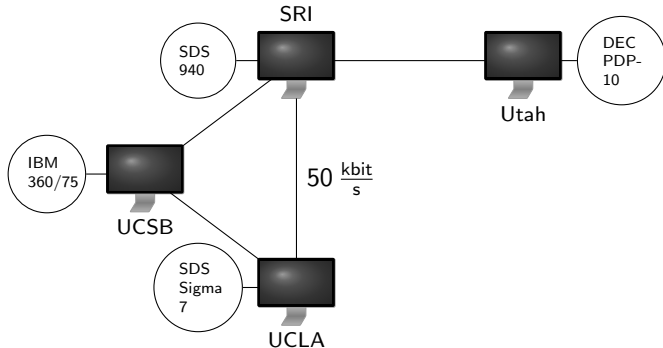
ARPANET mit den ersten 4 Knoten

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

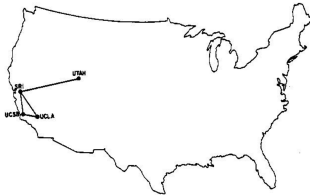


ARPANET mit den ersten 4 Knoten

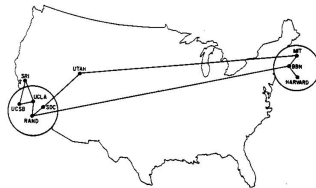
- ▶ University of California, Los Angeles (UCLA) 1.9.1969
- ▶ Stanford Research Institute (SRI) 1.10.1969
- ▶ UC Santa Barbara (UCSB) 1.11.1969
- ▶ University of Utah 12.1969



