

Willkommen bei Kommunikations- und Netztechnik!

-

*Von Kupferkabel, Glasfaser und Mikrowelle
über Telefon, Ethernet und TCP
zu E-Mail, Webserver und REST.*

-

Heute: **Übersicht.**

-



Quellen, Impressum

Carlo Götz

- Vorlesung mitentwickelt, bis 2020 mitgehalten
- An DHBW studiert
- Bis 2023 Softwareentwickler bei [Disy Informationssysteme GmbH](#)

Vorlesungsinfos

draketo.de/software/vorlesung-netztechnik

Quelldateien

<https://hg.sr.ht/~arnebab/vorlesung-netztechnik>

Anforderungen während der Vorlesung

Vorlesung

- Präsenz: 36h
- Selbststudium: 39h

Übungen

- Präsenz: 12h
- Selbststudium: 63h

Übungen

- Zur Unterstützung des Selbststudiums
- Gruppen bis zu 3 Leuten

Klausur

- 60 oder 90 Minuten
- *Notwendig laut Modulplan*

Erwartungen

Meine Wünsche

Ich will, dass Sie gerne kommen.

Es ist Arbeit, und Arbeit sollte Spaß machen.

Ich will, dass Sie Verständnis von Netztechnik mitnehmen.

Ihre Wünsche?

■ Klausur bestehen

■

■

■

Netztechnik 0: Übersicht

└ Einstieg

└ Erwartungen

Erwartungen

Meine Wünsche

Ich will, dass Sie gerne kommen.
Es ist Arbeit, und Arbeit sollte
Spaß machen.
Ich will, dass Sie Verständnis von
Netztechnik mitnehmen.

Ihre Wünsche?

- Klausur bestehen
-
-
-

Sammeln (Cryptpad — bleibt für die gesamte Vorlesung)

Meine Fragen

Ansprache

- Sie und Vorname oder Du?
- Wie erreiche ich Sie?
(Kontakt?)

Ihre Erfahrungen?

- Netztechnik
- Vorherige verwandte Kurse
- Sprachen

- Sie und Vorname oder Du?
- Wie erreiche ich Sie?
(Kontakt?)

- Netztechnik
- Vorherige verwandte Kurse
- Sprachen

Programmiererfahrung: Bitte bleiben Sie stehen, solange es zutrifft:

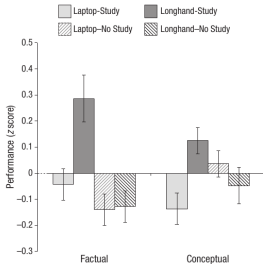
- Hello World geschrieben?
- Kleines Werkzeug / Skript?
- Beahlt?
- Programm bis zur Veröffentlichung gebracht?
- Projekt mit >5 Leuten geleitet?
- Projekt für >100.000 Euro (ein Personenjahr)
- Projekt für >1 Million Euro (10 Personenjahre)

Programmiersprachen sammeln

- Was kennen Sie bis Hello World?
- Was haben Sie produktiv verwendet?

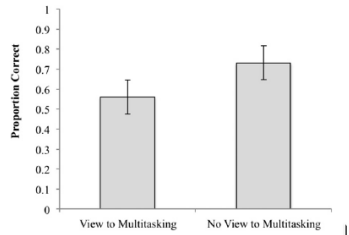
Laptops in Präsenz: Eigenverantwortlich

Notizen

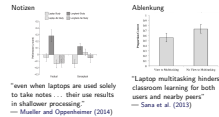


“even when laptops are used solely to take notes ... their use results in shallower processing.”
— Mueller and Oppenheimer (2014)

Ablenkung



“Laptop multitasking hinders classroom learning for both users and nearby peers”
— Sana et al. (2013)



z-score: $Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$.

