

Netze und verteilte Systeme I

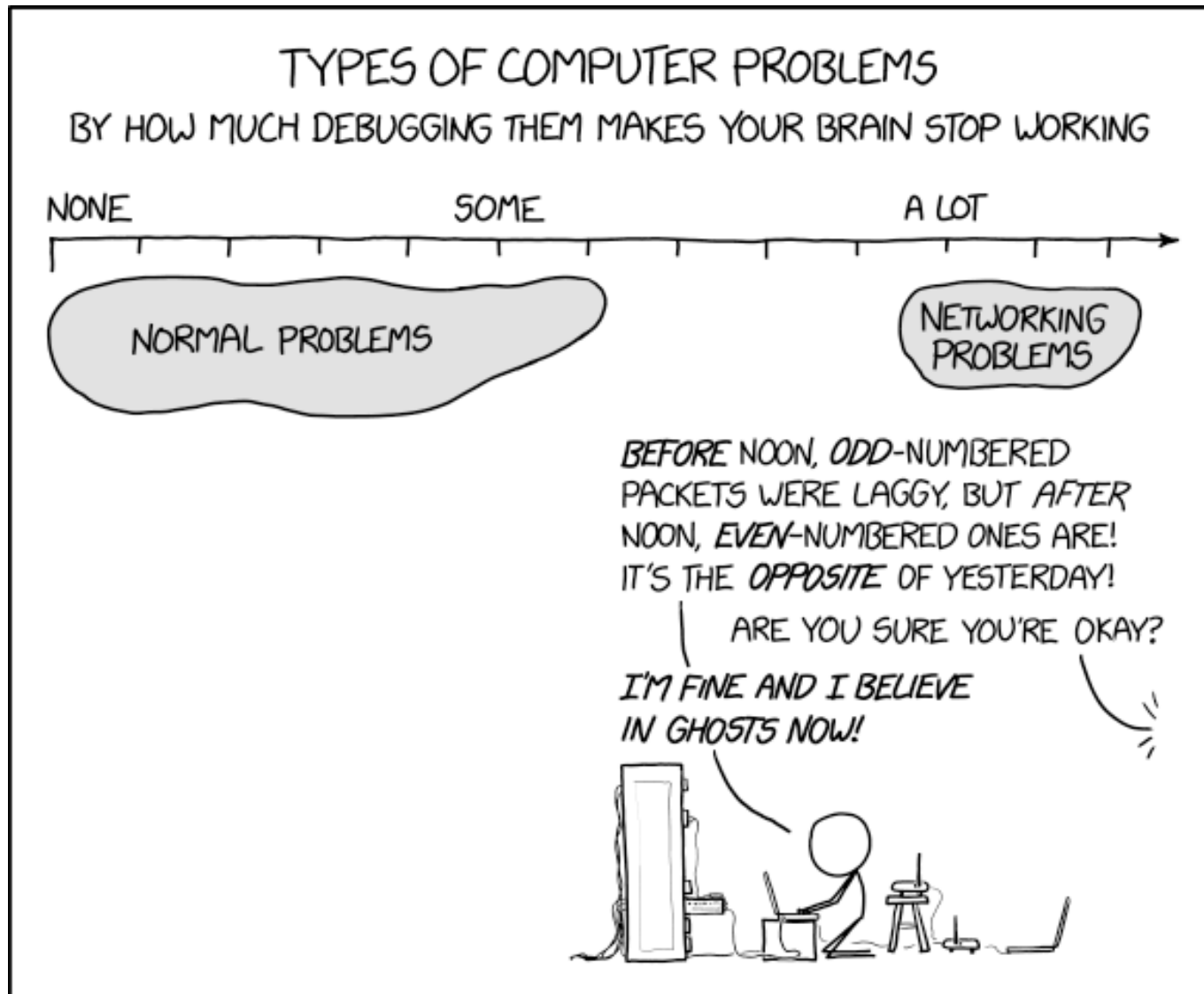
Ass.-Prof. Mag.Dr. B. Collini-Nocker
bernhard.collini-nocker@cs.sbg.ac.at

Diese Unterlagen sind ausschließlich für Teilnehmerinnen und Teilnehmer an obiger Lehrveranstaltung gedacht und Weiterverteilung ist nur nach Zustimmung des Autors erlaubt.