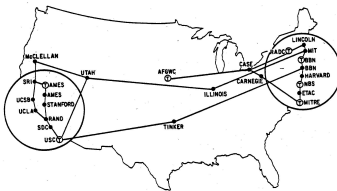
ARPANET von 1969 bis 1977



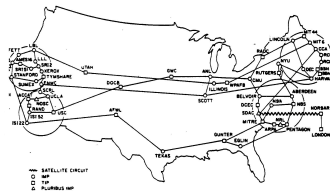
ARPANET 1969, 4 Knoten



ARPANET 1970, 9 Knoten

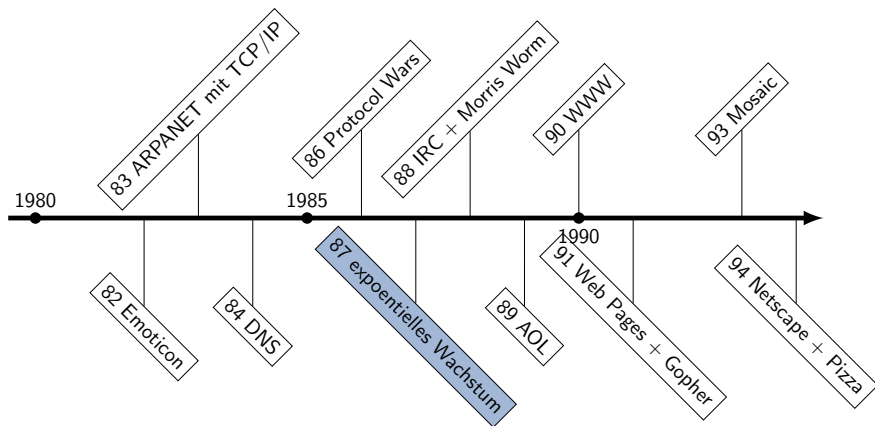


ARPANET 1972, 25 Knoten

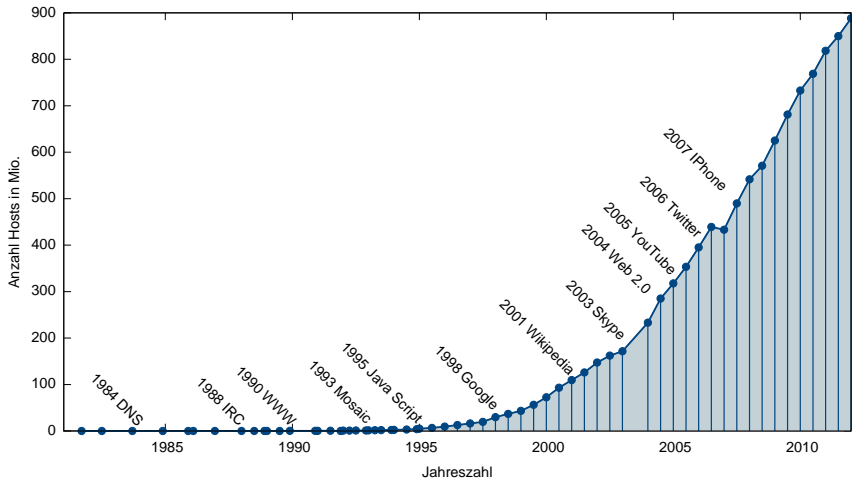


ARPANET 1977, 58 Knoten

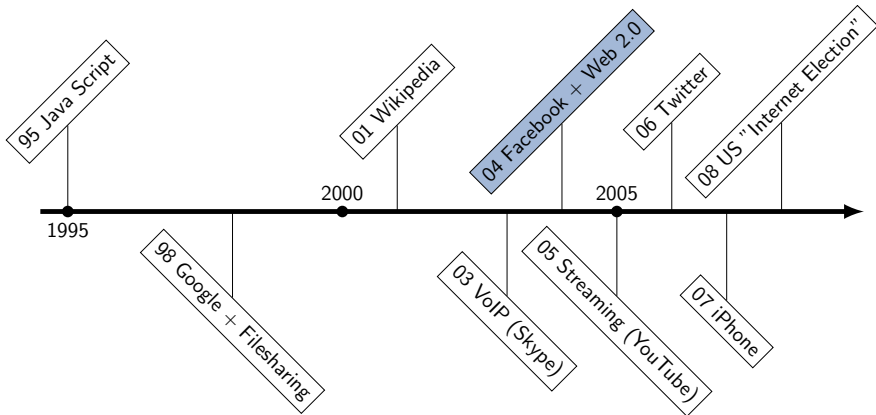
Geschichte des Internets: Übersicht von 1980 bis 1994



Anzahl der Hosts von 1981 bis 2012



Geschichte des Internets: Übersicht ab 1994



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

Strategic Positioning: The Web as platform

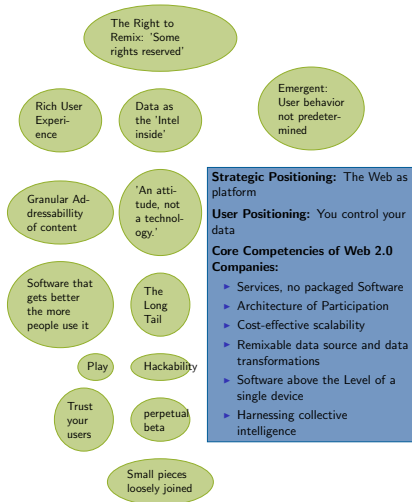
User Positioning: You control your data

Core Competencies of Web 2.0

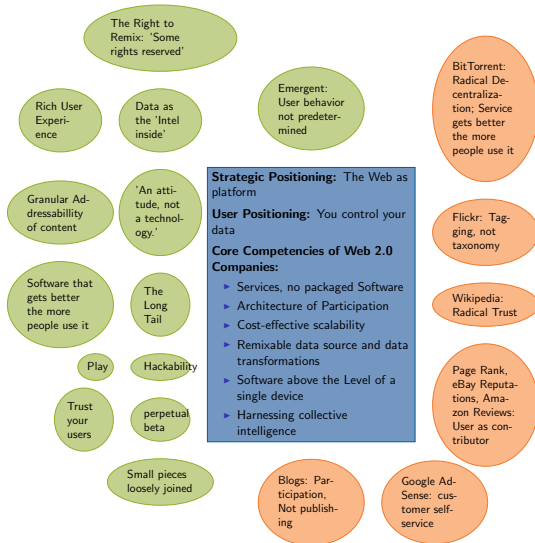
Companies:

- ▶ 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



Abbildung: Verbindungen zwischen autonomen System im Internet (2007) [1]