Wenn Sie wissen, dass Sie den Laptop aktiv haben wollen, achten Sie bitte darauf, dass die Inhalte auf dem Bildschirm nicht im Blickfeld Ihrer Kommilitonen sind. Vielleicht können Sie Ihre Vorgesetzten bewegen, Blickschutzfolien zu stellen.

Unterschied bei Online-Vorlesung:

- Notizen handschriftlich auf Ausdruck der Folien (18 pro Blatt).
- 3 Pausen statt einer.
- Wenn Sie eine Pause brauchen, machen Sie kurz die Augen zu und wechseln sie nicht auf ein anderes Programm, sondern pausieren Sie bewusst.
 - *Ich habe mir für die Arbeit soziale Netze geblockt; außer dem firmeninternen Rocket-Chat.*

Materialien

Computernetzwerke, 5. Auflage

- Andrew S. Tanenbaum (Minix), Amsterdam
- David J. Wetherall, Seattle

Pearson Verlag, ISBN: 978-3-86894-137-1

mit vielen Referenzen zum Weiterlesen (nach Eigeninteresse!).

Netztechnik 0: Übersicht

└ Einstieg

└ Materialien

Materialien

Computernetzwerke, 5. Auflage

■ Andrew S. Tanenbaum (Minix), Amsterdam

■ David J. Wetherall, Sauttle

Pearson Verlag, ISBN: 978-3-88994-137-1
mit vielen Referenzen zum Weiterlesen (nach Eigeninteresse!).

Wo wir bei selbstverantwortlich sind: Ich hoffe, dass Sie während der Vorlesung effektiver lernen als zu Hause.

Sollte das nicht so sein, sprechen Sie mich bitte an, damit ich die Vorlesung für Sie effizienter gestalten kann. Und entscheiden Sie selbst, wie sie lernen.

Ablauf heute

- **Einsatz von Netzen:** Geschäftlich, Privat; Gesellschaftlicher Effekt
- **Netz-Software:** Schichten und Dienst-Arten
- **Referenzmodelle:** OSI und TCP/IP

Pause

- **Netz-Hardware:** Übertragungsmedien und Größenkategorien
- **Geschichte:** Internet, WLAN
- **Standardisierung:** Telekomm., Normen, Internetstandards
- **Zusammenfassung**

Heute von „oben“ (Ziele) nach „unten“ (Hardware), in folgenden Blöcken wieder von „unten“ nach „oben“. Mit mehr Verständnis.

Ziele heute I

- Sie verstehen die Bedeutung von Netztechnik für gesellschaftliche Kommunikation und können sie für Ihr eigenes Leben reflektieren.
- Sie können mindestens 5 Einsatzgebiete von Netztechnik in kritischer Infrastruktur nennen.
- Sie können die Basisoperationen eines Sockets erkennen, beschreiben und nach Ausführungszeit anordnen.
- Sie können den Unterschied zwischen Dienst und Protokoll erklären.
- Sie verstehen, dass Netz-Software in Schichten aufgeteilt ist und können Aufgaben logisch nach ihrer Nähe zur Hardware anordnen.

Ziele heute II

- Sie können zwei Entwurfsaspekte von Schichten mit jeweils zwei Aufgaben nennen.
- Sie können Netztechnologien bestimmten Ausdehnungen zuordnen: Bluetooth: PAN, VPN: WAN (Unterscheidung zwischen LAN und MAN ist nicht nötig)
- Sie können 3 praktisch genutzte Übertragungsmedien nennen.
- Sie erkennen die Namen der wichtigsten Standardisierungsgremien
- Sie wissen, dass ein RFC (Request for Comment) unverbindlich ist.

Privat



Wer könnte bei Ausfall des
Internen Netzes noch arbeiten?

