

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

Heute: Übersicht.



Arne Babenhausenheide

- Physik (Dipl., Dr., Quellen u. Senken von CO2)
Seit 2004 p2p Netze, seit 2013 Freenet / Hyphanet
Seit 2017 Softwareentwickler bei Disney
Scheme, Python, Java, JS, Ruby, Fortran, Bash, Emacs, ...
Kontakt: ... (in der Vorlesung)

Vorlesungen

Übersicht -> Bitübertragung -> Sicherung -> MAC -> Vermittlung -> Transport -> Anwendung 1 -> Anwendung 2

Carlo Götz

- Vorlesung mitentwickelt, bis 2020 mitgehalten
An DHBW studiert
Bis 2023 Softwareentwickler bei Disney Informationssysteme GmbH

Vorlesungsinfos

draketo.de/software/vorlesung-netztechnik

Quelldateien

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

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Meine Ziele für die Vorlesung

Erfahrung

Sie haben Erfahrung mit Netztechnik gesammelt und können sich in jede Schicht einarbeiten.

Überblick

Sie erkennen die wichtigsten Dienste aller Schichten und können ihre Eigenschaften und Aufgaben nennen. Sie haben eine konkrete Vorstellung des Weges von REST Client oder IMAP über DNS und IP, durch TCP, Fehlerkorrektur und Netzverbindung, bis hinunter auf die analoge Bitübertragung.

Verständnis

Sie können die Optimal-Leistung von Anwendungen abschätzen. Beispiel: Why your website should be under 14kB in size.

Anforderungen während der Vorlesung

Aufwand

- Präsenz: 8 Blockvorlesungen
Selbststudium

Übungen

- Zur Unterstützung des Selbststudiums
Gruppen bis zu 3 Leuten

Klausur

- 90 Minuten
Notwendig laut Modulplan

Fragen für die Prüfung

- Am Ende jedes Vorlesungstages sammeln
Möglichst viele kommen in die Klausur
Effizientes Review zum Lernen

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

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Slide content: Netztechnik 0: Übersicht, Einstieg, Erwartungen

Slide content: Netztechnik 0: Übersicht, Einstieg, Meine Fragen

Slide content: Netztechnik 0: Übersicht, Einstieg, Meine Fragen

Sammeln (Cryptpad - bleibt für die gesamte Vorlesung)

Ansprache

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

Ihre Erfahrungen?

- Netztechnik
Vorherige verwandte Kurse
Sprachen

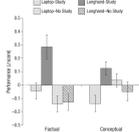
Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

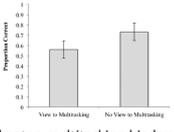
Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Laptops in Präsenz: Eigenverantwortlich

Notizen



Ablenkung



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

"Laptop multitasking hinders classroom learning for both users and nearby peers" - Sana et al. (2013)

z-score: Z = (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!).

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Slide content: Netztechnik 0: Übersicht, Einstieg, Materialien

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.
Die 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.

Einsatz von Netztechnik

Privat

- Was war letzten Sommer ohne Netz?

Unternehmen

Wer könnte bei Ausfall des Internen Netzes noch arbeiten?

Warnungen: VW, MS Cloud, Bundestag

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Slide content: Netztechnik 0: Übersicht, Einsatz, Einsatz von Netztechnik

Privat:

- connectivity: Metcalfe's 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 Verkauf

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

Navigation bar with tabs: Einsatz, Software, Referenzmodelle, Hardware, Geschichte, Standards, Zusammenfassung, Selbststudium

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/FJUN8pNPLAODisDhQ1quCel>

Sensornetze

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

Beispiele

- Stau-Information aus Handy-Bewegung
- Vogelschwärme 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?

Gesellschaftliche Aspekte

Freier Austausch

- Ende der Informationshoheit?
 - ... oder Beginn einer Neuen?
- Recht und Redefreiheit
 - Urheberrecht
- Kontroverse Themen
- Werbefinanzierung und Engagement-Metrik
 - Früher Dienste von ISP
- Spam und Bots

Verantwortung

- Netzneutralität
- Empfehlungen und Filter
- Datenschutz und Privatsphäre
- Überwachung
- Sicherheitskritische Dienste
- Betrug
- Sucht
- Mobbing



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

Beleg: Groklaw-Schock

"There is now no shield from forced exposure... The foundation of Groklaw is over... the Internet is over" -Groklaw, *Forced Exposure* (2013-08-20)