Das Internet heute

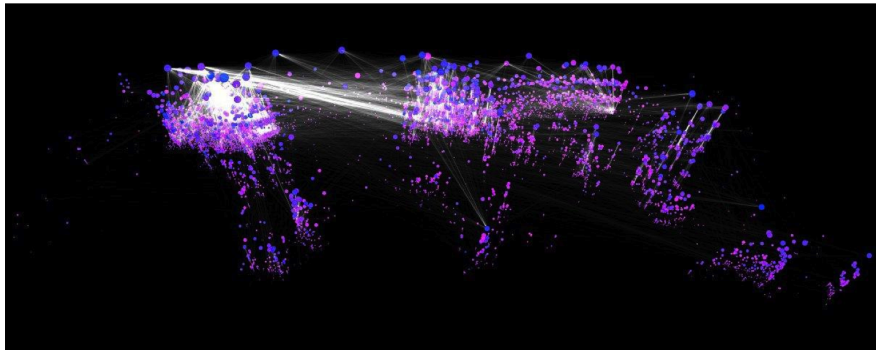


Abbildung: Blau hervorgehoben lang existierende autonome Systeme [1]

Inhalt

Die Vorlesung im Überblick

Organisatorisches zur Vorlesung

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Geschichte des Internets

Von der Entstehung bis zum heutigen Internet

Schichtenmodelle

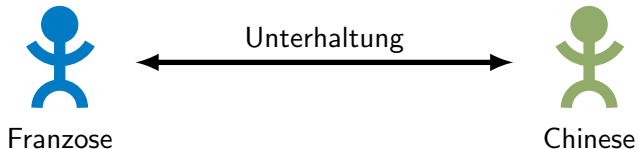
Was sind Schichtenmodelle?

Wozu sind Schichtenmodelle gut?

Das ISO/OSI-Modell

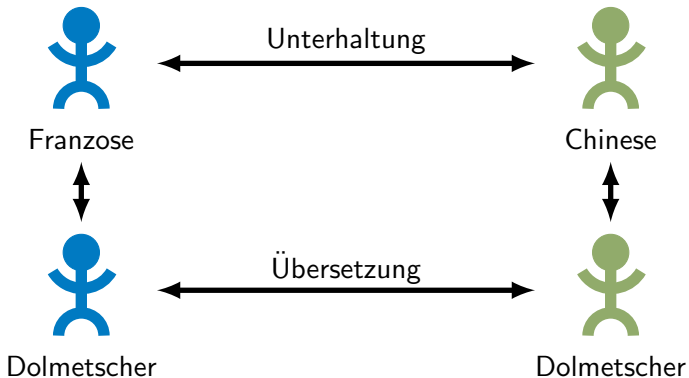
Was sind Schichtenmodelle?

Ein einfaches Beispiel:



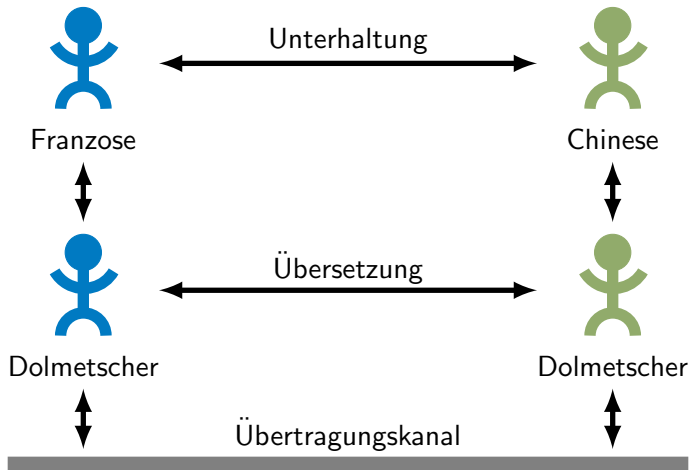
Was sind Schichtenmodelle?

Ein einfaches Beispiel:



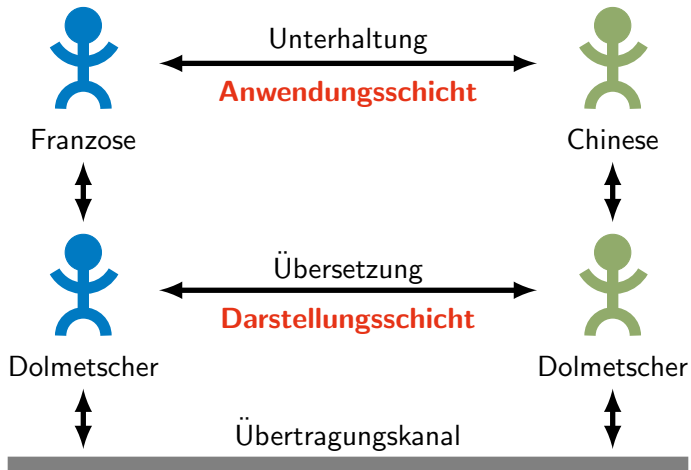
Was sind Schichtenmodelle?