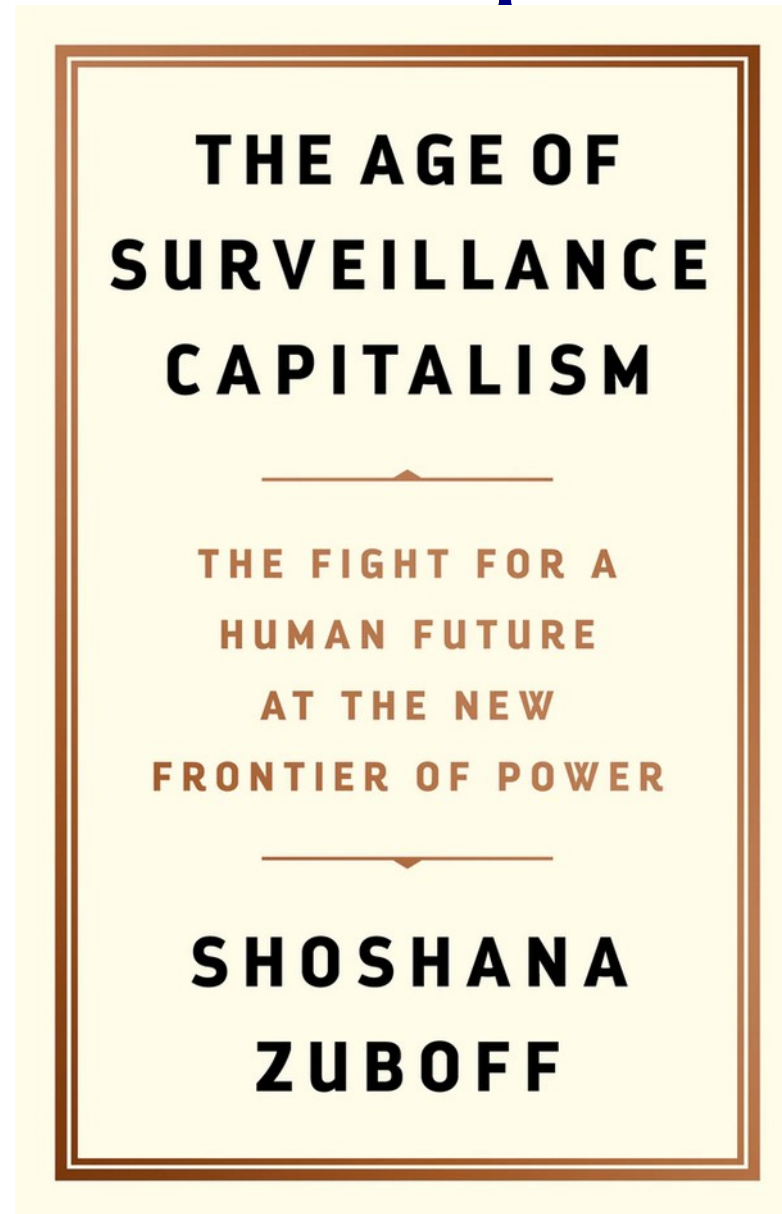
Überblick

VO Netze und verteilte Systeme I + II PS Netzwerke und Betriebssysteme in der Praxis 2st	LA 6. Sem.
VO Netze und verteilte Systeme I (STEOP) 3st bis 21.5.2021	BSc 2. Sem.
VO Netze und verteilte Systeme II 3st. ab 27.5.2021	<i>BSc 4. Sem.</i>
PS Netze und verteilte Systeme 2st	<i>BSc 4. Sem.</i>

Xkcd.com



Surveillance Capitalism (2019)



G-MAFIA, (BAT,...)



<https://theconversation.com/amazon-facebook-and-google-dont-need-to-spy-on-your-conversations-to-know-what-youre-talking-about-108792>

NSA

HELLO. MY NAME IS ACHIM KLEINER.
IS THIS THE NSA? I HAVE
A FESTPLATTENABSTURZ AND
I WOULD LIKE TO HAVE A BACK
UP FROM MÄRZ BIS JULI.



