

Vorlesung RECHNERNETZE

Prof. Dr. S. Kühn

Fachbereich Informatik/Mathematik

Tel: 4622490

Raum: S 315a

Sprechzeiten: auf Anfrage

Email: sabine.kuehn@htw-dresden.de

1. Einführung

1.1 Motivation und Umschau

Spektrum von Rechnernetzen/ Anwendungsszenarien
Entwicklungen/ Trends / Prognosen
Aufgaben/ Ziele und Definition eines Rechnernetzes

1.2 Übersicht über die Lehrveranstaltung

Lernziele
Organisatorisches
Vorlesungsinhalte, Literatur

1.3 Taxonomie von Rechnernetzen

Rechnernetzstrukturen, Übertragungsmodi
Ausdehnung, Kommunikationsteilnehmer

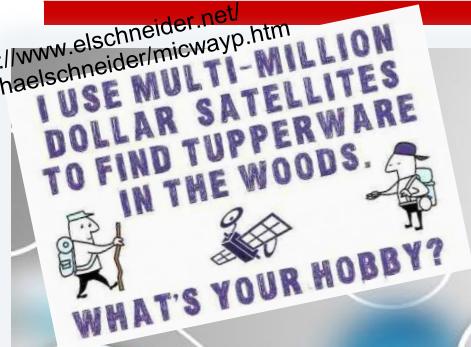
1.4 Kenngrößen von Rechnernetzen

1.5 Netzarchitekturen

OSI-Referenzmodell, Internetarchitektur

1.1 Motivation und Umschau

<http://www.elschneider.net/michaelschneider/micwayp.htm>



Internet



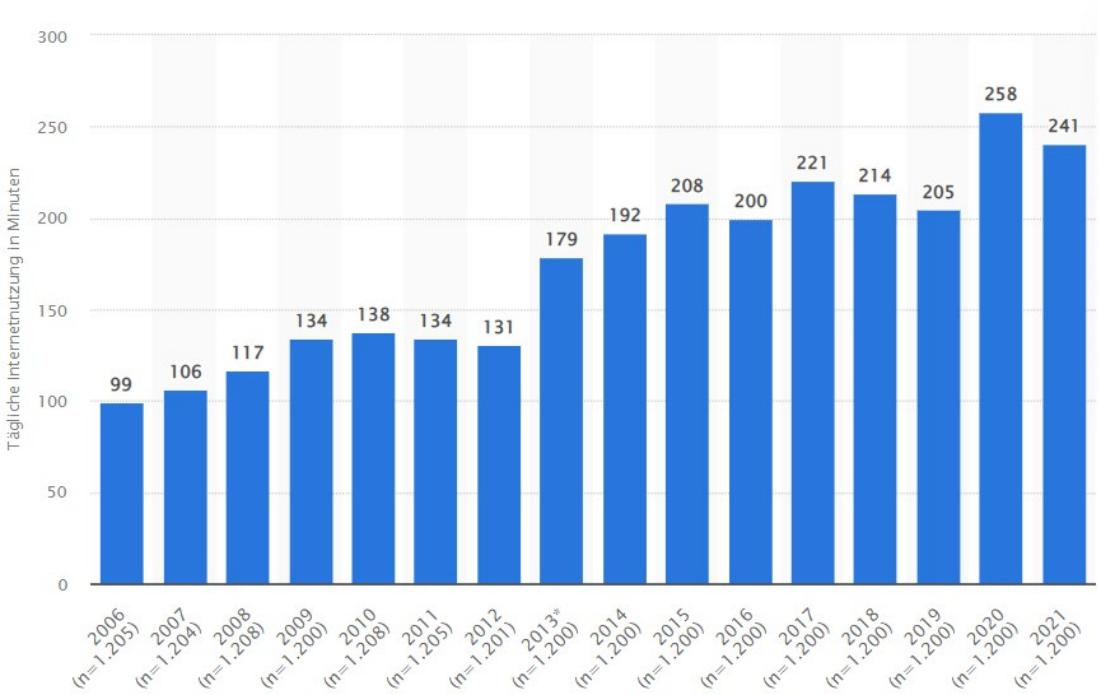
Self driving car

http://www.t-online.de/computer/hardware/wlan-dsl/id_63675910/telekom-startet-wlan-to-go-groesstes-wlan-netz-deutschlands.html



Umschau: Aktuelles und Geschichtliches...

Tägliche Dauer der Internetnutzung durch Jugendliche in Deutschland in den Jahren 2006 bis 2017 (in Minuten)



<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/168069/umfrage/taegliche-internetnutzung-durch-jugendliche/>

"Es gibt keinen Grund, warum jeder einen Computer zu Hause haben sollte"

Ken Olsen, Gründer von Digital Equipment Corp. im Jahr 1977

„Es gibt praktisch keine Möglichkeit, um Kommunikationssatelliten im Weltall zu verwenden, um besser Telefon-, Telegraph-, Fernseh- und Radiodienste in den USA zu ermöglichen“.

T. Craven, FCC Commissioner im 1961

"Ich denke, dass es weltweit einen Markt für vielleicht fünf Computer gibt".

Thomas Watson, Chairman von IBM, im Kriegsjahr 1943

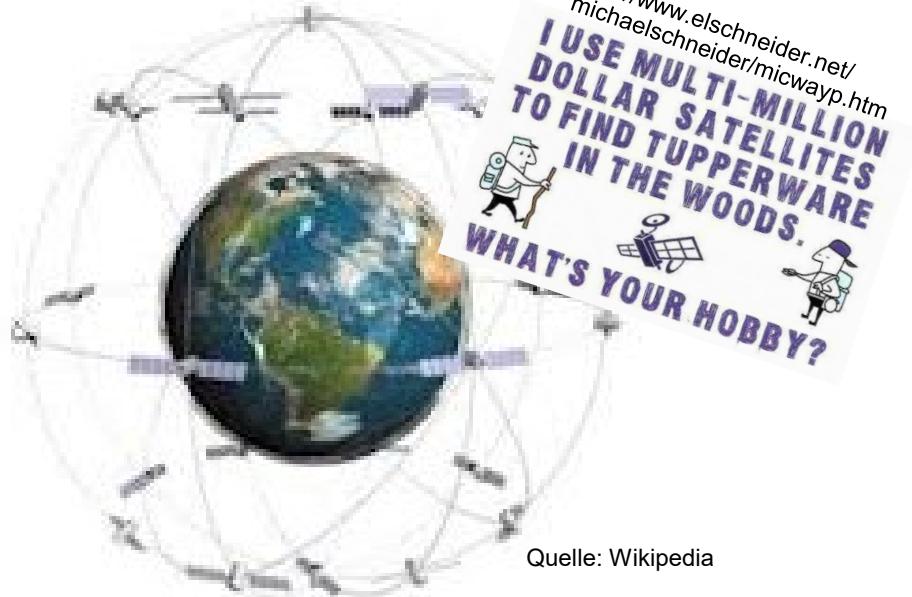
Entwicklung des Internet

1970	ARPANET (ca. 10 Rechnernetze), 50 kbit/s-Leitungen
1973	TCP/IP, Internetzwerk-Architektur
1974-75	Verbesserte TCP/IP-Versionen, PRNET (Packet Radio), 100 kbit/s SATNET (Satellite Net), 64 kbit/s, (USA, Deutschland, Italien etc.)
1979	ARPA ICCB (Internet Configuration Control Board)
1980	Internet-kompatible lokale Netze
1983	TCP/IP als Standard, einfachere Netzkopplung
1984	Abspaltung des MILNET; Spezielle Förderung des CSNET (Comp. Science Net)
1985	IAB (Internet Activity Board) mit Task Forces als Ersatz für ICCB, neue Netze in Europa etc.
1989	IAB aufgeteilt in IETF (Internet Engineering Task Force) und IRTF (Internet Research Task Force)
1990	NSFNET (National Science Foundation Net) mit bis zu 1,5 Mbit/s als Ersatz für ARPANET
1992	WWW (World Wide Web); Internet Society (starke Industriebeteiligung)
1995	Neue Protokolle (IP next generation etc.)
1996	Weitere Internet-Provider, zunehmende kommerzielle Nutzung
1999	Zunehmende Verbreitung von Electronic Commerce und Multimedia
2000	Weitere deutliche Leistungserhöhung; Gigabit-Wissenschaftsnetz
2001	Zunehmender Einsatz optischer Netze, WDM (Wave Division Multiplex)
2004	Immer mehr Anwendungen: Facebook • 2005: YouTube • 2006: Twitter
2007	Mobile Web wird Mainstream (nach Apples iPhone Einführung)
2008	InterPlanetary Internet

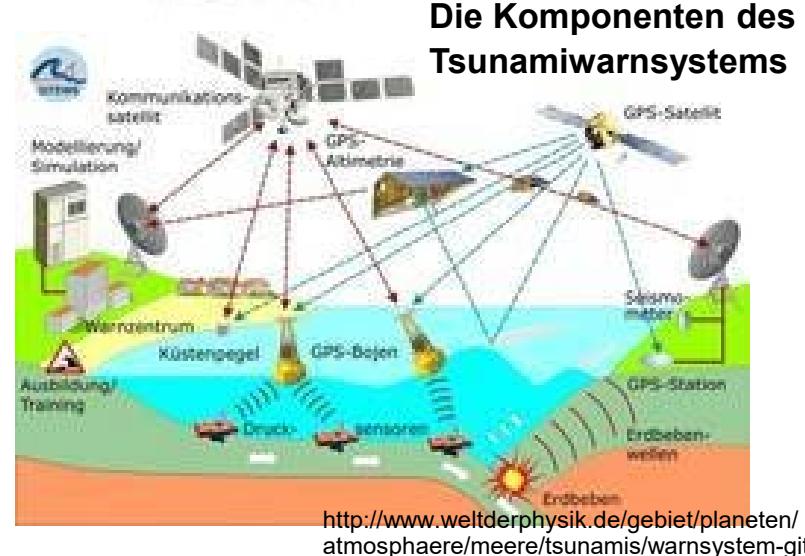
Spektrum von Rechnernetzen/ Anwendungsszenarien I

- Satellitennavigationssysteme - Medium Earth Orbit (MEO)
 - Global Positioning System (GPS)
 - Galileo (Ende 2016 offiziell in Betrieb, 2020 Endausbau mit 24 plus sechs Reserve-Satelliten) – Full Operational Service Datum nicht bekannt)
 - Glonass

- Satellitenkommunikationssysteme
 - Globalstar (LEO)
 - TV-Übertragung via Astra oder Eutelsat (GEO),
 - Inmarsat (GEO)
 - Satellitentelefonie via Iridium (LEO)

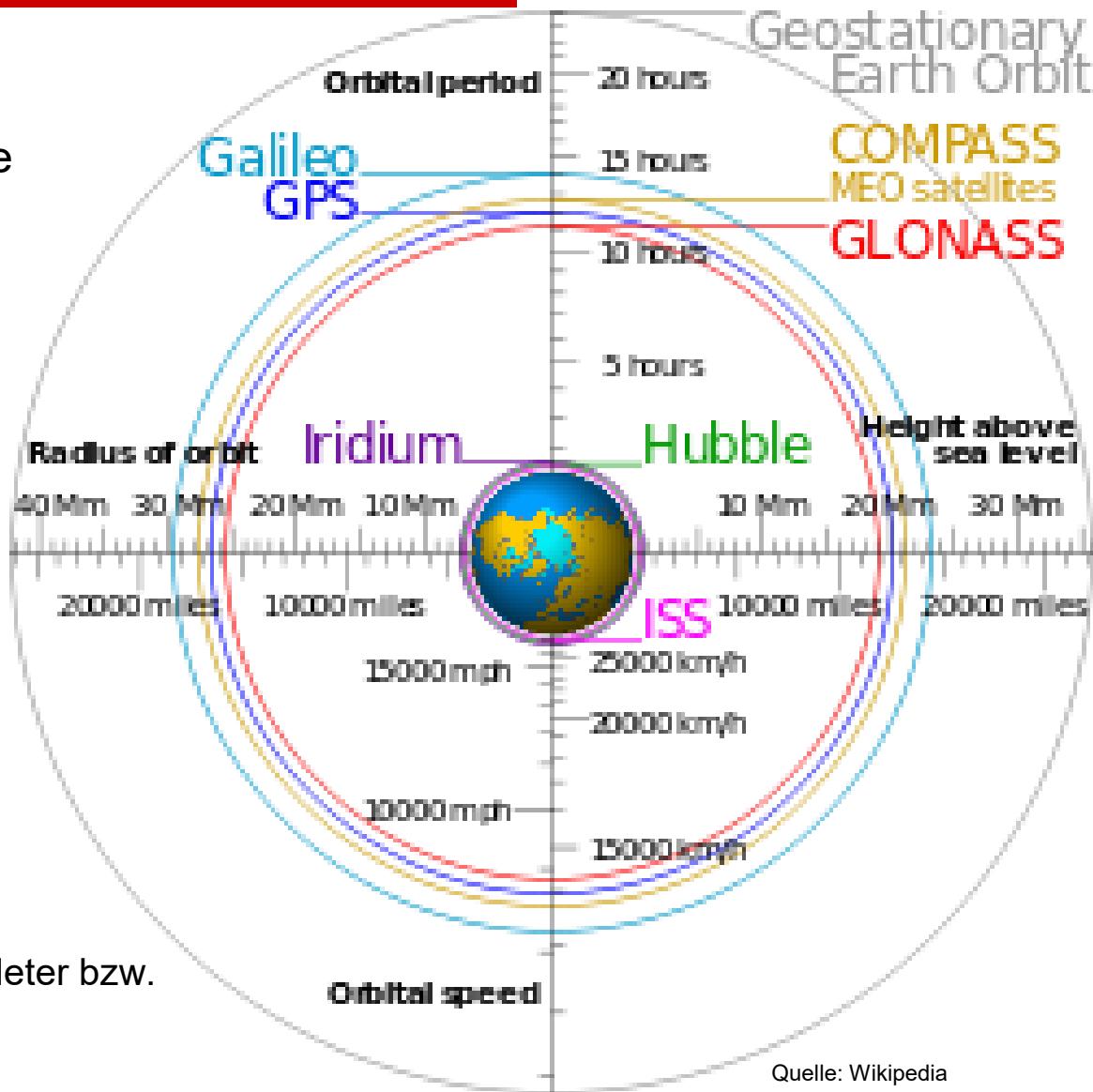


Quelle: Wikipedia



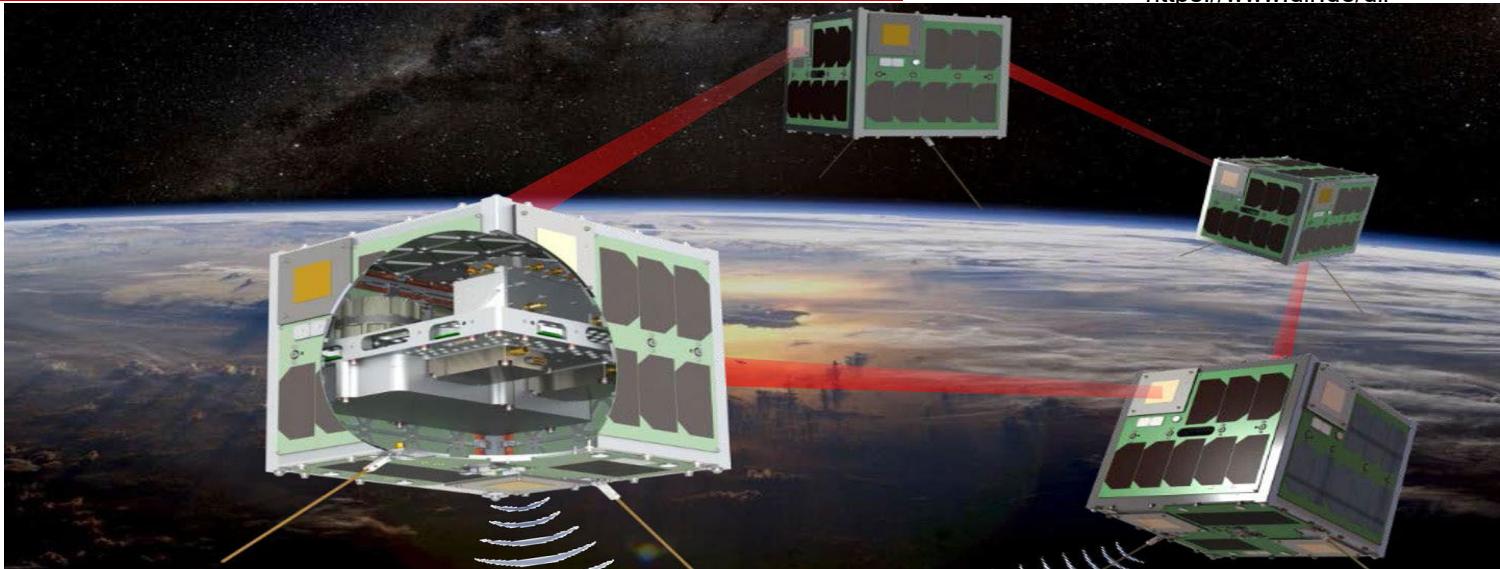
Spektrum von Rechnernetzen/ Anwendungsszenarien