Ein einfaches Beispiel:



Was sind Schichtenmodelle?

Ein einfaches Beispiel:



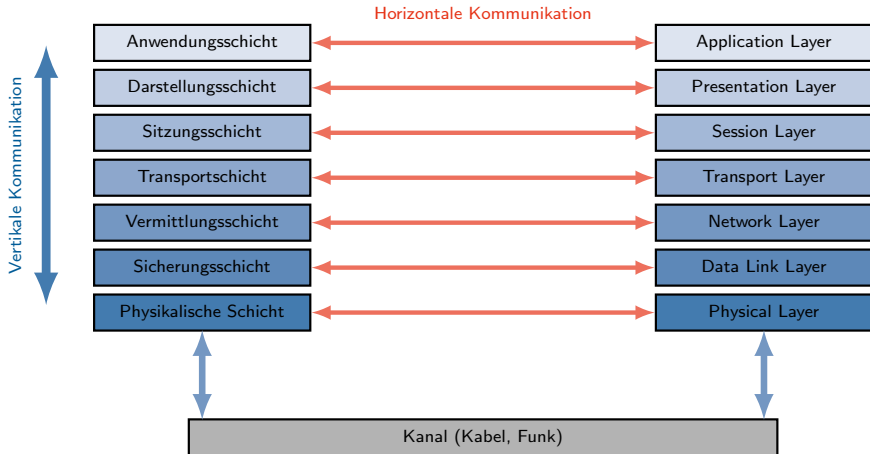
Wozu sind Schichtenmodelle gut?

- ▶ 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

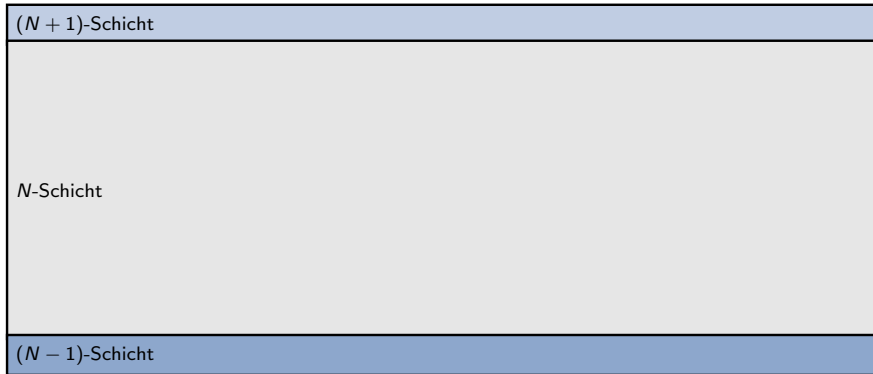
Das ISO/OSI-Modell

- ▶ 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

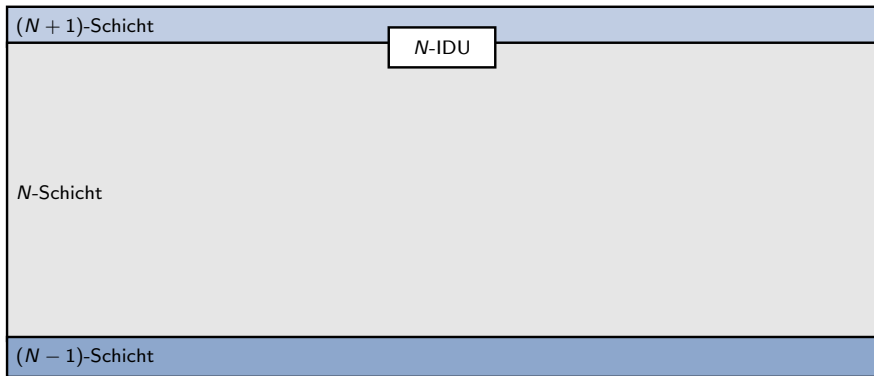
Schematische Darstellung des OSI-Modells:



Datenaustausch zwischen Schichten



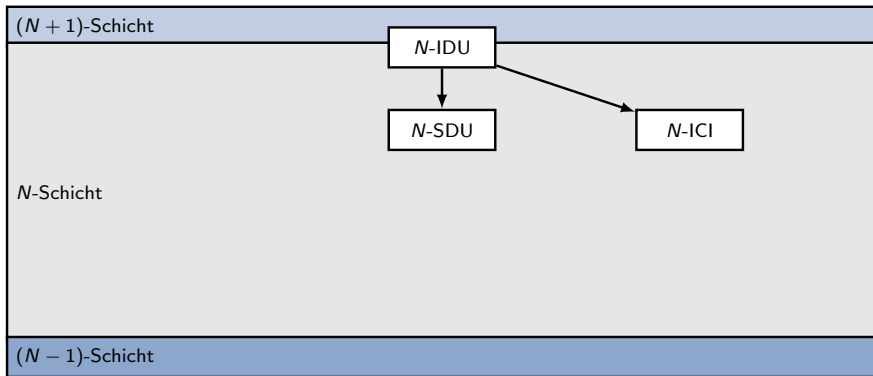
Datenaustausch zwischen Schichten



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.

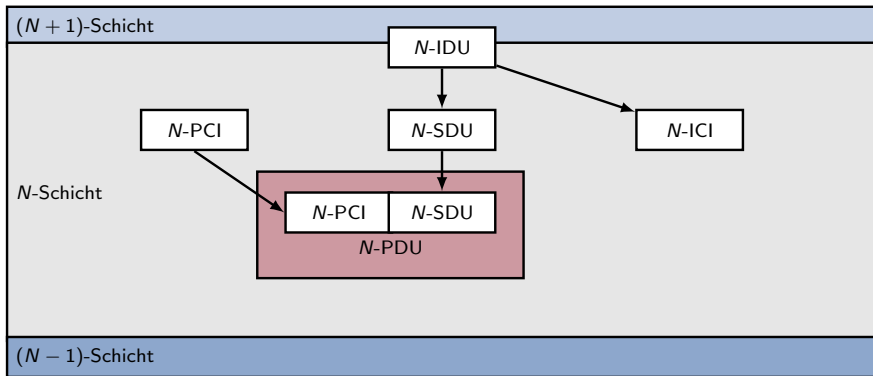
Datenaustausch zwischen Schichten



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).

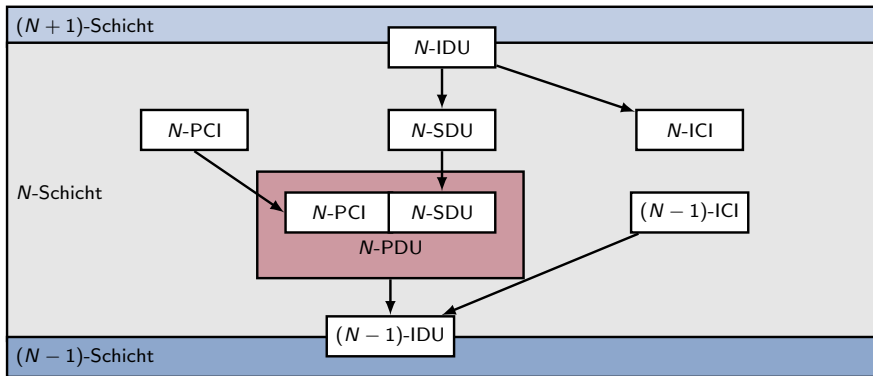
Datenaustausch zwischen Schichten



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.

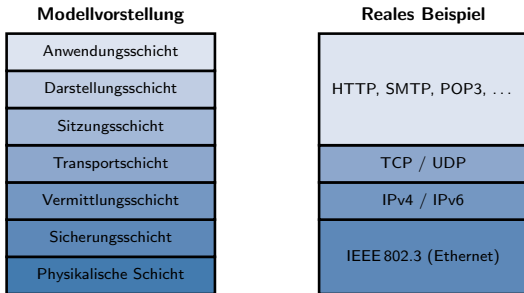
PDUs einiger Schichten haben eigene Bezeichnungen. Man spricht von

- ▶ **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].

Bibliography I

- [1] C. Harrison. World City-to-City Connections.
<http://www.chrisharrison.net/index.php/Visualizations/InternetMap>.
- [2] T. O'Reilly. O'Reilly Network: What Is Web 2.0, Sept. 2005.
- [3] E. Stein. *Taschenbuch Rechnernetze und Internet*, chapter Das OSI-Modell, pages 22–28. Fachbuchverlag Leipzig, 2. edition, 2004. Auszug s. Moodle/SVN.