DNS 1.1.1.1-9.9.9.9

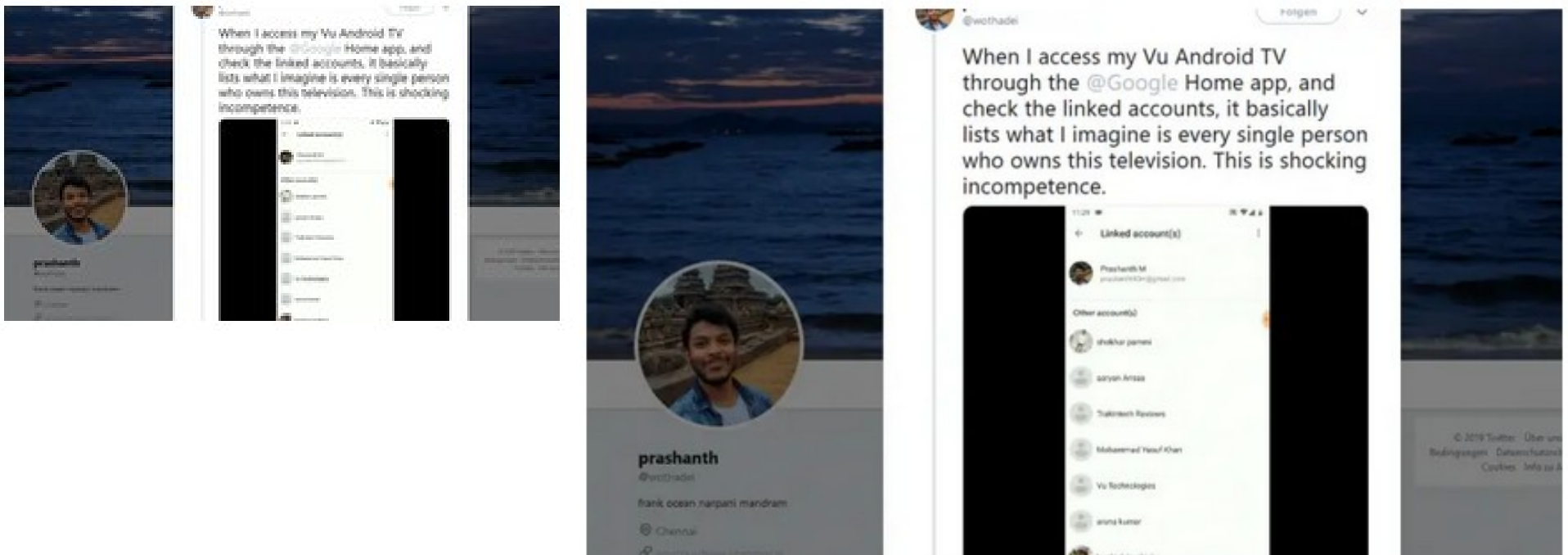


Networked = Hacked

Android TV zeigte fremde Nutzerkonten an

Die Google Home App zeigte einem Nutzer eine Liste mit fremden Konten an. Google kappte daraufhin die Verbindung zwischen Google Photos und Android TV.

07.03.2019 16:06 Uhr 2



(Bild: Twitter / prashanth)

<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Android-TV-zeigte-fremde-Nutzerkonten-an-4328513.html>



EFF.org 28.2.19

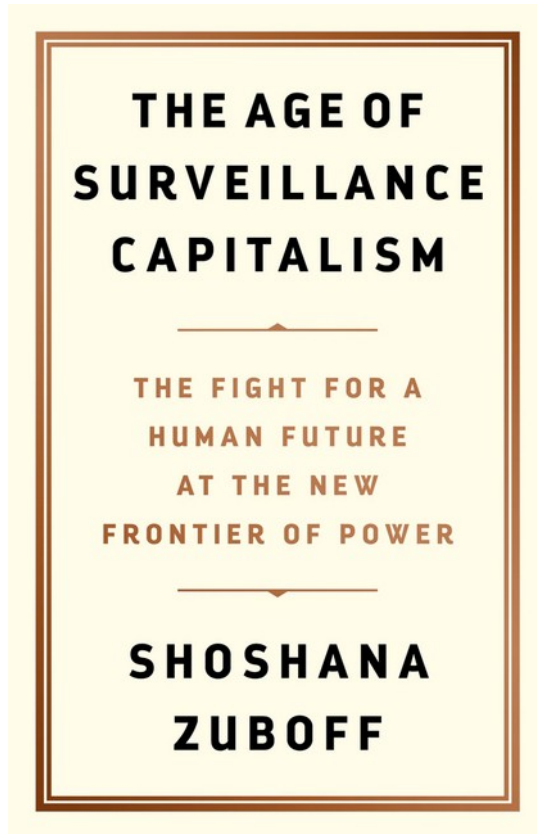
<https://www.eff.org/deeplinks/2019/02/announcing-fix-it-already>



- Android should let users deny and revoke apps' Internet permissions.
- Apple should let users encrypt their iCloud backups.
- Facebook should leave your phone number where you put it.
- Slack should give free workspace administrators control over data retention.
- Twitter should end-to-end encrypt direct messages.
- Venmo should let users hide their friends lists.
- Verizon should stop pre-installing spyware on its users' phones.
- WhatsApp should get your consent before you're added to a group.
- Windows 10 should let users keep their disk encryption keys to themselves.

It's 2019. We have the technology to fix these problems, and companies are running out of excuses to neglect security and privacy best practices. We hope that with a little more attention, these companies will take these issues seriously and fix them already.