- Satellitensysteme im Vergleich



S-NET: Weltraumnetzwerk aus Nanosatelliten

<https://www.dlr.de/dlr>



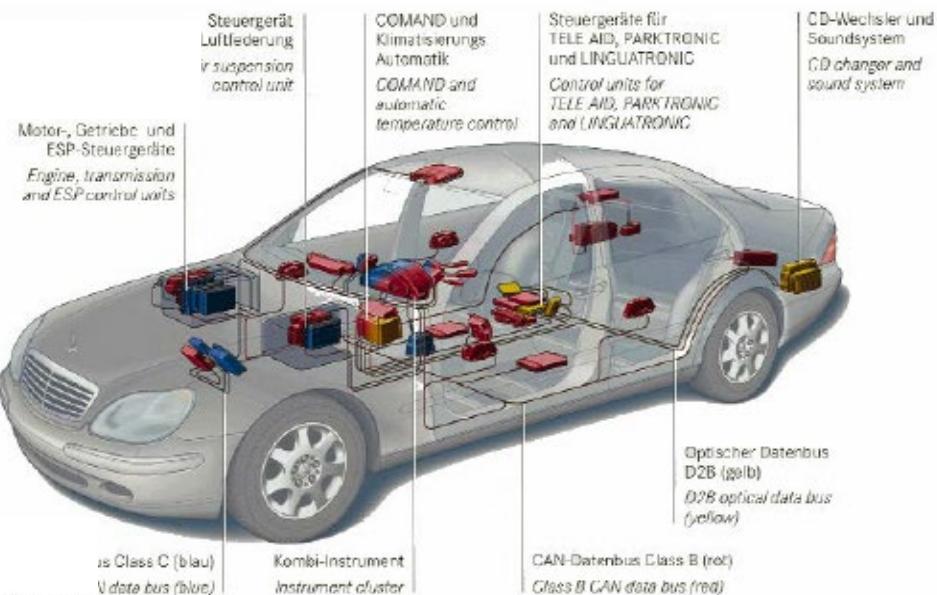
Vorteile solcher Satellitenkonstellationen (LEO ca. 400 km von Erde):

- durch gezielten Austausch von Informationen untereinander höhere örtliche und zeitliche Abdeckung der Erdoberfläche möglich als größere Einzsatelliten
- eventueller Ausfall eines einzelnen Satelliten innerhalb eines autonomen Netzwerks besser kompensierbar
- Daten und Signale viel schneller an die Empfangsstationen auf der Erde übermittelbar, statt Tagen nun in wenigen Stunden, daher bessere Vorhersage bei Notfällen wie Naturkatastrophen möglich

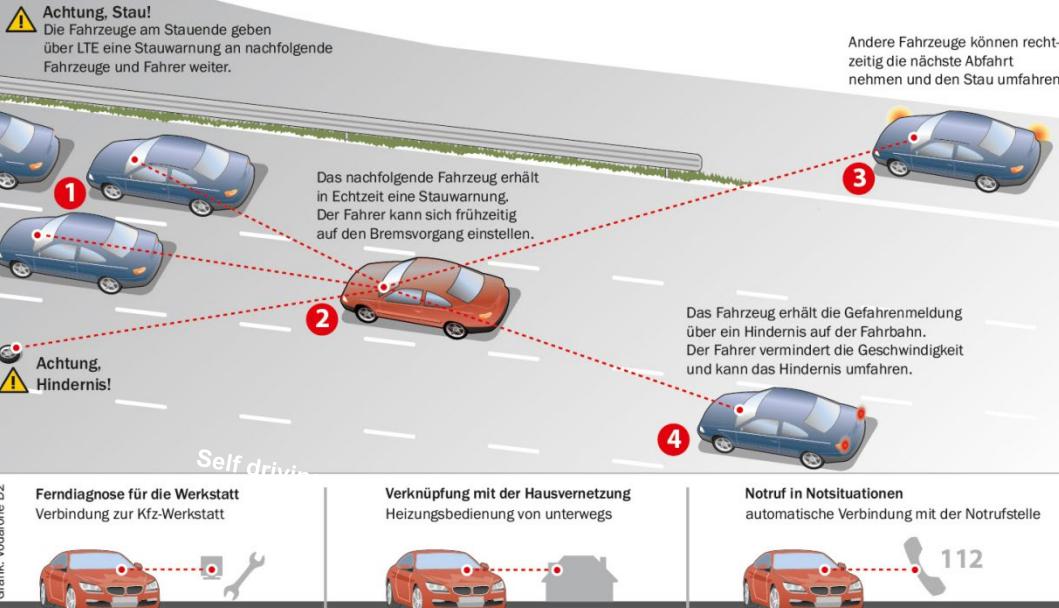
Spektrum von Rechnernetzen/ Anwendungsszenarien II

□ Vernetzung im Fahrzeug

- Spurhaltesysteme und Kreuzungsassistenten mittels Radar- / Ultraschallsensoren u. Stereokamera



Sprechende Autos – Fahrzeugvernetzung per Mobilfunk



□ Vernetzung von Fahrzeugen

- Fahrzeug-Cloud-Service:
Austausch von Informationen zwischen Autos (Gefahrensituation)

Aktuelle Situation in Deutschland

- Keine flächendeckende Versorgung mit mobilem Internet
- Bei bestehender Infrastruktur wäre maximale Geschwindigkeiten nur bis 30 km/h möglich



Autonomer Stop-and-Go-Verkehr: Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit der Datenverbindung sind essenziell für autonomes Fahren

Bild: Oliver Schrott Kommunikation,

Quelle: <https://www.welt.de/wirtschaft/bilanz/article176484041/Autonomes-Fahren-Deutschlands-mobiles-Internet-zu-lahm-fuer-selbstfahrende-Autos.html>

Aktuelle Situation in Dresden



Bundesnetzagentur

Start

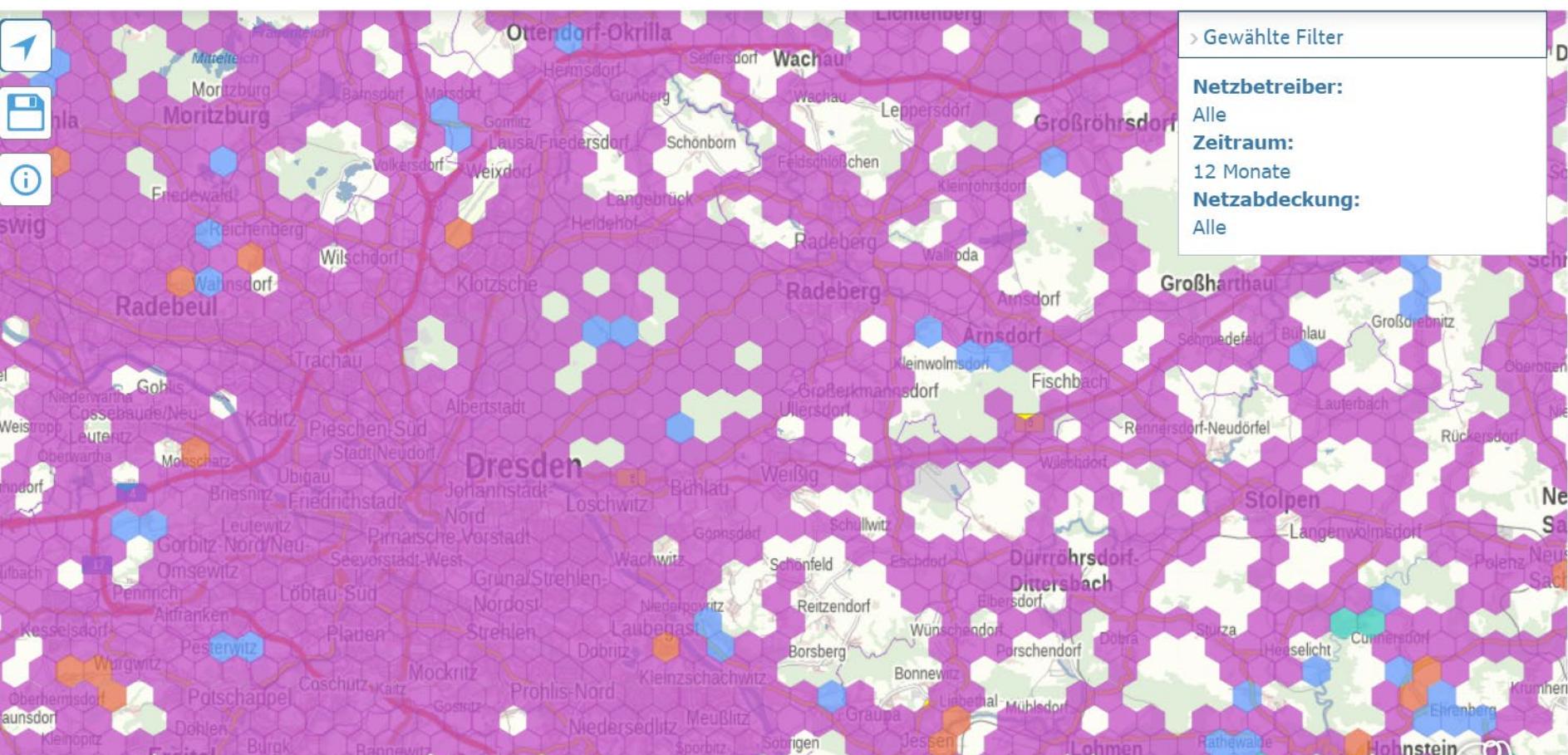
Breitbandmessung

Funkloch-Karte

Mobilfunk-Monitoring

Infrastrukturlas

Marktdaten



Legende Häufigste Netztechnologie (Anzahl Messpunkte)

kein Empfang

2G

4G

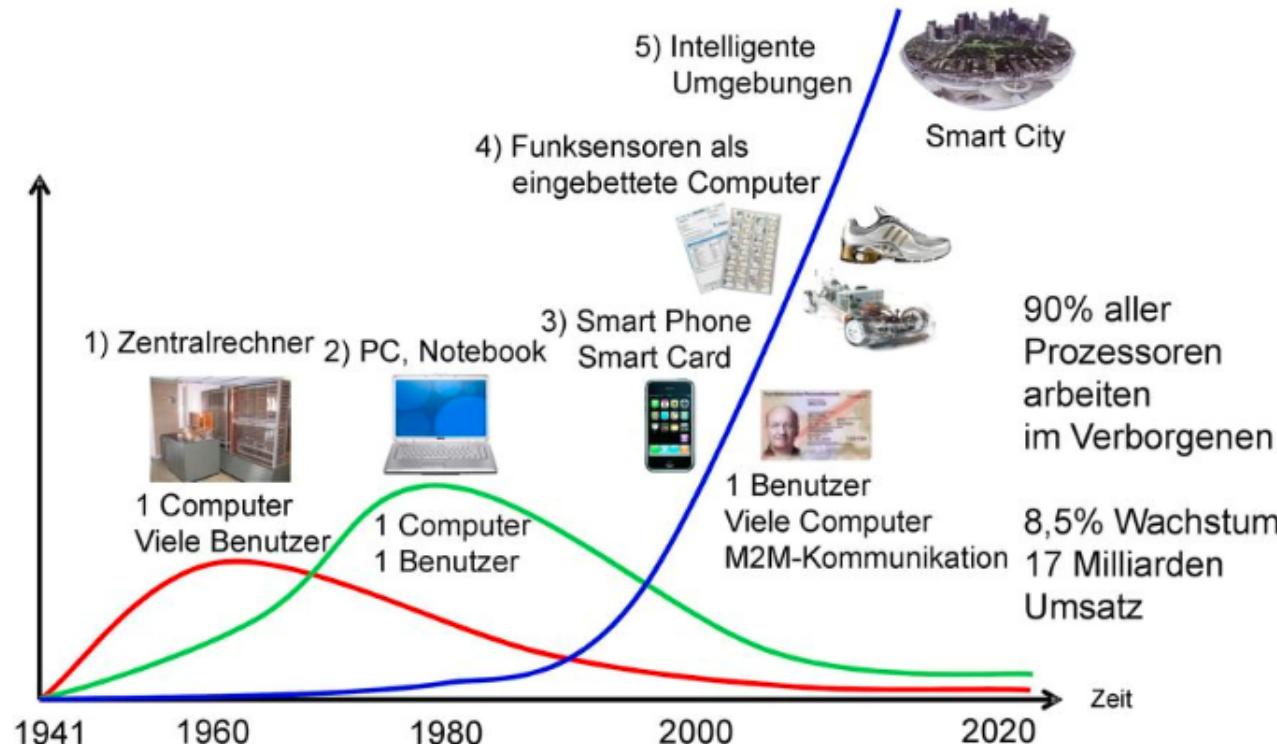
5G

Spektrum von Rechnernetzen/ Anwendungsszenarien III

Das Internet der Dinge: Alltagsgegenstände und mobile Geräte werden vernetzt und mit bestehenden Netzwerken nahtlos verbunden
→ Dezentralität, Einbettung, Mobilität, (spontane) Vernetzung

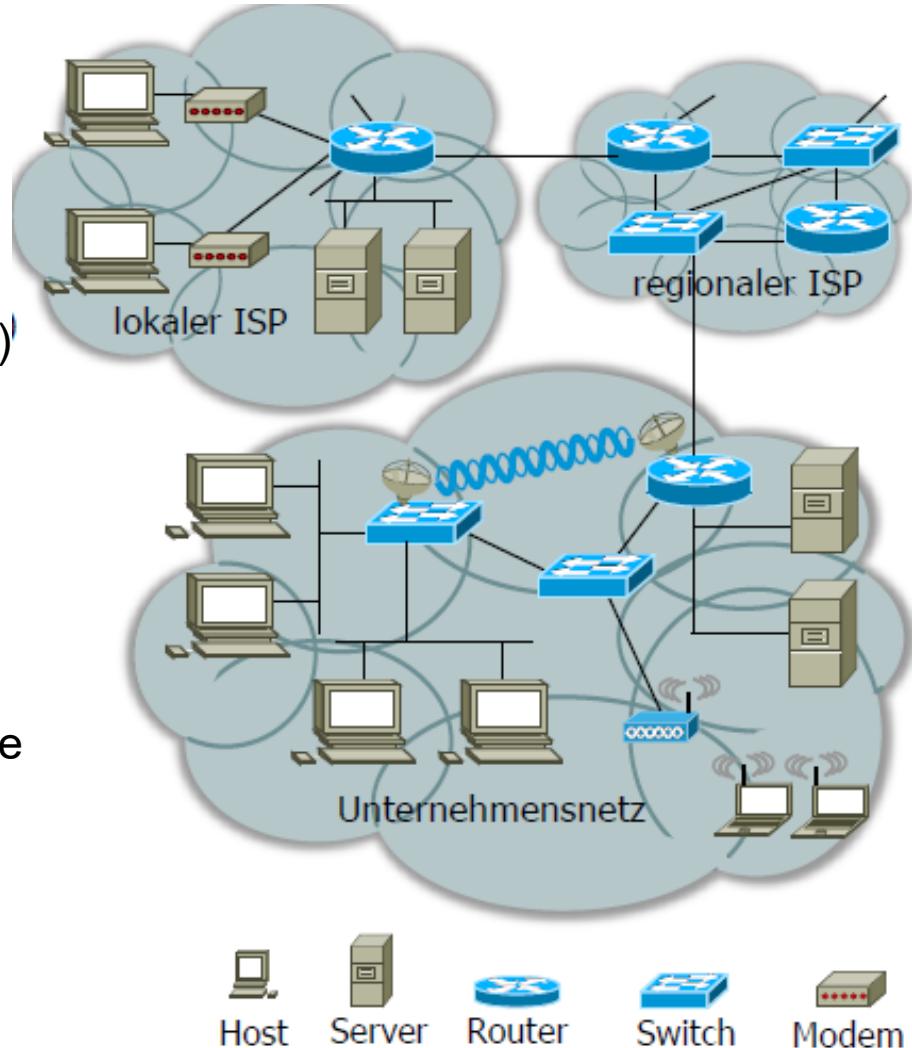
Vom Zentralcomputer über den PC und eingebettete Systeme zur intelligenten Umgebung