Warnungen: VW, MS Cloud, Bundestag



Privat:

- connectivity: Metcalfes Gesetz (Nutzen: $O(N^2)$), Soziale Netzwerke,
- Zugang: Unterhaltung (Musik, Fernsehen/Streams, Bücher, Spiele, ...), Information (Zeitungen, Videos, Blogs, ...), p2p-Netze
- Kreative Arbeit: Blog, Wiki, Video, Musik, ...
- E-Commerce: Kaufen, Verkaufen, Kontoführung, Bezahlen
- Rechnerallgegenwart (ubiquitous): Kopfhörer, Smartphones, RFID, QR, ...

Unternehmen:

- resource sharing: Drucker, Datensicherung, Datenbanken, Bugtracker, ...
- Verbindung von Standorten: VPN, ssh
- Kommunikation: E-Mail, IRC, VoIP, Desktop-Sharing
- E-Commerce: B2B oder Verkaufen

Verbreitete Kürzel

Kürzel	Name	Beispiel
B2C	Business-to-Consumer	Bücher bestellen
B2B	Business-to-Business	Kfz-Teile für Hersteller
G2C	Government-to-Consumer	Finanzamt
C2C	Consumer-to-Consumer	Onlineauktionen
P2P	Peer-to-Peer	Torrents

Gemeinsamer Glossar: <https://cryptpad.digitalcourage.de/code/#/2/code/edit/FfUM8pNPLA0DisDhqOlqwCeU>

Sensornetze

- Informationen sammeln
- Oft selbstorganisiert
- Oft sicherheitskritisch
- Verfügbarkeit und Datenschutz

Beispiele

- Stau-Information aus Handy-Bewegung
- Vögelschwärme beobachten
- Parkuhren
- Pulsmessung
- Hirnwellen

Anforderungen an Haushalts-Netze

Netz für Herd und Haustür.

- Einfach aufzusetzen
- Erweiterbar
- Zuverlässig
- Langlebig
- Günstig
- Sicher

Fahrrad oder Solaranlage mit Cloudabhängigkeit?

Herd mit Firmware Upgrade?

Welche Schnittstelle funktioniert seit 20 Jahren?

Analoge Kommunikation



Im Überwachten Netz

Vertraulich



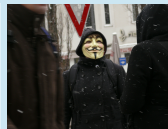
Im kleinen Rahmen
Direkter Kontakt

Offiziell



Selbstzensur
Fremdbestimmt

Pseudonym



Stetig auf der Hut
Quellenschutz!



Warum?

Lösungen

Technik

Vision

Arne Babenhauserheide – Freenet Nutzen

10. Februar 2015

4/25

Bilder: Grüne Jugend Frankfurt am Main (2010); European People's Party (2014); anonymous munich (2009).



Begrenzte Teilnahme und Reichweite

- CAPTCHAs (Turing)
- SIM-Karten (Personen)
- Follower (Sozialstruktur)
- Promoted (Geld)

Zusammenfassung: Einsatz von Netztechnik

- Vielfältige Verwendung, Privat und Geschäftlich
 - B2C, B2B, G2C, C2C, P2P
- Drahtlos kann einfacher sein, Kabel schneller und sicherer
- Sensornetze machen Beobachtung zugänglich
- Gesellschaftlich: Informationsfluss und Verlässlichkeit