Neue Plattformen werden entwickelt. Aber: <https://akcd.com/2365>

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

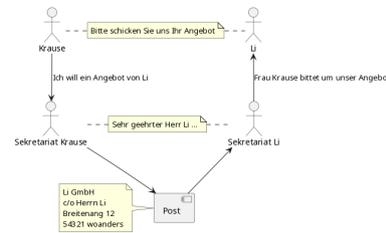
Netz-Software

- Schichten
- Unterscheidung
- Entwurfsaspekte
- Basisoperationen

Ziele

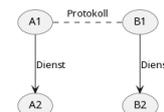
- Sie können zwei Entwurfsaspekte von Schichten mit jeweils zwei Aufgaben nennen.
- Sie können die Basisoperationen eines Sockets erkennen, beschreiben und nach Ausführungszeit anordnen.
- Sie können den Unterschied zwischen Dienst und Protokoll erklären.

Funktionsweise von Schichten

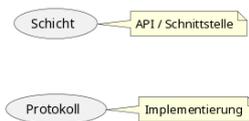


Mehrstufige Abstraktion

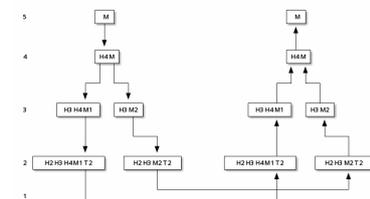
- Von tief (z.B. Kabel) bis hoch (z.B. Datei von URL)
- Tiefer liegende Schichten als Dienste
- Innerhalb der Schicht über Protokolle
- Ziel: Verlässliche Übertragung auf fehlerbehaftetem Medium
- Leaky Abstraction: Optimierung auf das Verhalten tieferer Schichten (z.B. Sharding im Webdesign)



API vs. Implementierung



Schichten praktisch



Unterscheidung von Diensten

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

Online-Pause

Entwurfsaspekte auf jeder Schicht

Zuverlässigkeit	Weiterentwicklung
Resourcenzuteilung	Sicherheit

Entwurfsaspekte auf jeder Schicht

Zuverlässigkeit	Weiterentwicklung
Resourcenzuteilung	Sicherheit

PAUSE

Netz-Hardware

- Ausdehnung: PAN, LAN, MAN, WAN, Internet
- Übertragungsmedien
- Struktur: Broadcast oder Punkt-zu-Punkt?
- Kanalzuteilung

Ausdehnung

1m	PAN	Bluetooth, RFID, USB
10m	LAN	Ethernet, Fernbedienung, WLAN
100m		Heimnetze: Sicherheit+Einfachheit
1km	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

2025-10-01

Netztechnik 0: Übersicht

- Hardware
- Ausdehnung

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. Ware 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.

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?

2025-10-01

Netztechnik 0: Übersicht

- Hardware
- Übertragungsmedien

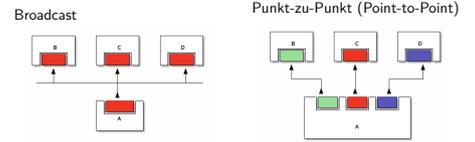
Liste von Übertragungsmedien

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

Online-Pause

PAUSE

Struktur



Kanalzuteilung

Statisch

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

Dynamisch

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

Zentral

- Master/Slave, i.e. Bluetooth

Dezentral

- Jedes Gerät entscheidet

Hier in der Vorlesung?

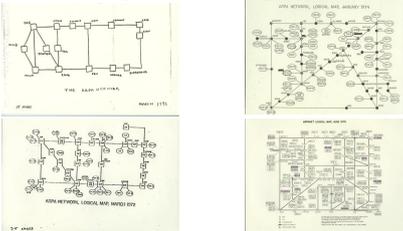
Zusammenfassung: Unterscheidung der Netze nach

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

Beispielnetze

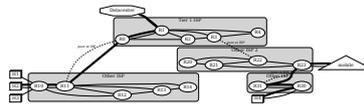
- Grundinfos zu Netzen

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

Standardisierung von Netzen

- Telekommunikation
- Internationale Normen
- Internetstandards
 - IETF
 - IEEE

ITU: International Telecommunication Union

- Genf, Sonderorganisation der UN
- Internationale Zuweisung und Registrierung von Send- 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.