INNOVATION



Spektrum von Rechnernetzen/ Anwendungsszenarien V

- Struktur IP-Netz (Internet) zur Kommunikation zwischen Anwendungen auf **Endsystemen** (Host, Server)
 - Verwendung von **Internet-Protokollen** (u.a. TCP, UDP, IP) und weiteren (z.B. Ethernet, WLAN)
 - Infrastruktur besteht u.a. aus **Vermittlungseinheiten** (Switches, Router), Funkbasisstationen, Modems
 - leitungsgebundene und drahtlose Verbindungen (**Verkabelung**)
 - Unterscheidung von Zugangsnetz und Kernbereich
 - Internet Service Provider (ISP)



Entwicklungen/ Trends/ Prognosen (I)

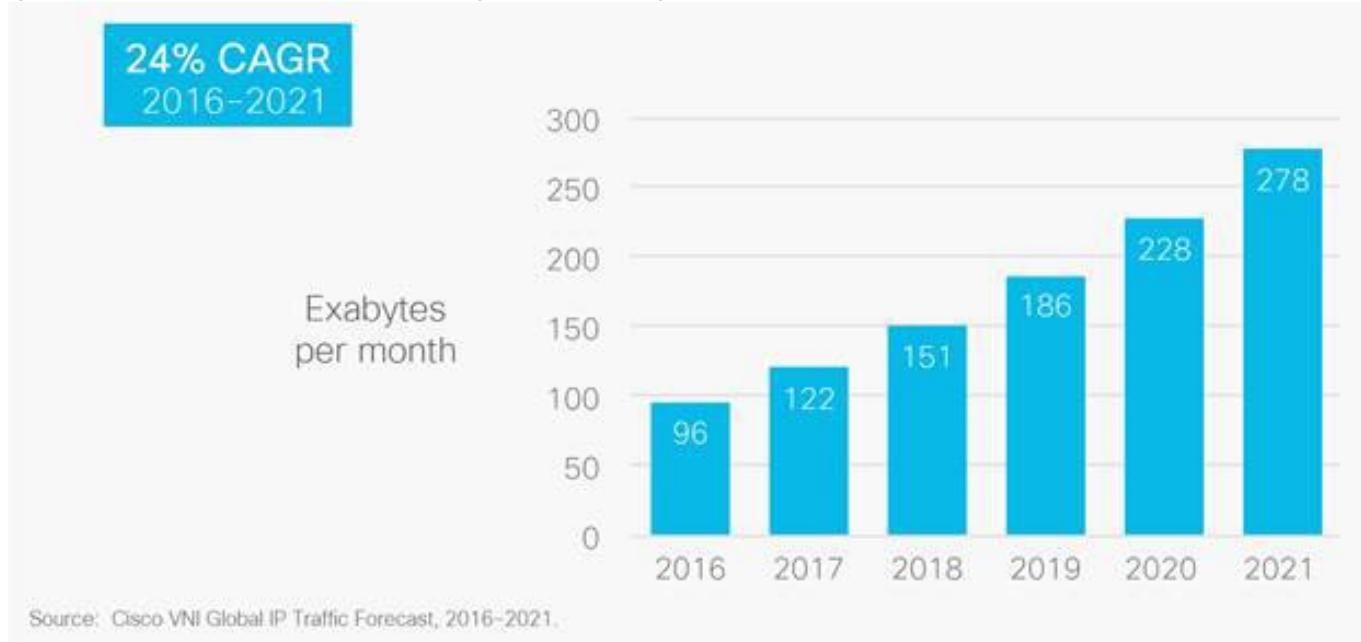
Prognosen: **weltweites Datenaufkommen im Internet**

2016: 1.2 Zettabytes/ Jahr

2021: 3,3 Zettabytes/ Jahr bzw. 278 Exabytes/ Monat (s. Abb.)

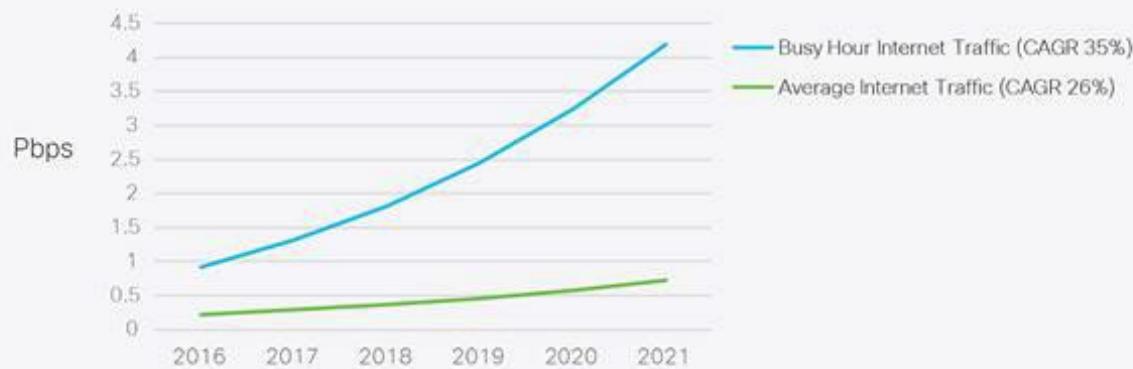
Zur Erinnerung: $M \sim 10^6$ $G \sim 10^9$ $T \sim 10^{12}$ $P \sim 10^{15}$ $E \sim 10^{18}$ $Z \sim 10^{21}$ $Y \sim 10^{24}$
Mega Giga Tera Peta Exa Zetta Yotta

(CAGR - compound annual growth rate)



Quelle der Abbildungen bis Folie 15: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/vni-hyperconnectivity-wp.html>

Entwicklungen/ Trends/ Prognosen (II)

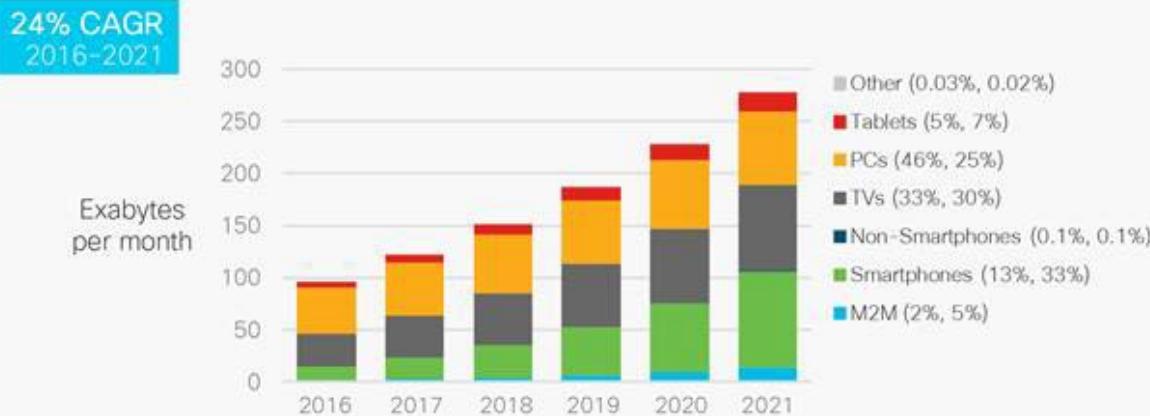


Source: Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2016-2021.

Trends:

Busy Hour Datenverkehr wächst schneller als das mittlere Datenaufkommen

Frage: Warum? Welche Auswirkungen hat dies auf die Netze?



Figures (n) refer to 2016, 2021 device share.

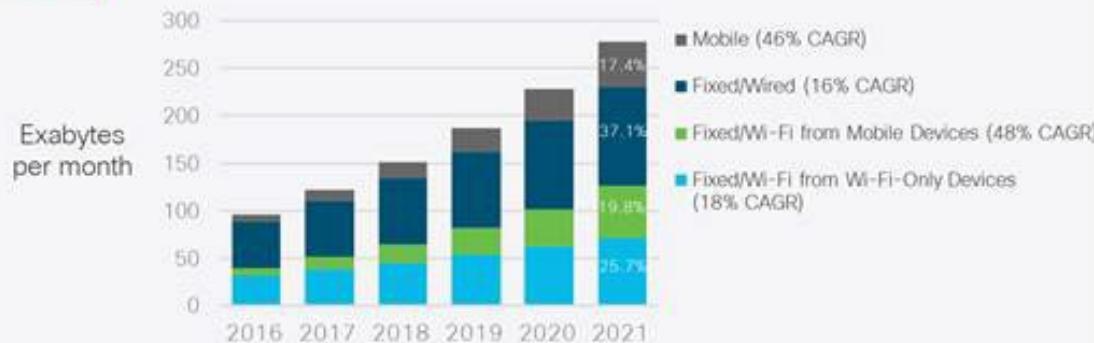
Source: Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2016-2021

Die Diversität der Endgeräte wächst; ebenso beeinflusst der Multi-Geräte-Besitz die Zusammensetzung des Datenverkehrs.

Insgesamt wächst der mobile Datenverkehr zweimal schneller als der Festnetzverkehr

Entwicklungen/ Trends/ Prognosen (III)

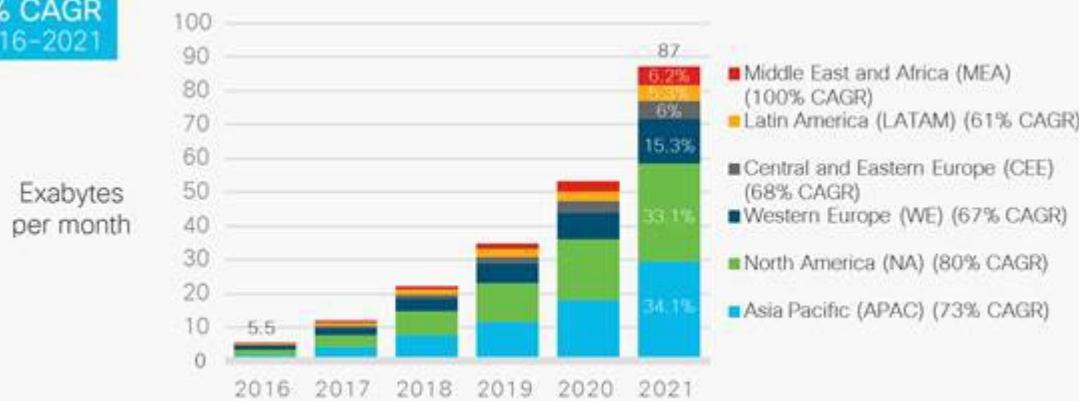
24% CAGR
2016-2021



* Wireless traffic includes Wi-Fi and mobile.

Source: Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2016-2021.

74% CAGR
2016-2021



Source: Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2016-2021.

Datenaufkommen mobiler und portabler Geräte übersteigt 2021 das der festen Endgeräte.

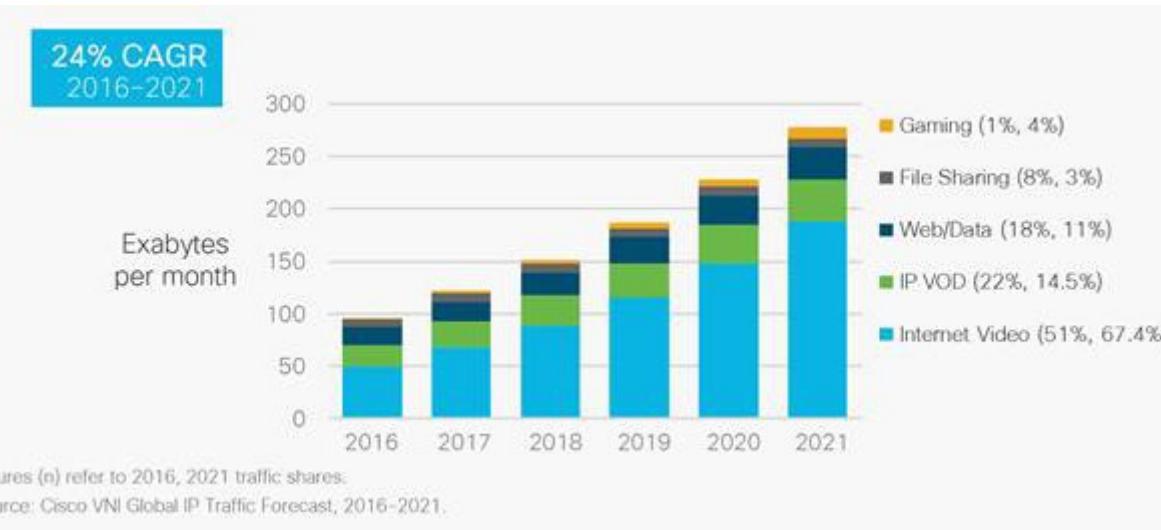
Die Anzahl der IPv6 fähigen Endsysteme (und Netzwerke) wird sich um ca. 74 % erhöhen.

Entwicklungen/ Trends/ Prognosen (IV)



Abb. oben: Zunahme von CDN immer näher am Endkunden begünstigt „kürzere“ Latenzen und höhere Videoqualität.

Abb. links: 2017 sind 73% des gesamten IP Datenverkehrs IP Videodaten, 2021 bereits über 80%



Definition und Rechnernetzes

Aus den betrachteten Anwendungsszenarien lassen sich folgende Definition und nachfolgende Ziele definieren:

Unter einem **Rechnernetz** verstehen wir eine Ansammlung mehrerer autonomer Knoten, die durch ein Kommunikationssystem zum Zwecke des Datenaustausches miteinander gekoppelt sind.

Knoten: Rechner, aber auch Sensoren, Aktoren, funktechnologische Komponenten usw.