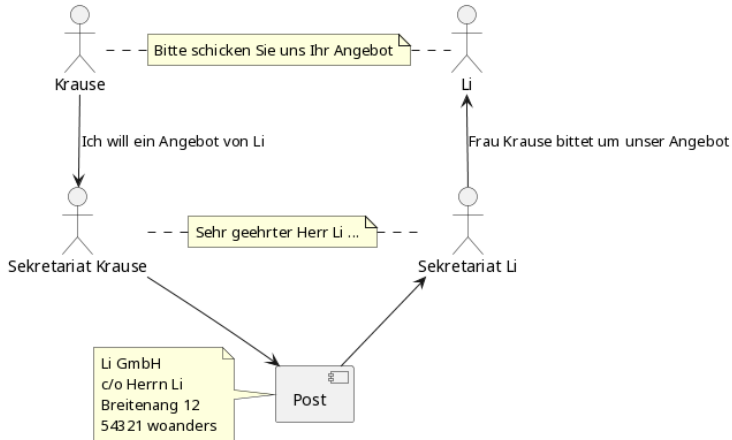
Netz-Software

- Schichten
- Unterscheidung
- Entwurfsaspekte
- Basisoperationen

Ziele

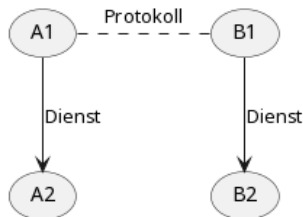
- Sie können zwei Entwurfsaspekte von Schichten mit jeweils zwei Aufgaben nennen.
- Sie können die Basisoperationen eines Sockets erkennen, beschreiben und nach Ausführungszeit anordnen.
- Sie können den Unterschied zwischen Dienst und Protokoll erklären.

Funktionsweise von Schichten

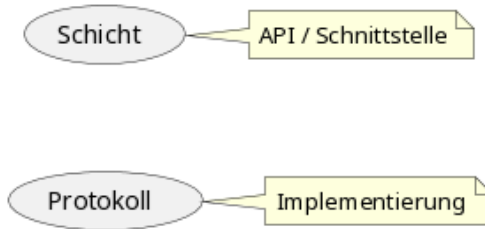


Mehrstufige Abstraktion

- Von tief (z.B. Kabel) bis hoch (z.B. Datei von URL)
- Tiefer liegende Schichten als Dienste
- Innerhalb der Schicht über Protokolle
- Ziel: Verlässliche Übertragung auf fehlerbehaftetem Medium
- Leaky Abstraction: Optimierung auf das Verhalten tieferer Schichten (z.B. Sharding im Webdesign)



API vs. Implementierung



Unterscheidung von Diensten

	Dienst	Beispiel
Verbindungs-orientiert	Zuverlässiger Nachrichtenstrom	Multipart-Upload
	Zuverlässiger Bytestrom	Dateidownload
	Unzuverlässige Verbindung	VoIP
Verbindungs-los	Unzuverlässiges Datagram	Spam-Mail
	Bestätigtes Datagram	Empfangsbestätigung
	Anfrage/Antwort	Datenbankabfrage

Online-Pause

PAUSE

Entwurfsaspekte auf jeder Schicht

Zuverlässigkeit

Weiterentwicklung

Resourcenzuteilung

Sicherheit

Entwurfsaspekte auf jeder Schicht

Zuverlässigkeit

- Fehlererkennung (detection)
- Fehlerbehebung (correction)
- Garantien für Routing
(Paket, Verbindung)

Weiterentwicklung

Ressourcenzuteilung

Sicherheit

Entwurfsaspekte auf jeder Schicht

Zuverlässigkeit

- Fehlererkennung (detection)
- Fehlerbehebung (correction)
- Garantien für Routing (Paket, Verbindung)

Weiterentwicklung

- Adressierung / Namensgebung
- Internetworking
- Skalierbarkeit

Ressourcenzuteilung

Sicherheit

Entwurfsaspekte auf jeder Schicht

Zuverlässigkeit

- Fehlererkennung (detection)
- Fehlerbehebung (correction)
- Garantien für Routing (Paket, Verbindung)

Weiterentwicklung

- Adressierung / Namensgebung
- Internetworking
- Skalierbarkeit

Ressourcenzuteilung

- Multiplexing
- Flusskontrolle (Ziel)
- Netzüberlast (Congestion)
- Dienstgüte (Latenz, Bandbreite)

Sicherheit

Entwurfsaspekte auf jeder Schicht

Zuverlässigkeit

- Fehlererkennung (detection)
- Fehlerbehebung (correction)
- Garantien für Routing (Paket, Verbindung)