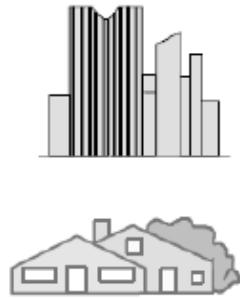
Kopplung: elektrische Leitung, Lichtwellenleiter, Rundfunk, Richtfunk, Satellitenfunk

Aufgaben/ Ziele von Rechnernetzen (I)

Ziele:

- Gemeinsame Ressourcennutzung, Kosteneinsparung
- Hohe Zuverlässigkeit durch Redundanz
- Parallele Verarbeitung, Lastausgleich
- Überwinden von Distanzen

Informationszugriff



Information
Unterhaltung

Visuelle Kommunikation



Bildtelefon
Videokonferenz

Geschäftsbereich

- Datenbanken, Informationszugriff
- Dateitransfer, Backups
- Büroanwendungen
- Steuerung/ Überwachung
- Multimedia-Anwendungen

Privatbereich

- Entfernter Informationszugriff z.B. online-Dienste, WWW
- Persönliche Kommunikation z.B. Email, Audio/ Video-Konferenz
- (Interaktive) Unterhaltung z.B. Spiele, Video-on-Demand

Aufgaben/ Ziele von Rechnernetzen (II)

- Gemeinsame Aspekte trotz Technologievielfalt
 - **Netztopologie**: Anordnung der Kommunikationsgeräte
 - **Hierarchisierung in Protokollsichten**, Beschreibung von Nachrichtenformaten und Protokollverhalten
 - **Adressierung**, Wegesuche und Weiterleitung von Nachrichten
 - **Flusskontrolle**: Optimierung der Senderate ohne Empfänger zu überlasten
 - **Überlastkontrolle**: Verschonung des Netzes vor Überlast
 - **Fehlersicherung**: Ausgleich von Bitfehlern und Verlusten
 - **Medienzugriff**: Koordination des Zugriffs mehrerer Sender auf gemeinsames Medium
 - **Bitübertragung**: Kodierung und Modulation
 - **Netzwerksicherheit**: Verschlüsselung, Authentifizierung etc.
 - **Leistung**: erreichbare Durchsätze und Verzögerungszeiten
 - **Zuverlässigkeit**: Wahrscheinlichkeit von Ausfällen

Anforderungen an Rechnernetze

- Offenheit und Integrierbarkeit, zur Behandlung der Heterogenität,
- Flexibilität und Skalierbarkeit, um die Evolution des Systems zu unterstützen
- Modularität; wichtige Grundvoraussetzung für die Flexibilität,
- Verwaltbarkeit und Bezahlbarkeit,
- Sicherstellung von Dienstqualitäten.
- Sicherheit und
- Transparenz.

1 Einführung

1.1 Motivation und Umschau

Spektrum von Rechnernetzen/ Anwendungsszenarien
Entwicklungen/ Trends / Prognosen
Aufgaben/ Ziele und Definition eines Rechnernetzes

1.2 Übersicht über die Lehrveranstaltung

Lernziele, Fragestellungen
Organisatorisches
Vorlesungsinhalte, Literatur

1.3 Taxonomie von Rechnernetzen

Rechnernetzstrukturen, Übertragungsmodi
Ausdehnung, Kommunikationsteilnehmer

1.4 Kenngrößen von Rechnernetzen

1.5 Netzarchitekturen

OSI-Referenzmodell, Internetarchitektur

Inhalte/ zentrale Fragen der Vorlesung

Inhalte Rechnernetze (3. Semester):

- Grundlagen von lokalen und weltweiten (IP – basierten) Datennetzen.
- Funktionsweise vom Internet und Intranets.
- Erkennen von Zusammenhängen und Querbeziehungen.

Zentrale Fragen:

- Welche Netztechnologien ermöglichen die weltweite Vernetzung?
- Welche Protokolle, Netzkomponenten und Übertragungssysteme sind erforderlich?
- Welche Mechanismen gewährleisten die hochqualitative Kommunikation?
- Welche Abläufe sind bei Websurfen, Emails oder Multimedia involviert?

Organisatorisches

- **Material:** Folien der Vorlesung und Übung als Quelle zur eigenständigen Nachbereitung des Stoffs: <https://www2.htw-dresden.de/~skuehn/>
- **Praktikum** teilweise seminaristisch in Präsenz, zum Teil Übungen auch als Youtube-Video
- **Beleg:**
 - Programmieren einer verteilten Anwendung
 - Ausgabe der Aufgabe in 48./49. KW
 - Gruppenstärke: offen
 - Abnahme 4. KW 2023
- **Prüfung:**
 - schriftl. 90 min. ohne Unterlagen
 - Probeklausur zum Semesterende
 - Benotung: 30% Belegnote und 70% Klausurnote

Stundenplanänderungen für Seminare

Stundenplanänderungen

- Keine Seminare/Praktika in 40. KW
- IW B2 (62):
 - statt Mittwoch 5. DS → **Dienstag, 3. DS ab 11.10.**
S 306b (ungerade KW!)
 - Raum für gerade KW noch offen**
- IM B1 (61):
 - statt Mittwoch 6. DS → **Freitag, 2. DS**
ab 14.10. S 408a (ungerade KW!)
 - statt Mittwoch 6. DS → **Mittwoch, 3. DS**
Z 107 (gerade KW!)
- IM Dipl (01):
 - statt Dienstag 6. DS → **Donnerstag, 4. DS**
ab 13.10. S 313a (ungerade KW)

Wissenvermittlung/ Inhalte/ Darstellung

Definitionen/ Festlegungen/ Formeln
gelblich hinterlegte Rechtecke

Lückentexte: schwarz eingefasste Rechtecke
zu ergänzende Inhalte sind mit ... gekennzeichnet

Übungsfragen zur Selbstkontrolle
insbesondere am Abschittsende zu finden,
grau hinterlegte Rechtecke

Rote Darstellung: zur Hervorhebung der Gliederung

Blaue Darstellungen: zu beherrschende Rechnernetz-Begriffe

Vorlesungsinhalte/ Literatur

Die Vorlesung orientiert sich massgeblich an folgenden 2 Büchern und legt den **Schwerpunkt** der Betrachtungen **auf die untersten vier Schichten des OSI-Modells** (s.a. Kap. 1.5), sowie auf einige Aspekte der **Netzwerksicherheit** und der **Anwendungsschicht**.

Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall,

Nick Feamster:

Computer-Netzwerke, Global Edition,

6. Auflage, 2021,

Verlag: Pearson Studium

ISBN: 978-1-292-37401-7

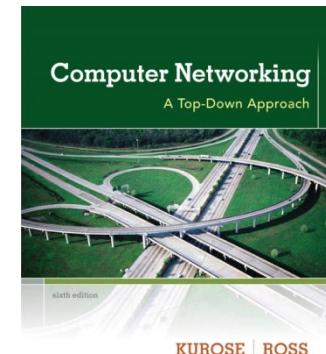


Jim Kurose and Keith Ross:

Computer Networking: A Top-down Approach,

8 edition, 2021, Verlag Pearson

ISBN: 978-1-292-40546-9



1 Einführung

1.1 Motivation und Umschau

Spektrum von Rechnernetzen/ Anwendungsszenarien
Entwicklungen/ Trends / Prognosen
Aufgaben/ Ziele und Definition eines Rechnernetzes

1.2 Übersicht über die Lehrveranstaltung

Lernziele, Fragestellungen
Organisatorisches
Vorlesungsinhalte, Literatur

1.3 Taxonomie von Rechnernetzen

Rechnernetzstrukturen, Übertragungsmodi
Ausdehnung, Kommunikationsteilnehmer

1.4 Kenngrößen von Rechnernetzen

1.5 Netzarchitekturen

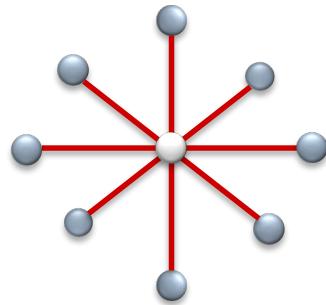
OSI-Referenzmodell, Internetarchitektur

Taxonomie von Rechnernetzen

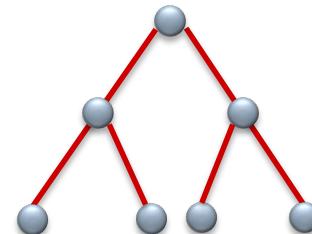
- Keine einheitliche Klassifizierung!
- Wesentliche Klassifikation von Rechnernetzen nach **Topologie** bzw. Struktur und Übertragungsreichweite (**Ausdehnung**)
- Weitere mögliche Unterscheidungen sind:
 - **Übertragungstechnologien**
Ethernet, WLAN...
 - **Vermittlungstechnik:**
leitungsvermittelt, paketvermittelt
 - **Anzahl der Kommunikationsteilnehmer (Empfänger):**
unicast- genau einer, broadcast – alle; multicast- mehrere bestimmte , anycast – einer aus mehreren bestimmten
 - **Architektur:**
Client-Server, Peer-2-Peer, Mainframe-Architektur
 - **Kommunikationsmedium:**
Kabelgebunden (wired): Kupferkabel / Koaxialkabel / Lichtwellenleiter
Kabellos (wireless): Elektromagnetische Wellen (Funk)/ Infrarot/ Satellitenfunk

...nach Topologie

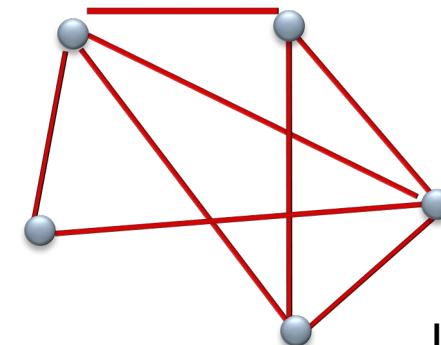
Punkt-zu-Punkt-Kanäle: z. B. Weitverkehrsnetze (WAN = Wide Area Network)



Stern

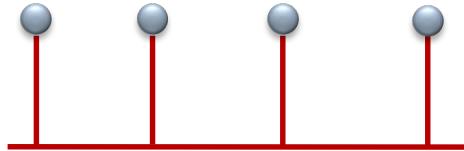


Baum

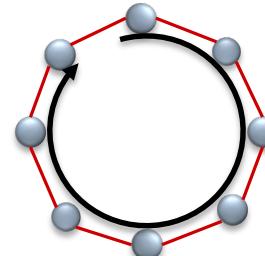


Irregulär

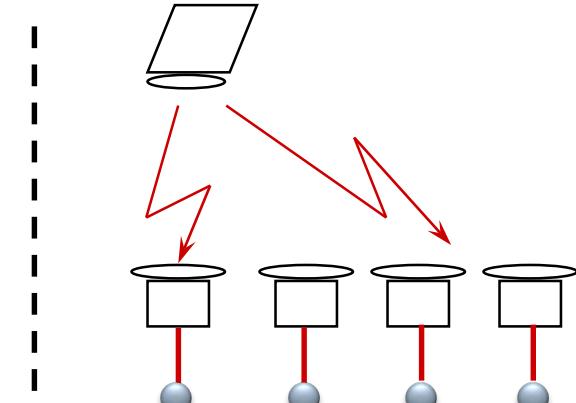
Rundsendekanäle: z. B. Lokale Netze (LAN = Local Area Network);
Broadcast / Multicast; meist dezentrale Kanalzuteilung



Bus (z.B. Ethernet)



Ring (z.B. Token Ring)



Satellit (z.B. Inmarsat)

Starck: - nicht sehr robust
- Jeder Teilnehmer steht die komplette Daten Rate zur Verfügung

Mehrere Sterne zusammen ergeben den Baum

Baum: - Localnet Bereich

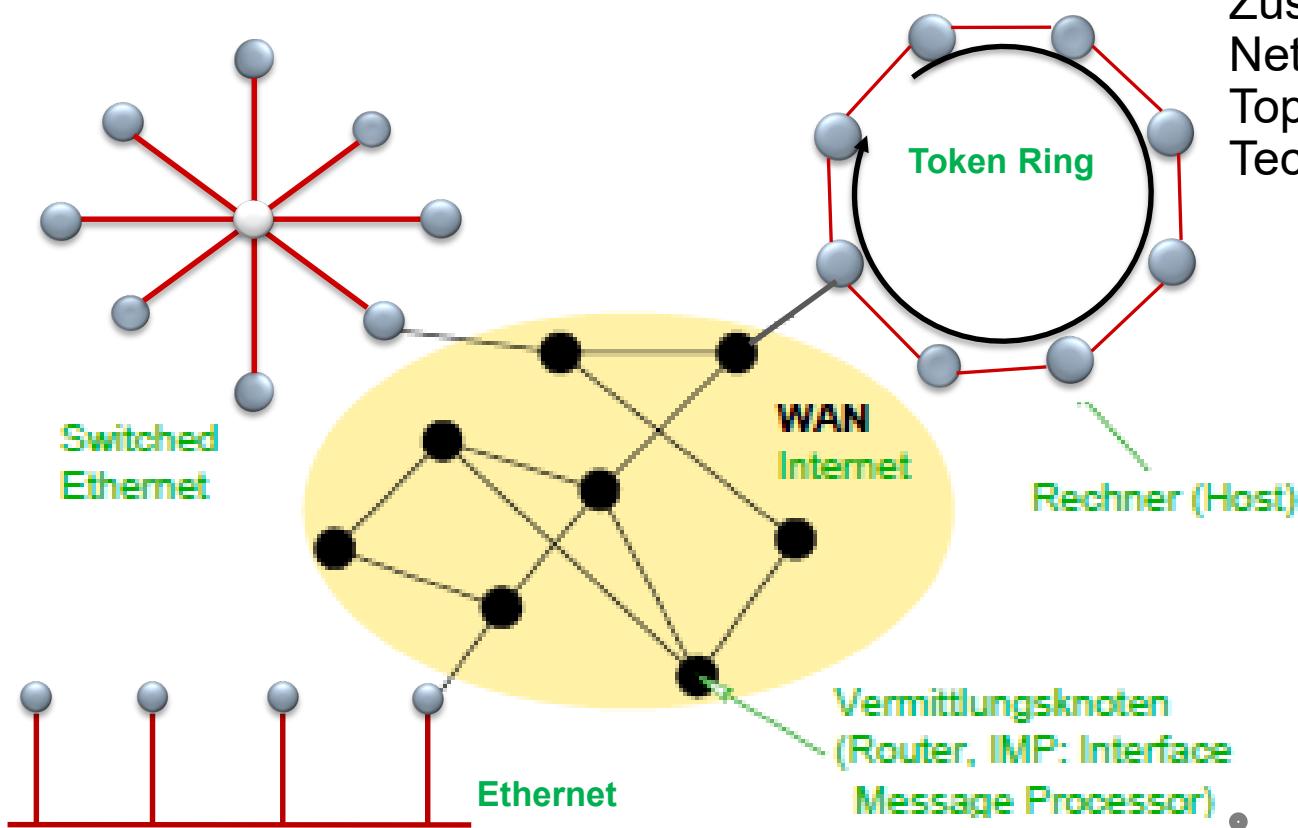
Irregulär: - Redundanz vorhanden
- Internet
- Teil / Vollvermaschung

Bus/Ring: - Nutzung eines gemeinsamen Mediums

- Broadcast
- Datenrate wird mit allen geteilt
- Sicherungsverfahren Notwendig
- Ethernet (Bus)
- Token Ring (Ring)
- MOST im Auto (Ring)

Satellit: - Broadcast

...Topologien



Internetwork:
Zusammenschluss von
Netzen verschiedener
Topologien und
Technologien



Leonard
Kleinrock und
der erste IMP

...nach Ausdehnung

Lokale Netze – LAN (Local Area Network): privates Netz (z.B. innerhalb von Gebäuden) mit einer Reichweite von wenigen Kilometern

Metropolitan-Netze – MAN (Metropolitan Area Network): innerhalb von Städten; <= 50 km, Grenzen zwischen LAN und MAN fliessend

Weitverkehrsnetze – WAN (Wide Area Network) : länder- bzw. weltumspannend (auch Global Area Network – GAN)

Zugangsnetz (Access Network):

offenes Zugangsnetz, das sich als separates Netz aus Telefonnetz entwickelt hat; auch „last mile“ genannt, da es Teilnehmeranschlüsse beinhaltet; heute aufgerüstet mit Glasfaser z.B. FTTH (Fiber to the Home) und DSL-Technik

Funknetze (öffentlich)

Beispiel Mobilfunknetze als Sonderform des WAN; i.d.R. länderspezifisch; z.B. GSM (Global System for Mobile Telecommunication), UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), LTE (Long Term Evolution)

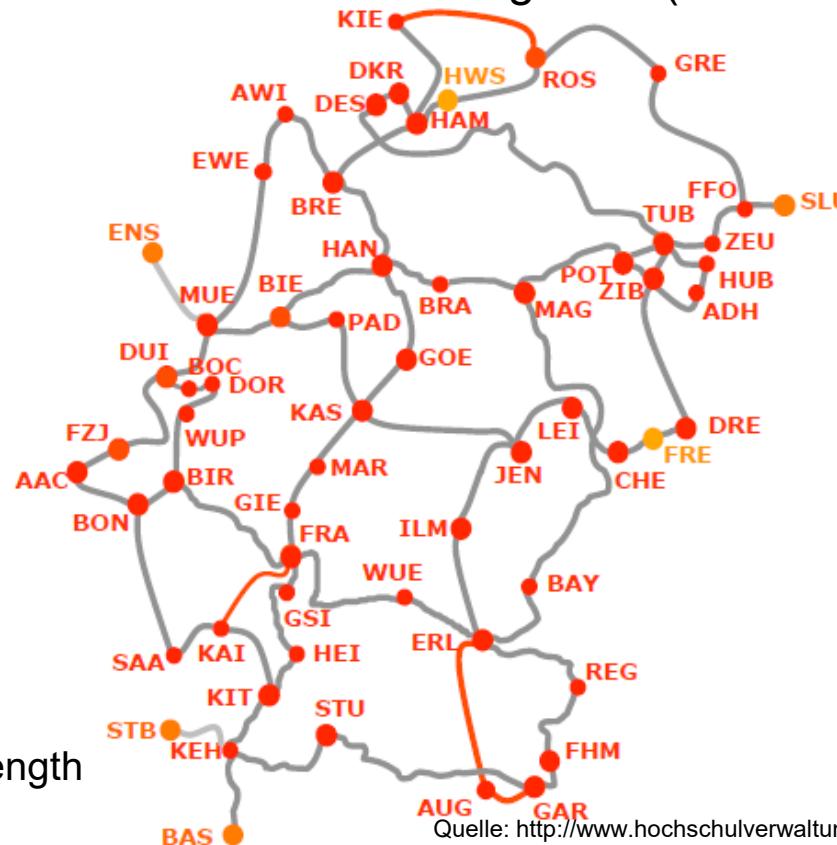
...nach Ausdehnung

Beispiel eines WAN: DFN - Deutsche Forschungsnetz:
seit Ende 2012 DWDM¹ Technik mit hohen Übertragungskapazitäten

- 88 Wellenlängen je Glasfaserstrecke
- Übertragungsraten von bis zu 100 Gbit/s je Wellenlänge
- Im Kernnetz Datenraten von über 1.000 Gigabit/s (1 Terabit/s) möglich

— Glasfaserpaar
— Wellenlänge
● Kernnetz-Knoten

**Faserlänge
insgesamt
ca. 10.400
km**



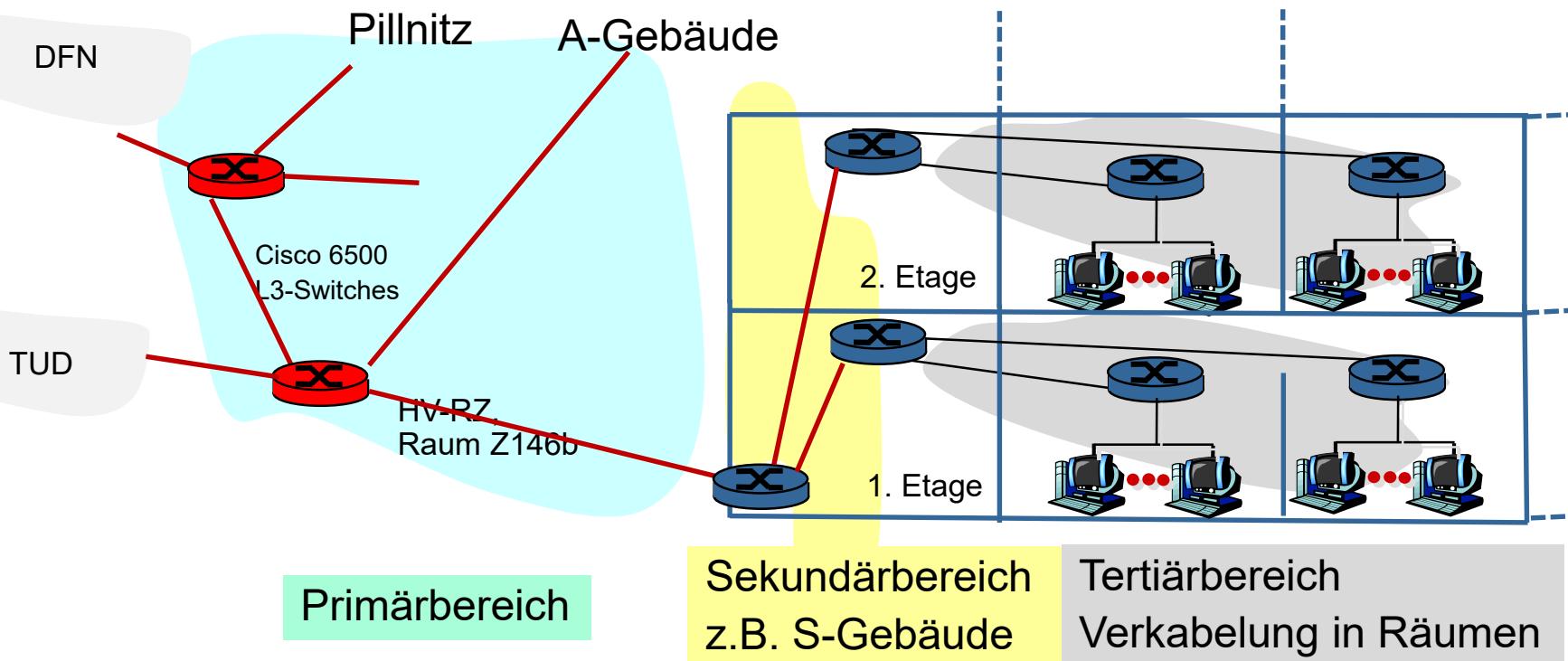
Quelle: http://www.hochschulverwaltung.de/tagung/2013/folien/DFN-130_Pattloch-Peter_Neues-aus-dem-DFN.pdf

¹ DWDM – Dense Wavelength Devision Multiplexing

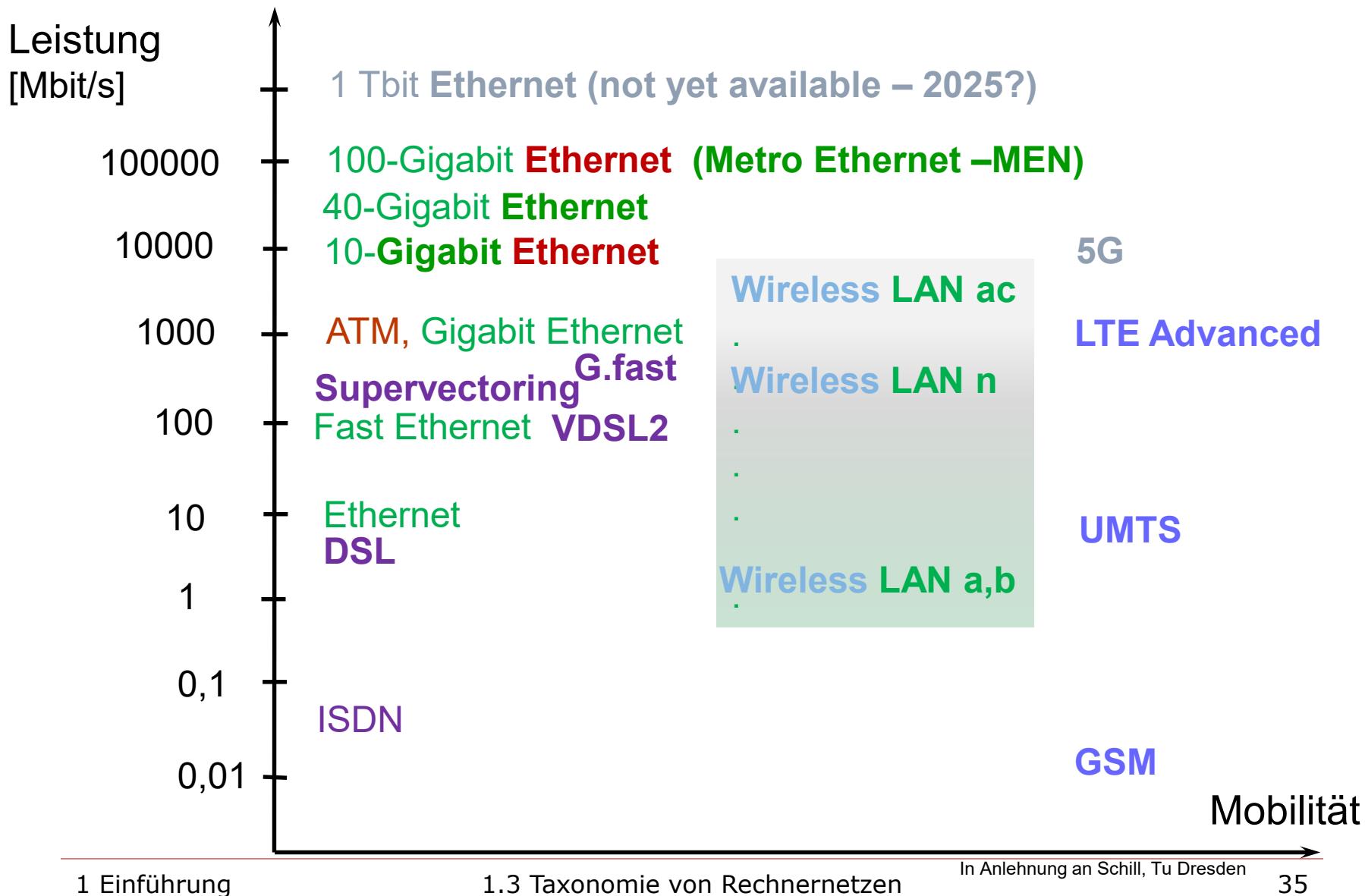
...nach Ausdehnung

Beispiel eines LAN: HTW Netz – Struktur

- Primärbereich (Hauptverteiler und Campusnetz): **Glasfaser** zw. Hauptverteiler und Etagenverteilern bzw. A-Gebäude: 12 Wellenlängen je Glasfaserstrecke
- Sekundärbereich (Etagenverteilern und Steigebereiche in den Gebäuden)
- Tertiärbereich (Endgeräteverkabelung). 100BaseT-Norm mit hochwertigen 4-Drahtkabeln (100 Ohm S/UTP Twisted-Pair-Kabel, Level 5)



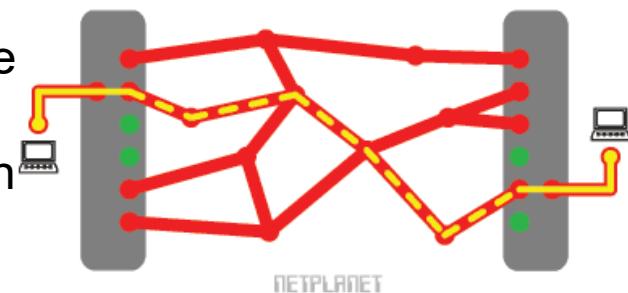
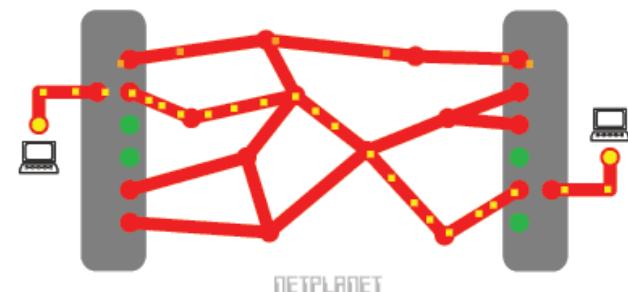
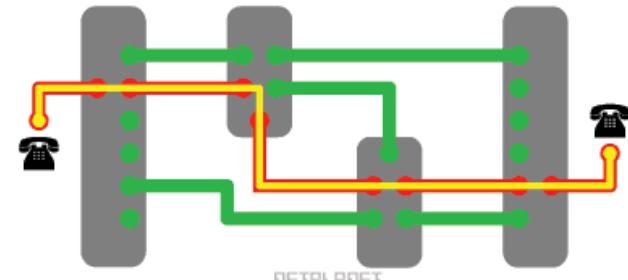
...nach Übertragungstechnologien



...nach Vermittlungstechnik

:

- Leitungsvermittelt: exklusive Durchschaltung einer Leitung für die Dauer der Kommunikation; feste Dienstqualität;
Beispiel: früheres Telefonnetz
- Paketvermittelt: gemeinsame Nutzung eines Übertragungskanals für unabhängig vermittelte Pakete verschiedener Teilnehmer => flexibler, ressourcenschonend;
Beispiel: Internet
- Zellvermittelt: Spezialfall; Durchschaltung einer virtuellen Leitung zur Übertragung kleiner Pakete fester Länge (Zellen) für die Dauer einer Verbindung; Multiplexing mehrerer Verbindungen auf einem physikalischen Kanal;
Beispiel: ATM Netz



1 Einführung

1.1 Motivation und Umschau

Spektrum von Rechnernetzen/ Anwendungsszenarien
Entwicklungen/ Trends / Prognosen
Aufgaben/ Ziele und Definition eines Rechnernetzes

1.2 Übersicht über die Lehrveranstaltung

Lernziele, Fragestellungen
Organisatorisches
Vorlesungsinhalte, Literatur

1.3 Taxonomie von Rechnernetzen

Rechnernetzstrukturen, Übertragungsmodi
Ausdehnung, Kommunikationsteilnehmer

1.4 Kenngrößen von Rechnernetzen

1.5 Netzarchitekturen

OSI-Referenzmodell, Internetarchitektur

Quantitative Kenngrößen eines Rechnernetzes

□ **Bandbreite** - (Genaueres s. Kap. Bitübertragung)

Frequenzband [Hz], das für die Übertragung auf dem physikalischen Übertragungskanal zur Verfügung steht. !! Bandbreite \neq Bitrate !!

□ **Übertragungsrate** auch Bitrate - (Genaueres s. Kap. Bitübertragung)

Anzahl der Daten pro Zeiteinheit in [bit/s] (Achtung auch Byte pro sek), die von einer Kommunikationsverbindung übertragen werden kann. Kein Maß für den tatsächlichen Durchsatz!

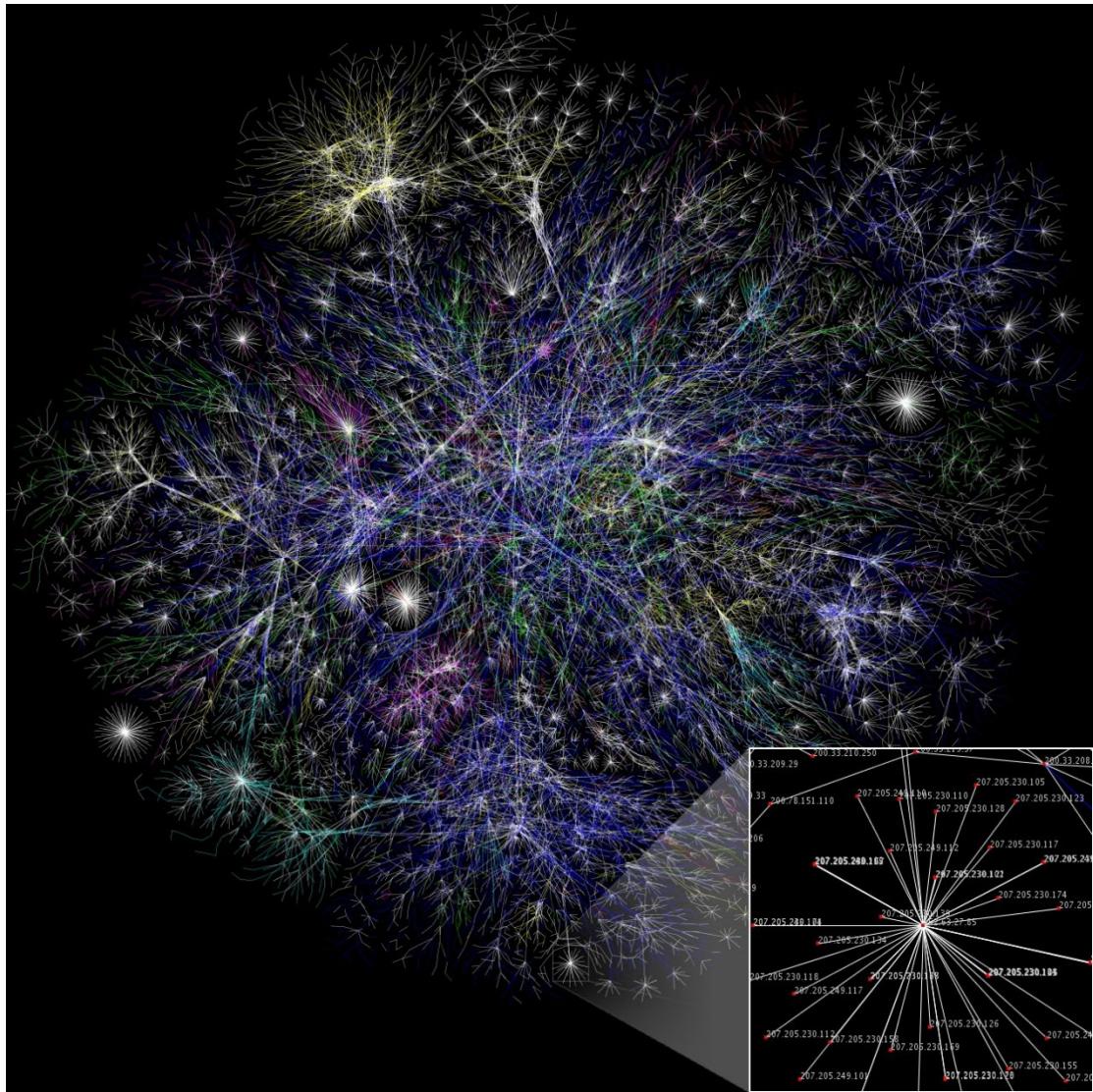
Auch Übertragungsgeschwindigkeit genannt!