Ressourcenzuteilung

- Multiplexing
- Flusskontrolle (Ziel)
- Netzüberlast (Congestion)
- Dienstgüte (Latenz, Bandbreite)

Weiterentwicklung

- Adressierung / Namensgebung
- Internetworking
- Skalierbarkeit

Sicherheit

- Vertraulichkeit
- Authentifizierung
- Integrität

Basisoperationen: Verbindung

LISTEN	Wartet auf eine Verbindung
CONNECT	Aufbau einer Verbindung
ACCEPT	Ankommende Verbindung akzeptieren
RECEIVE	Warte auf eingehende Nachricht
SEND	Nachricht an verbundenen Peer senden
DISCONNECT	Verbindung beenden

Berkeley Socket.

Zusammenfassung

- Schichten abstrahieren low-level Details
- Unterscheidung nach Art: Datagram vs. Nachrichtenstrom vs. Bytestrom,
- Entwurfsaspekte: Zuverlässigkeit, Weiterentwicklung, Ressourcenzuteilung, Sicherheit
- Basisoperationen: LISTEN, CONNECT, ACCEPT, RECEIVE, SEND, DISCONNECT

PAUSE

Referenzmodelle

Welche Schichten gibt es? Das hängt vom Modell ab:

- OSI
- TCP/IP
- Hybrid
- Kritik an OSI
- Kritik an TCP/IP

OSI: Das klare Design

„ISO/OSI Referenzmodell“

- ISO: International Standards Organization
- OSI: Open Systems Interconnection

OSI Schichten

- Anwendungsschicht
- Darstellungsschicht
- Sitzungsschicht
- Transportschicht
- Vermittlungsschicht
- Sicherungsschicht
 - MAC-Teilschicht
- Bitübertragungsschicht

Grundgedanken

- Die Schichtgrenze dient als Abstraktion
- Genau eine Funktion pro Schicht
- Nutzt international genormte Protokolle
- Minimaler Informationsfluss zwischen Schichten

Anwendung, Darstellung, Sitzung

Anwendung

- HTTP, E-Mail,
...

Darstellung

- Repräsentation
von Daten
- Beispiel:
Bildformate,
Kompression

Sitzung

- Dialogsteuerung
(wer spricht
wann?)
- Token-
Verwaltung
(locking)
- Synchronization
(gemeinsamer
Zustand mit
Snapshots)

Transport und Vermittlung

Transport

- Fehlerfreien Punkt-zu-Punkt Kanal simulieren
 - Ende-zu-Ende
 - auch andere Übertragungsoptionen
- Anwendungen von Änderungen in der Hardware abschirmen
- Daten verpacken, an Vermittlungsschicht weiterreichen

Vermittlung

- Network layer: Route zum Ziel
- Überlastkontrolle
- Internetworking: Interaktion verschiedener Protokolle

Sicherung

- Bit in Rahmen zusammenfassen
- Fehlerfreie Übertragung simulieren
- Überlastung vermeiden
- MAC: Gemeinsame Nutzung von Kanälen

Bitübertragung

- Übertragung einzelner Bits
- Welche pins auf Netz-Stecker?
- Wie kodiere ich eine 1?
- Bidirektional?

TCP/IP: Die Wirklichkeit

	OSI	TCP/IP	Beispiel-Protokolle
7	Anwendung	Anwendung	HTTP, SMTP, RTP, DNS
6	Darstellung	-	
5	Sitzung	-	
4	Transport	Transport	TCP, UDP
3	Vermittlung	Internet	IP, ICMP
2	Sicherung	Netzzugang	DSL, SONET, 802.11, Ethernet
1	Bitübertragung	-	

ARPANET ursprünglich ein Forschungsnetz.

ARPA Advanced Research Projects Agency.
Unsere ganzen Verteidigungs-Behörden reden nicht miteinander, also gründen wir eine noch eine, die aber nur für Forschung.