□ **Durchsatz** – tatsächlich übertragene Datenmenge pro Zeiteinheit; dabei werden i.d.R. nur die Nutzdaten nicht die Steuerdaten berücksichtigt → Durchsatz \neq Übertragungsrate

bit/s	! Faktor 1000 !	
kbit/s	kilo	10^3
Mbit/s	mega	10^6
Gbit/s	giga	10^9
Tbit/s	tera	10^{12}
Pbit/s	peta	10^{15}
Ebit/s	exa	10^{18}

Quelle: wiki

Kenngrößen eines Rechnernetzes



Quelle: wiki

Internetkarte auf Basis der Verzögerungen:

- Jede Linie beschreibt zwei Knotenpunkte (2 IP-Adressen)
- Länge der Linie entspricht **Verzögerung** zwischen den Punkten
- Farbliche Darstellung unterschiedlicher Adressbereiche:
 - Dunkelblau: net, ca, us
 - Grün: com, org
 - Rot: mil, gov, edu
 - Gelb: jp, cn, tw, au, de
 - Magenta: uk, it, pl, fr
 - Gold: br, kr, nl
 - Weiß: unbekannt
- Karte entspricht < 30 % der 2005 vergebenen IP Adressen

Quantitative Kenngrößen eines Rechnernetzes

- **Signalausbreitungsverzögerung** auch **Signallaufzeit**:

Zeit, die benötigt wird, um ein Bit vom Sender zum Empfänger zu schicken

$$\text{Ausbreitungsverzögerung} = \text{Entfernung} / \text{Signalgeschwindigkeit}$$

Signalgeschwindigkeit in den 3 häufigsten Materialien:

Vakuum: $3 * 10^8$ m/s

Kupferkabel ca. $2 * 10^8$ m/s

Lichwellenleiter: $2 * 10^8$ m/s

- **Übertragungsdauer (Sendedauer)**:

Zeitdauer, die zum Senden eines Paketes bestimmter Größe (Byte) in Abhängigkeit der verfügbaren Übertragungsrate benötigt wird

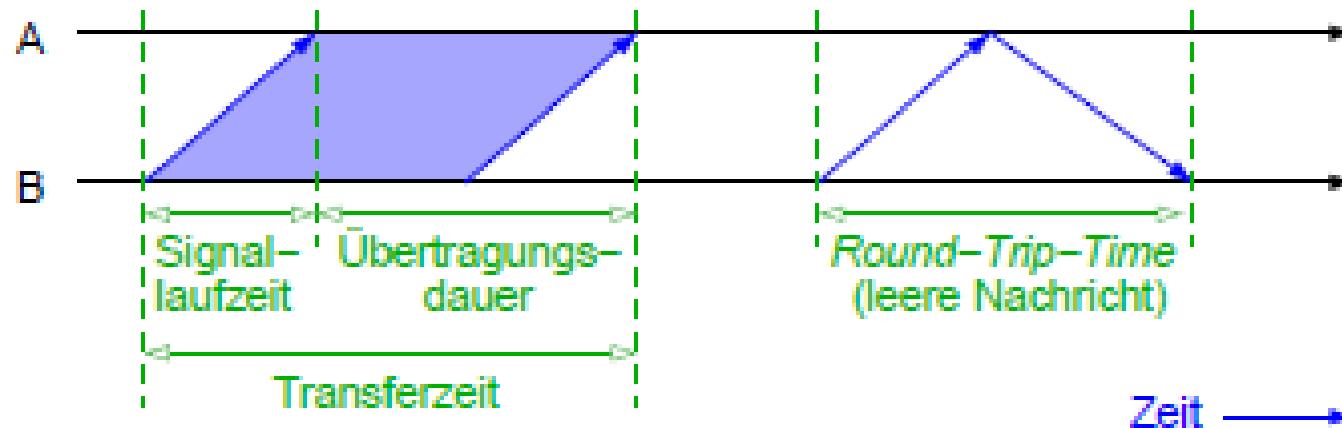
$$\text{Übertragungsdauer} = \text{Paketgröße} / \text{Übertragungsrate}$$

Quantitative Kenngrößen eines Rechnernetzes

□ Transferzeit (Latenz, Verzögerung):

Zeit vom Beginn des Absendens einer Nachricht bis zu ihrem vollständigen Empfang; sie ist damit die Summe aus

- der Sendedauer des Pakets,
- der Signalausbreitungsverzögerung und
- der Wartezeiten in den Zwischenknoten



□ Round Trip Time (RTT):

Zeit, um eine (leere) Nachricht von B nach A und wieder zurück zu schicken

Quantitative Kenngrößen eines Rechnernetzes

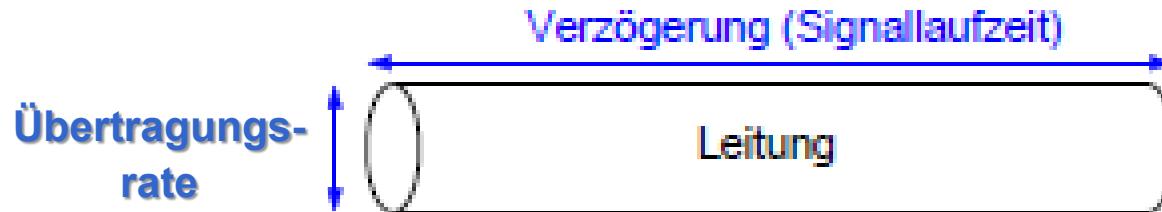
Jitter:

Stellt die Varianz der Latenz einer Verbindung dar, die durch Pufferung und Konkurrenz um eine Verbindung verursacht wird

- Folge: Datenpakete treffen in unregelmäßigen Abständen ein
- Problem z.B. bei Audio-/Videoübertragung

Kanalpuffergröße:

Gibt an, wieviele Bits sich in Übertragung („in der Leitung“) befinden



z.B. Transatlantik-Leitung (45 Mbit/s, Signallaufzeit 50 ms):
 $2.25 \cdot 10^6 \text{ Bit} \approx 280 \text{ KB}$

1 Einführung

1.1 Motivation und Umschau

Spektrum von Rechnernetzen/ Anwendungsszenarien
Entwicklungen/ Trends / Prognosen
Aufgaben/ Ziele und Definition eines Rechnernetzes

1.2 Übersicht über die Lehrveranstaltung

Lernziele, Fragestellungen
Organisatorisches
Vorlesungsinhalte, Literatur

1.3 Taxonomie von Rechnernetzen

Rechnernetzstrukturen, Übertragungsmodi
Ausdehnung, Kommunikationsteilnehmer

1.4 Kenngrößen von Rechnernetzen

1.5 Netzarchitekturen

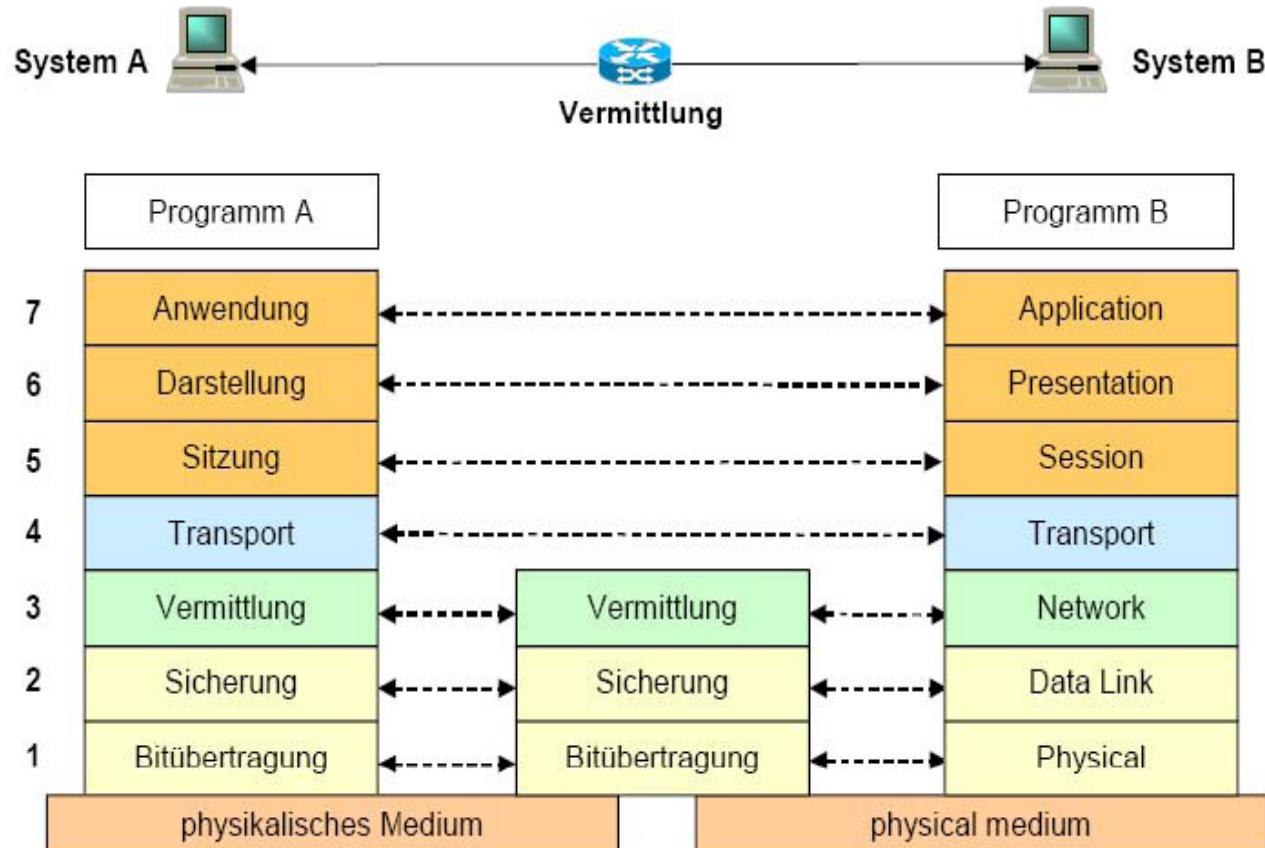
OSI-Referenzmodell, Internetarchitektur

Netzwerk-Architekturen (ISO-OSI)

Problem: Hohe Komplexität von Netzwerk-Software

→ Schichtenstruktur, Abstraktion, Entkopplung

ISO/OSI-Modell: Open System Interconnection



Protokoll:
Regeln zur
Steuerung
der Kommunikation
pro Schicht

Dienst:
Durch Protokoll er-
brachte Funktio-
nalität (z.B.
Austausch von
e-Mail)

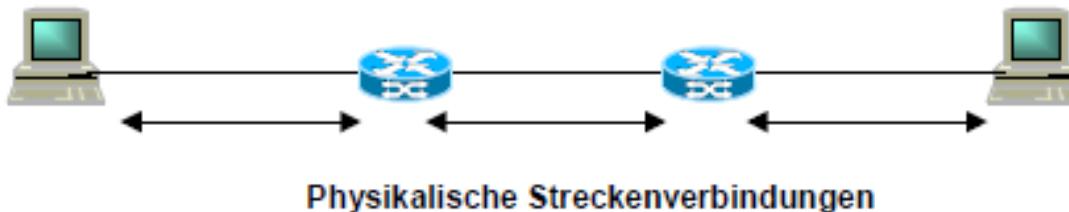


PROST!

Eselstrücke: Alle deutschen Studenten trinken verschiedene Sorten Bier!

Schichtenfunktionalität (I)

Bitübertragungsschicht



Ziel:

Ungesicherte Übertragung einzelner Bits zwischen benachbarten Netzknoten

Aufgaben:

Mechanisch: Definition der Steckverbindung, Pinbelegung

Elektrisch: Definition der Codierung, Signale,

Funktional: Festlegung der einzelnen Funktionen
z.B. die Bedeutung der möglichen Spannungspiegel an einzelnen Pins

Prozedural: Beschreibung der Abläufe
- Aktivierung und Deaktivierung von physikalischen Verbindungen
- bitserielle abschnittsweise Übertragung von Schicht-1 Datenblöcken

Schichtenfunktionalität (II)

Sicherungsschicht



Ziel:

Gesicherte Übertragung der in einem Rahmen (frame) zusammengefassten Bits zwischen benachbarten Netzelementen

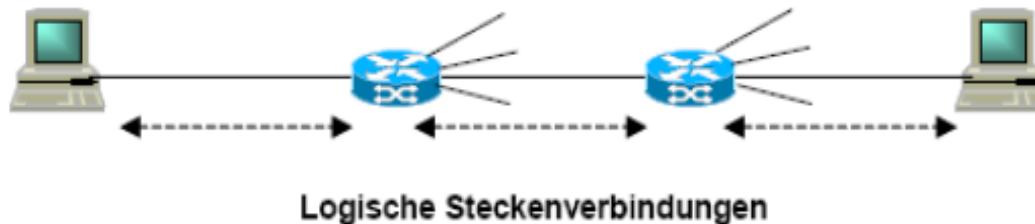


Aufgaben:

- 1) Auf- und Abbau der Schicht-2 Verbindung
- 2) Übertragung von Schicht-2 Datenblöcken
- 3) Rahmensynchronisation
- 4) Reihenfolgeerhaltung
- 5) Flusskontrolle
- 6) Fehlersicherung

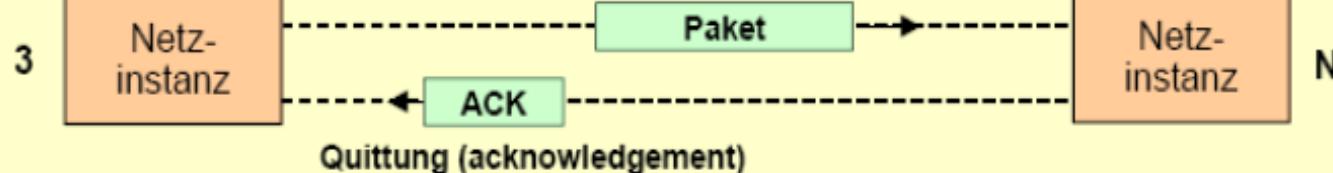
Schichtenfunktionalität (III)

Vermittlungsschicht



Ziel:

Vermittlung (routing) von Paketen durch das Netz



Aufgaben:

- 1) Auf- und Abbau der Schicht-3 Verbindung
- 2) Übertragung von Schicht-3 Datenblöcken
- 3) Wegewahl (routing), Adressierung
- 4) Kopplung heterogener Teilnetze

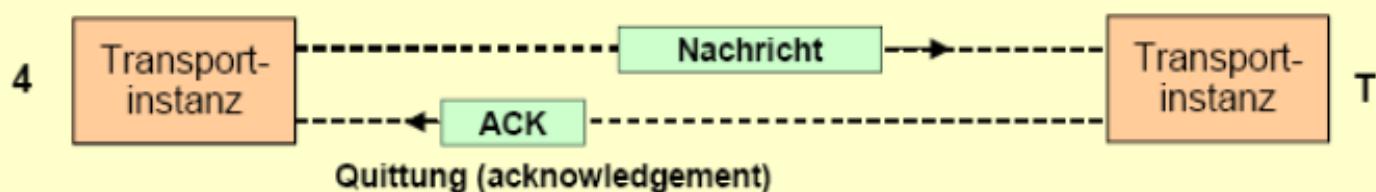
Schichtenfunktionalität (IV)

Transportschicht



Ziel:

Gesteuerte Übermittlung von Nachrichten zwischen Endsystemen



Aufgaben:

- 1) Auf- und Abbau der Schicht-4 Verbindung
- 2) Übertragung von Schicht-4 Datenblöcken
- 3) Reihenfolgeerhaltung
- 4) Flusskontrolle
- 5) Fehlersicherung

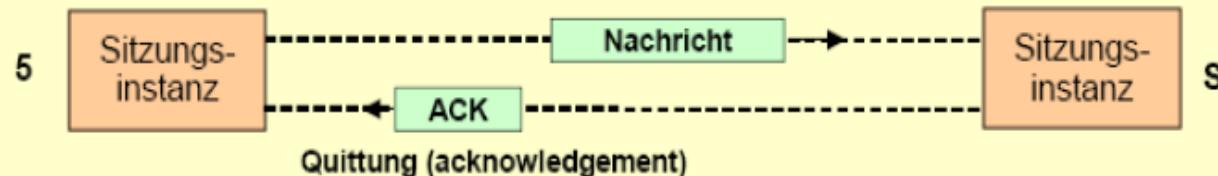
Schichtenfunktionalität (V)

Sitzungsschicht



Ziel:

Management von Ende-zu-Ende Verbindungen



Aufgaben:

- 1) Auf- und Abbau der Schicht-5 Verbindung
- 2) Übertragung von Schicht-5 Datenblöcken
- 3) Dialog-Management, z.B. explizite Zuweisung der Sendeberechtigung
- 4) Synchronisation mehrerer Datenflüsse (z.B. Video, Audio, Daten)
- 5) Flusskontrolle
- 6) Fehlerbehandlung (z.B. Reporting)

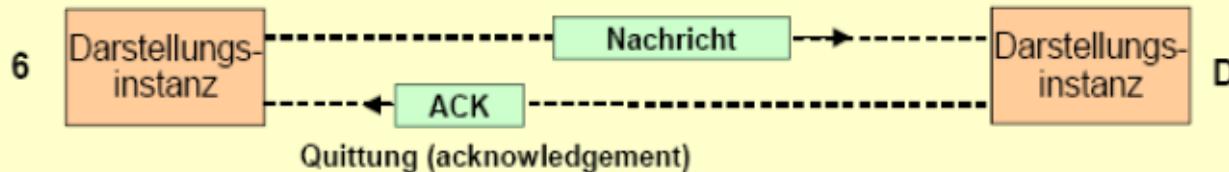
Schichtenfunktionalität (VI)

Darstellungsschicht



Ziel:

Darstellungsanpassungen von Ende-zu-Ende Verbindungen



Aufgaben:

- 1) Auf- und Abbau der Schicht-6 Verbindung
- 2) Übertragung von Schicht-6 Datenblöcken
- 3) Anpassungen von Formatierung, Codierung und Komprimierung von Daten

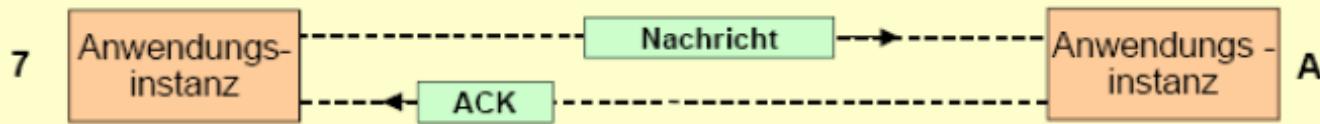
Schichtenfunktionalität (VII)

Anwendungsschicht



Ziel:

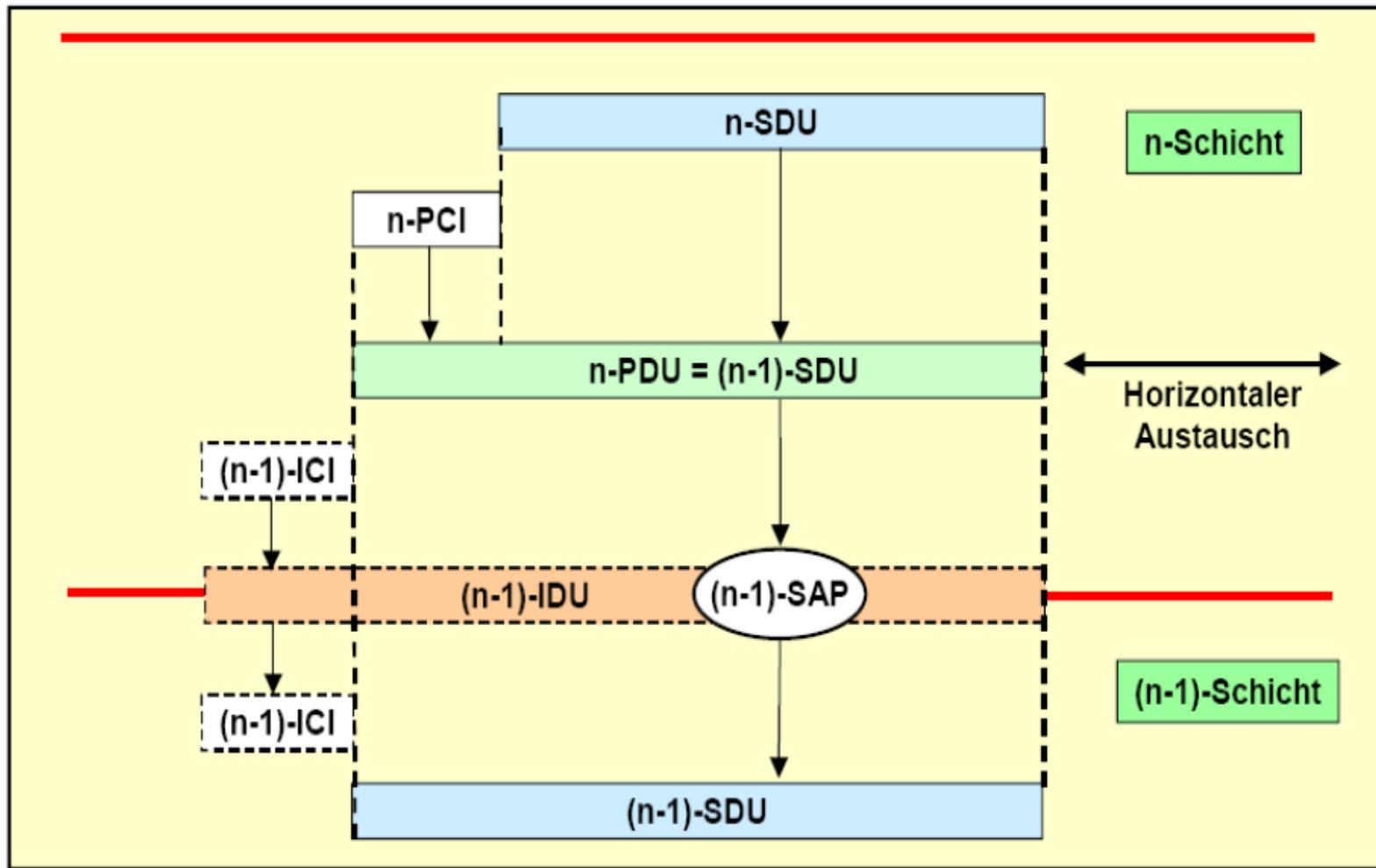
Darstellungsanpassungen von Ende-zu-Ende Verbindungen



Aufgaben:

- 1) Auf- und Abbau der Schicht-7 Verbindung
- 2) Übertragung von Schicht-7 Datenblöcken
- 3) Identifizierung der gewünschten Kommunikationspartner
- 4) Authentisierung der Kommunikationspartner
- 5) Feststellung der momentanen Verfügbarkeit der Partner
- 6) Festlegung der Verantwortlichkeit bei Fehlerbehebung
- 7) Feststellung von eventuellen Einschränkungen bezüglich der Syntax
- 8) Einigung auf ein Verfahren zur Ressourcenaufteilung
- 9) Aushandlung der akzeptablen Dienstqualität
- 10) Synchronisation kooperierender Anwendungen

Schichtenschnittstelle



PDU : Protocol Data Unit

PCI : Protocol Control Information

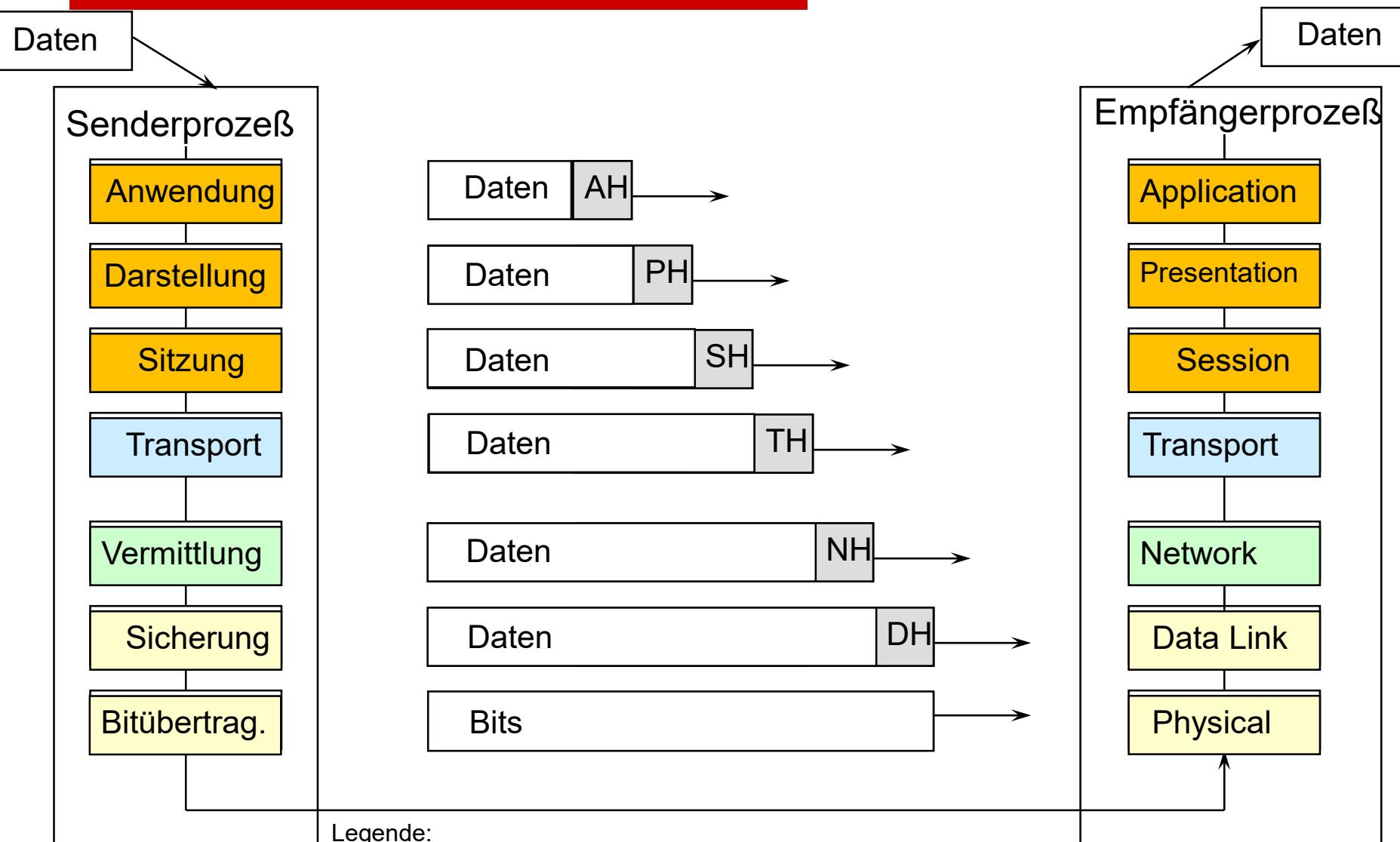
SDU : Service Data Unit

IDU : Interface Data Unit

ICI : Interface Control Information

SAP : Service Access Point

Beispiel zur Übertragung im OSI-Modell



Legende:

„AH“...	(application header)	„PH“...	presentation header
	Header der Anwendungsschicht	„TD“...	Data Link Trailer
„SH“...	Header der Sitzungsschicht	„TH“...	Header der Transportsschicht
„NH“...	Header der Vermittlungsschicht	„DH“...	Header der Sicherungsschicht

Quelle: Schill, Tu Dresden

Dienste: Details

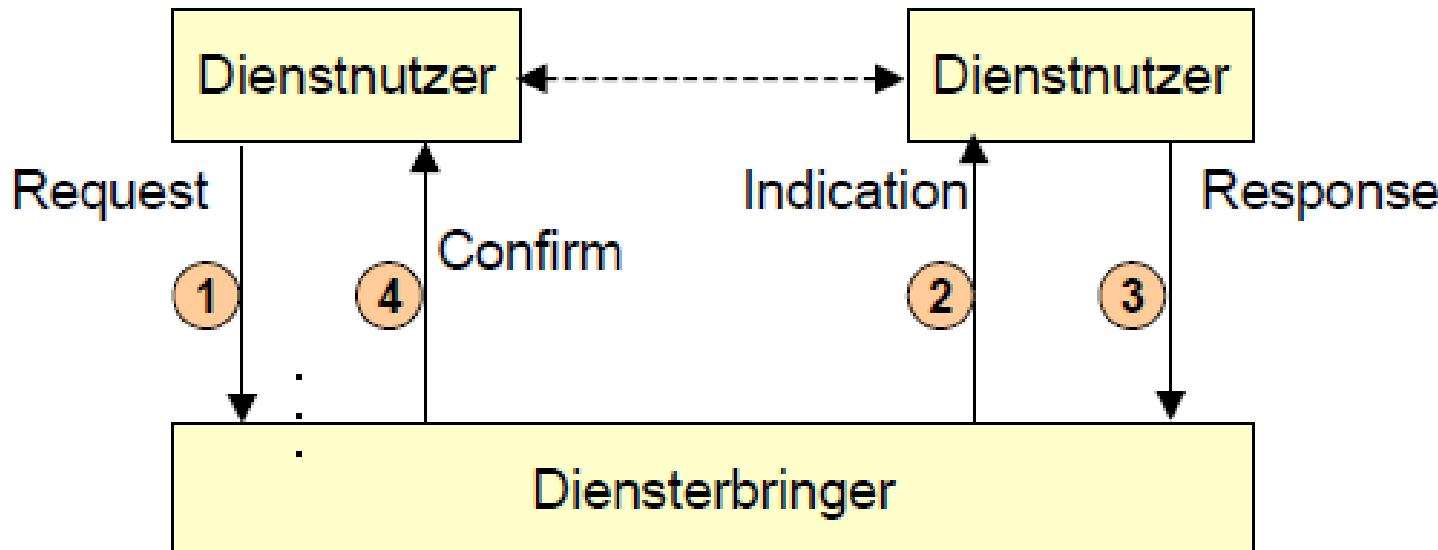
Verbindungsorientiert:	Feste Beziehung zwischen Sender und Empfänger (z.B. Telefon); Con: Connect (Verbindungsaufbau) Dat: Data (Datenübertragung) Dis: Disconnect (Verbindungsabbau)
Verbindungslos:	Unabhängige Nachrichten (z.B. Briefpost), Datagramm; Phasen: Dat: Data (Datenübertragung)