Tanenbaums Hybrid-Modell

- Vorteil OSI: Dienst vs. Schnittstelle vs. Protokoll
- Vorteil TCP/IP: Protokolle, weniger Schichten
 - 5 Anwendungsschicht
 - 4 Transportschicht
 - 3 Vermittlungsschicht
 - 2 Sicherungsschicht
 - 1 Bitübertragungsschicht

- Vorteil OSI: Dienst vs. Schnittstelle vs. Protokoll
- Vorteil TCP/IP: Protokolle, weniger Schichten
- 5 Anwendungsschicht
- 4 Transportschicht
- 3 Vermittlungsschicht
- 2 Sicherungsschicht
- 1 Bitübertragungsschicht

Glossar:

- Dienst: Was eine Schicht für die darüberliegende Schicht anbietet
- Schnittstelle: Wie die darüberliegende Schicht auf den Dienst zugreifen kann
- Protokoll: Wie die Schicht ihre Aufgaben erfüllt

Ein Dienst bietet eine Schnittstelle an und nutzt ein Protokoll.

Kritik

OSI

- Schlechte Implementierungen
- Zu spät (Unis nutzten schon TCP/IP)

TCP/IP

- Nicht generisch.
- Bitübertragung und Sicherung gemischt

Zusammenfassung

	OSI	TCP/IP	Tanenbaum
7	Anwendung	Anwendung	Anwendung
6	Darstellung	-	-
5	Sitzung	-	-
4	Transport	Transport	Transport
3	Vermittlung	Internet	Vermittlung
2	Sicherung	Netzzugang	Sicherung
1	Bitübertragung	-	Bitübertragung

Ausdehnung

1m	PAN	Bluetooth, RFID, USB
10m	LAN	Ethernet, Fernbedienung, WLAN
100m		Heimnetze: Sicherheit+Einfachheit
1km		
10km	MAN	Kabel-TV, WiMAX, IEEE 802.16
100km	WAN	Mikrowelle, VPN,
1000km		Handy-Funknetz, Satelliten-Netz
10.000km		
...	Internet	Netze verbunden über Gateways Netze mit Routern

Netztechnik 0: Übersicht

└ Hardware

└ Ausdehnung

Ausdehnung

1m	PAN	Bluetooth, RFID, USB
10m	LAN	Ethernet, Faserleitung, WLAN
100m		
1km		
10km	MAN	Kabel-TV, WiMAX, IEEE 802.16
100km	WAN	Mikrowelle, VPN, Handy-Funknetz, Satelliten-Netz
1000km		
10.000km		
...	Internet	Netze verbunden über Gateways Netze mit Routern

Geostationärer Orbit in 35.800 km Höhe. Router als „ruhter“ oder „rauter“: Der Name „Wouter“ wird in den Niederlanden „Wauter“ gesprochen, und Tanenbaum arbeitet seit 30 Jahren an der Vrije Universiteit Amsterdam. Wäre sicherlich ein interessantes Feld für Linguisten.

WAN: Verbindung zweier Netze gleicher Technologie.

Starlink-Satelliten: 328km bis 614km Höhe, Phase 1: 550km

Übertragungsmedien

- Kupferkabel
- Glasfaser
- Mikrowelle

Welche fehlen noch?

Auf Flipchart

Übertragungsmedien

- Kupferkabel
- Glasfaser
- Mikrowelle

Welche fehlen noch?

Auf Flipchart

- Übung: Effektive Bandbreite Brieftaube mit 32GiB SD-Karte, 80km/h, 8 km Distanz.
- Übung Ozeantanker voller Mikro-SD-Karten? Tanker: 9000 Tonnen, Mikro-SD-Karte: 0.25 Gramm, 1 TiB Speicher. Wo liegt das Problem?

- Kupferkabel
- Glasfaser
- Mikrowelle

Welche fehlen noch?