	Vorteile	Nachteile
Verbindungsorientierte Kommunikation	Aushandlung von Kommunikationsparametern möglich (Fenstergröße, Fehlerkontrollmechanismen, Sequenznummern...)	Verzögerter Datenaustausch und Overhead/Verwaltung durch Verbindungsetablierung
Verbindungslose Kommunikation	Schnelle Datenversendung	Keine Möglichkeit der Kontrolle, ob Komm.-Partner, empfängt/empfangen kann

Dienste: Dienstelemente

Dienstelemente/-primitive: stellen die Operationen eines Dienstes dar; man unterscheidet in:

- Anforderung (request/Req)
- Anzeige (indication/Ind)
- Antwort (response/Rsp)
- Bestätigung (confirmation/Cnf)

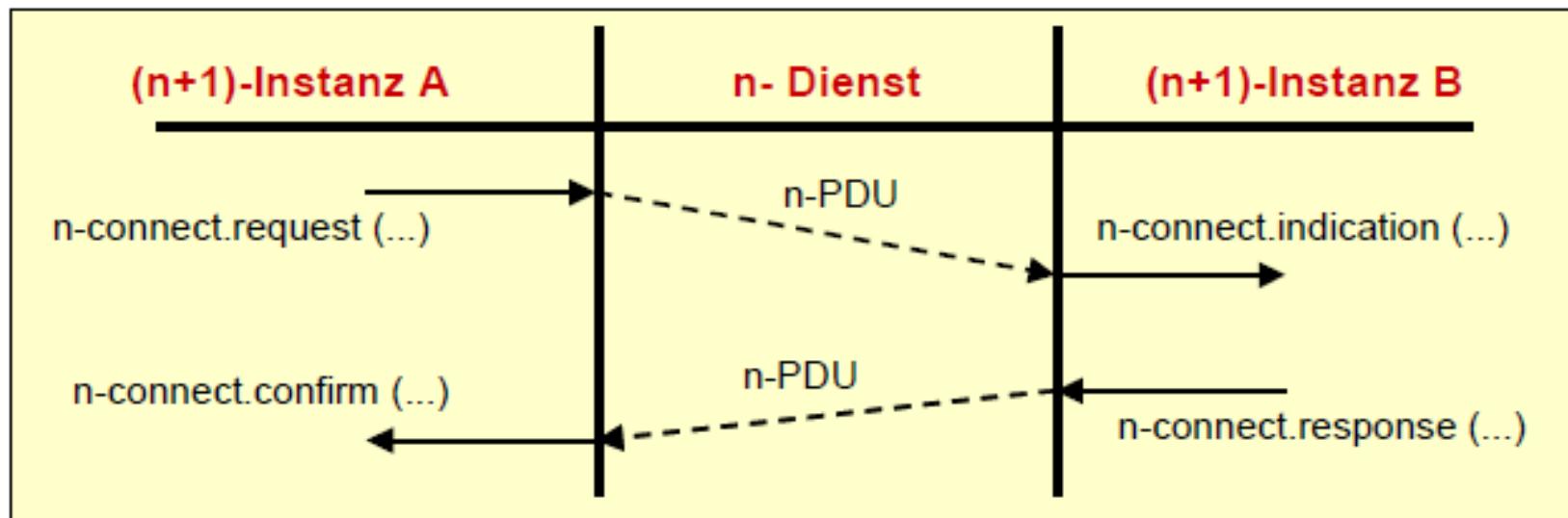


Dienste: Kommunikationsabläufe (Weg-Zeit-Diagramm)

Bestätigter Dienst

n-SAP

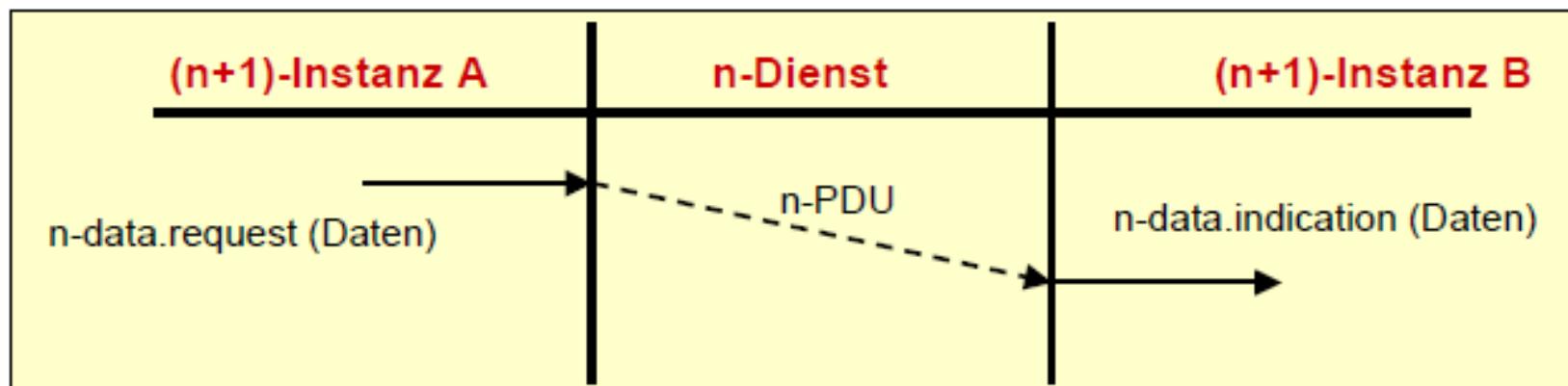
n-SAP



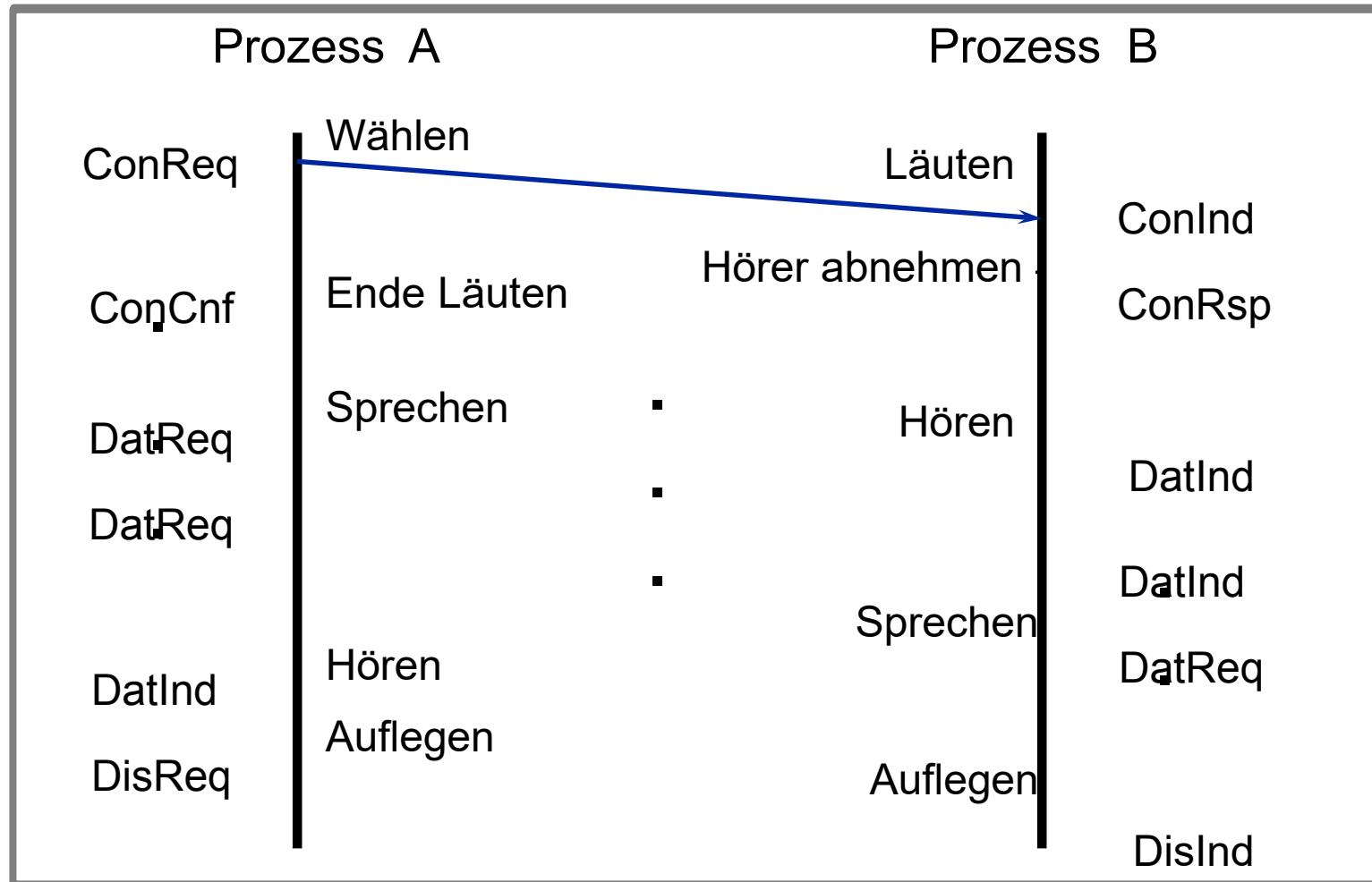
Unbestätigter Dienst

n-SAP

n-SAP



Dienste: Beispielablauf eines Telefonats



In Anlehnung an Schill, Tu Dresden

Normung

Problem: Kommunikation in heterogenen Systemen

De-facto-Normen: Industriestandards (z.B. IBM PC, Unix, TCP)

De-jure-Normen: Offizielle Standards (z.B. ISO/OSI - Modell)

- **International Organization for Standardization (ISO)**

Dachverband der nationalen Standardisierungsbehörden (www.iso.ch)

- **International Telecommunication Union (ITU)**

internationale Vereinigung der Telekommunikationsgesellschaften (www.itu.int)

- ITU-T (Telecommunication) (z. B. ATM, GSM, UMTS)
- ITU-R (Radiocommunication)

- **European Telecommunication Standards Institute (ETSI)**

europaweite Harmonisierung der nationalen Telekommunikationsnormen (www.etsi.org)

- **Internet Society (www.isoc.org):** Dachorganisation verschiedener

Internet Organisationen

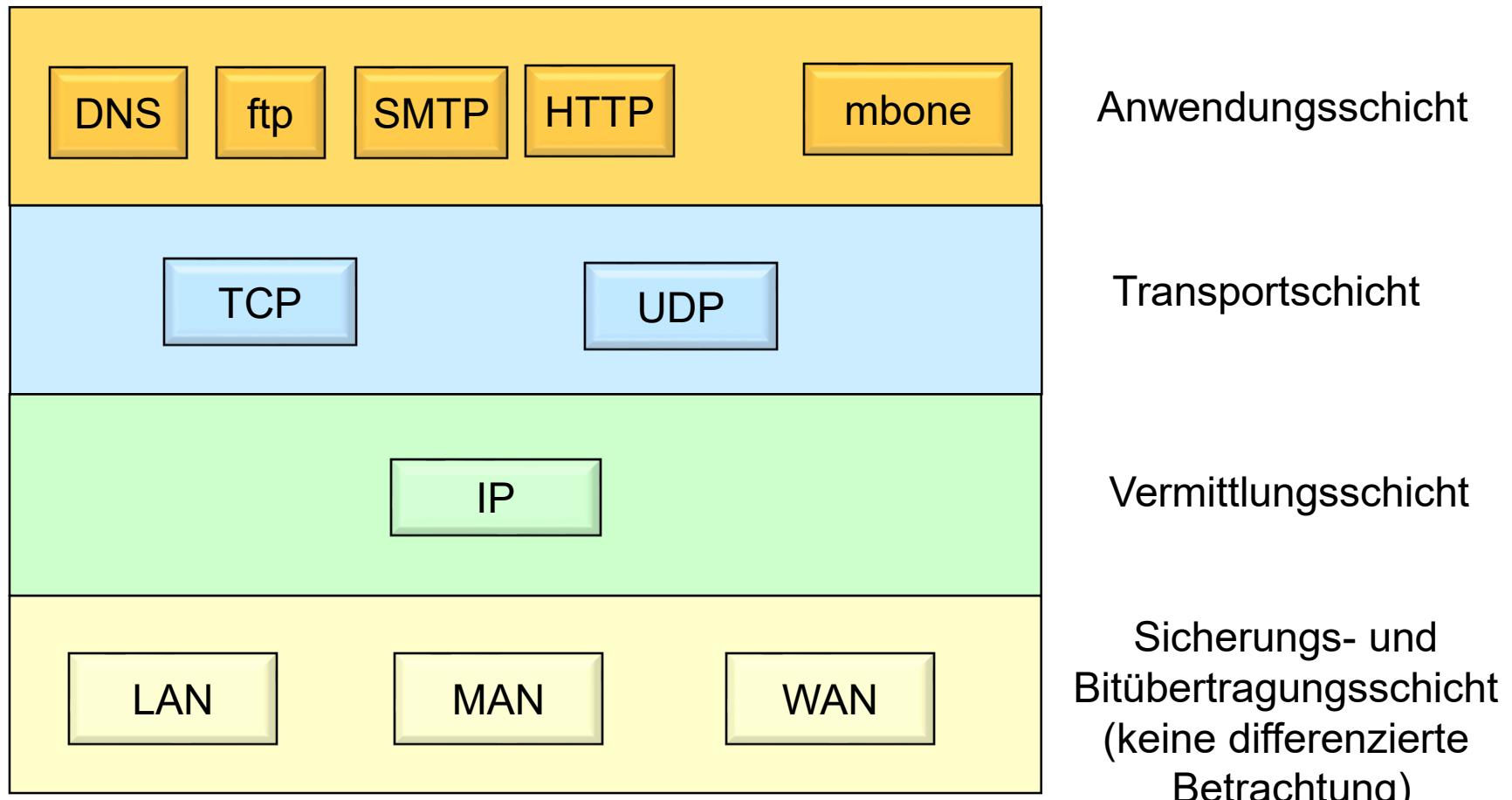
- Internet Engineering Task Force (www.ietf.org)
- Internet Architecture Board (www.iab.org)
- Internet Research Task Force
- World Wide Web Consortium (www.w3c.org)
- Internet Assigned Numbers Authority (www.iana.org)

- **IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers**

weltweit größte Berufsvereinigung (www.ieee.org)

Problem: Trägheit der offiziellen Normung

Internetarchitektur



Selbstkontrolle

1. Was verstehen Sie unter autonomen Knoten?
2. Geben Sie Beispiele und Gegenbeispiele für Rechnernetze an!
3. Grenzen Sie die Begriffe Rechnernetze und Verteilte Systeme voneinander ab!
4. Nennen Sie wesentliche Ziele und Anforderungen von/ an Rechnernetze(n)!
5. Welche Einheiten und Umrechnungsgrößen werden für die Bitrate bzw. Übertragungsrate eines Kommunikationskanals verwendet? Welche bei der Speicherung von Daten?
6. Welche Vorteile der leitungsvermittelten gegenüber der paketvermittelten Übertragung sehen Sie?
7. Was verstehen Sie unter einem Protokoll? Grenzen Sie die Begriffe Protokoll und Dienst von einander ab.
8. Welche weiteren (zu den bereits genannten) charakteristischen Kenngrößen von RN gibt es?
9. Stellen Sie sich eine Kolonne von 10 Autos vor, die auf die Abfertigung durch eine Mautstation warten. Nach der sequentiellen Abfertigung von 12s pro Auto passieren diese eine Strecke von 100 km in nur einer Stunde bevor sie auf eine weitere Mautstation treffen. Wie groß ist die „Ausbreitungsgeschwindigkeit“ der Autos? Wie groß ist die „Transferzeit“ für alle Autos bis sie sich vor der 2. Mautstation aufgereiht haben?