Auf Flipchart

- Übung: Effektive Bandbreite Brieftaube mit 32GiB SD-Karte, 80km/h, 8 km Distanz.
- Übung: Ozeantanker voller Mikro-SD-Karten? Tanker: 9000 Tonnen, Mikro-SD-Karte: 0.25 Gramm, 1 TiB Speicher. Wo liegt das Problem?

Liste von Übertragungsmedien

- **Kupferkabel**
- **Glasfaser**
- **Mikrowelle**
- Radiowelle
- Brieftaube
- Ultraschall
- Quantenkommunikation
(Photonen \approx Licht)
- Richtfunk
- LTE
- Morsezeichen
- Post
- Lastwagen
- ...

Online-Pause

PAUSE

Kanalzuteilung

Statisch

- Feste Zeitscheiben (time slices), Round-Robin
- Feste Frequenzen
- Einzelne Kabel
- Ungenutzte Kapazität

Zentral

- Master/Slave, i.e. Bluetooth

Dynamisch

- An Bedarf angepasst
- Beispiel: Kollisionen erkennen und neu übertragen

Dezentral

- Jedes Gerät entscheidet

Hier in der Vorlesung?

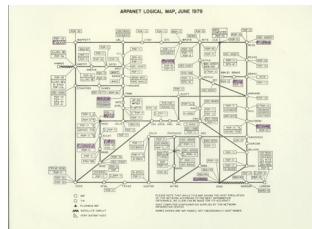
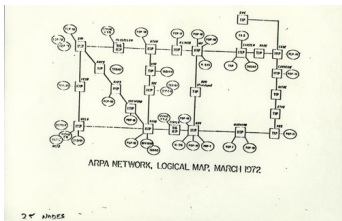
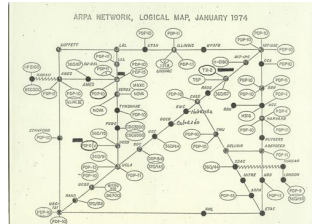
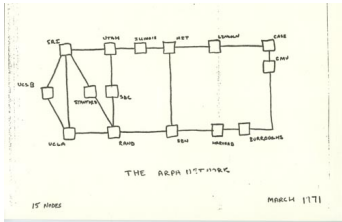
Zusammenfassung: Unterscheidung der Netze nach

- Ausdehnung (PAN, LAN, MAN, WAN, Internet)
- Struktur (Broadcast / Punkt-zu-Punkt)
- Kanalzuteilung (dynamisch/statisch, zentral/dezentral)

Beispielnetze

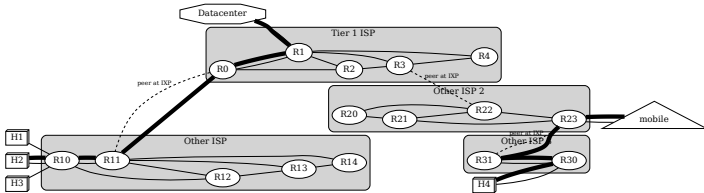
■ Grundinfos zu Netzen

Internet Entwicklung: ARPANET 1971, 1972, 1974, 1978



Aus ARPA (1979).

Heutige Internet Struktur



Nach Tanenbaum and Wetherall (2012).

WLAN

- Erstmals standardisiert 1990
 - In 802.11
- ISM Band: Industrial, Scientific, Medical.
 - Auch Schnurlose Telefone, Fernsteuerungen, Mikrowellenherde
⇒ Max-Distanz verringert Störungen

ITU: International Telecommunication Union

- Genf, Sonderorganisation der UN
- Internationale Zuweisung und Registrierung von Sende- und Empfangsfrequenzen
- Internationale Regelungen für die Nutzung von Frequenzen
- Internationale Zuweisung von Rufzeichenblöcken (Internationale Funk)
- Koordinierung der Entwicklung von Fernmeldeanlagen

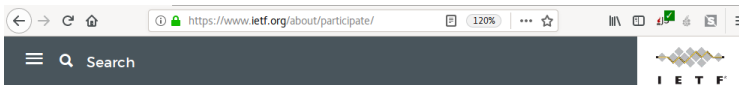
ISO: International Standards Organisation

- in Genf, besteht aus den nationalen Standardisierungsorganisation der 157 Mitgliedsländer
 - DIN - Deutschland,
 - ANSI - Vereinigte Staaten,
 - BSI - Großbritannien
 - AFNOR - Frankreich
 - ...
- über 17 000 Standards (z.B. Fischernetze), darunter die OSI Standards.

IETF: Internet Engineering Task Force

- offene, internationale Freiwilligenvereinigung von Netzwerktechnikern, Herstellern, Netzbetreibern, Forschern und Anwendern,
- Vorschläge zur Standardisierung des Internets.
- steht Allen offen
- keine förmliche Mitgliedschaft, Voraussetzung, Rechtsform
- Arbeitsgruppen (Working Groups) zu spezifischen Themen.
- Die Kommunikation und die Standardisierung findet über RFCs (Request For Comments) statt.
 - RFC sind frei erhältlich (www.ietf.org/rfc).

IETF Aufruf und Regeln



[Home](#) > [About](#) >

Participate in the IETF

Participation in the IETF is open to individuals willing to contribute technical expertise to help make the Internet work better.

The IETF has no formal membership, no membership fee, and nothing to sign. By participating, you do automatically accept the IETF's rules, including the rules about [intellectual property](#) (patents, copyrights and trademarks). If you work for a company and the IETF will be part of your job, you must obviously clear this with your manager. However, the IETF will always view you as an individual, and never as a company representative.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

- Berufsverband von Ingenieuren aus den Bereichen Elektrotechnik und Informatik mit Sitz in New York City.
- 38 Societies für Detailthemen.
- Beispiel: IEEE 802.11 (WLAN)

Fragen für die Prüfung?

Ideensammlung:

- Nennen Sie 3 Schichten aus dem Tanenbaum-Modell
- Nennen Sie ein Protokoll für jede Schicht
- Wozu dient ein Interface?

Selbststudium diese Woche

- NetComm: Task 1:
<https://dryads-wake.1w6.org/uebungen/2024/task1>
- Zeit: 1-6 Stunden. (in der entsprechenden Sprache)

Guten Einstieg ins Semester!



Lizenzen

- cc by 2.0:
<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>
- cc by 3.0:
<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>
- cc by 4.0:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- cc by-sa 4.0:
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Verweise I

anonymous munich. Anonymous project chanology - happy anonyversary on february 14th in munich, germany. <https://www.flickr.com/photos/anonymous-munich/3282278914>, cc-by, 2009.

ARPA. Arpanet logical maps (1969-1979). <http://www.computerhistory.org/collections/catalog/102646704>, 1979.

European People's Party. Angela merkel. <https://www.flickr.com/photos/eppofficial/13564824463>, cc-by, 2014.

Verweise II

Grüne Jugend Frankfurt am Main. Stammtisch der grünen jugend frankfurt. <https://www.flickr.com/photos/gruenejugendffm/6272541036>, cc-by, 2010.

Pam A. Mueller and Daniel M. Oppenheimer. The pen is mightier than the keyboard: Advantages of longhand over laptop note taking. *Psychological Science*, 25(6):1159–1168, 2014. doi: 10.1177/0956797614524581. PMID: 24760141.

Faria Sana, Tina Weston, and Nicholas J. Cepeda. Laptop multitasking hinders classroom learning for both users and nearby peers. *Computers & Education*, 62:24 – 31, 2013. ISSN 0360-1315. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.003>.

Verweise III

Andrew S. Tanenbaum and David J. Wetherall. *Computernetzwerke*
-. Pearson, München, 5 edition, 2012. ISBN 978-3-868-94137-1.