Surveillance Capitalism



“Start-up Rezept”:

- Übergriff
- Gewöhnung
- Anpassung
- Neuausrichtung

Artikel 25, DSGVO

Datenschutz durch Technikgestaltung und
durch datenschutzfreundliche
Voreinstellungen

Privacy by design/default

Artikel 5 DSGVO

Grundsätze für die Verarbeitung personenbezogener Daten

(1) Personenbezogene Daten müssen

- a) auf rechtmäßige Weise, nach Treu und Glauben und in einer für die betroffene Person nachvollziehbaren Weise verarbeitet werden („Rechtmäßigkeit, Verarbeitung nach Treu und Glauben, **Transparenz**“);
 - b) für festgelegte, eindeutige und legitime Zwecke erhoben werden und dürfen nicht in einer mit diesen Zwecken nicht zu vereinbarenden Weise weiterverarbeitet werden; eine Weiterverarbeitung für im öffentlichen Interesse liegende Archivzwecke, für wissenschaftliche oder historische Forschungszwecke oder für statistische Zwecke gilt gemäß Artikel 89 Absatz 1 nicht als unvereinbar mit den ursprünglichen Zwecken („**Zweckbindung**“);
 - c) dem Zweck angemessen und erheblich sowie auf das für die Zwecke der Verarbeitung notwendige Maß beschränkt sein („**Datenminimierung**“);
 - d) sachlich richtig und erforderlichenfalls auf dem neuesten Stand sein; es sind alle angemessenen Maßnahmen zu treffen, damit personenbezogene Daten, die im Hinblick auf die Zwecke ihrer Verarbeitung unrichtig sind, unverzüglich gelöscht oder berichtigt werden („**Richtigkeit**“);
 - e) in einer Form gespeichert werden, die die Identifizierung der betroffenen Personen nur so lange ermöglicht, wie es für die Zwecke, für die sie verarbeitet werden, erforderlich ist; personenbezogene Daten dürfen länger gespeichert werden, soweit die personenbezogenen Daten vorbehaltlich der Durchführung geeigneter technischer und organisatorischer Maßnahmen, die von dieser Verordnung zum Schutz der Rechte und Freiheiten der betroffenen Person gefordert werden, ausschließlich für im öffentlichen Interesse liegende Archivzwecke oder für wissenschaftliche und historische Forschungszwecke oder für statistische Zwecke gemäß Artikel 89 Absatz 1 verarbeitet werden („**Speicherbegrenzung**“);
 - f) in einer Weise verarbeitet werden, die eine angemessene Sicherheit der personenbezogenen Daten gewährleistet, einschließlich Schutz vor unbefugter oder unrechtmäßiger Verarbeitung und vor unbeabsichtigtem Verlust, unbeabsichtigter Zerstörung oder unbeabsichtigter Schädigung durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen („**Integrität und Vertraulichkeit**“);
- (2) Der Verantwortliche ist für die Einhaltung des Absatzes 1 verantwortlich und muss dessen Einhaltung nachweisen können („**Rechenschaftspflicht**“).

Art. 32: Sicherheit der Verarbeitung!

(1) Unter Berücksichtigung des **Standes der Technik**, der **Implementierungskosten** und der **Art, des Umfangs, der Umstände und der Zwecke der Verarbeitung** sowie der unterschiedlichen **Eintrittswahrscheinlichkeit und Schwere des Risikos** für die Rechte und Freiheiten natürlicher Personen treffen der Verantwortliche und der Auftragsverarbeiter **geeignete technische** und organisatorische **Maßnahmen, um ein dem Risiko angemessenes Schutzniveau zu gewährleisten**; diese Maßnahmen schließen unter anderem Folgendes ein: %

Art. 32: Sicherheit der Verarbeitung?

(1) Unter Berücksichtigung...

- a) **Pseudonymisierung und Verschlüsselung** personenbezogener Daten
- b) **Vertraulichkeit, Integrität, Verfügbarkeit** und Belastbarkeit der Systeme und Dienste im Zusammenhang mit der Verarbeitung auf Dauer sicherzustellen
- c) **Verfügbarkeit** der personenbezogenen Daten und den Zugang zu ihnen bei einem physischen oder technischen Zwischenfall rasch wiederherzustellen
- d) **regelmäßigen Überprüfung, Bewertung und Evaluierung** der Wirksamkeit der technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit der Verarbeitung

Entwicklungen

- Web
- P2P
- Mobile
- M2M
- Ad-hoc
- Deep Web
- Dark Web
- IoT
- 5G



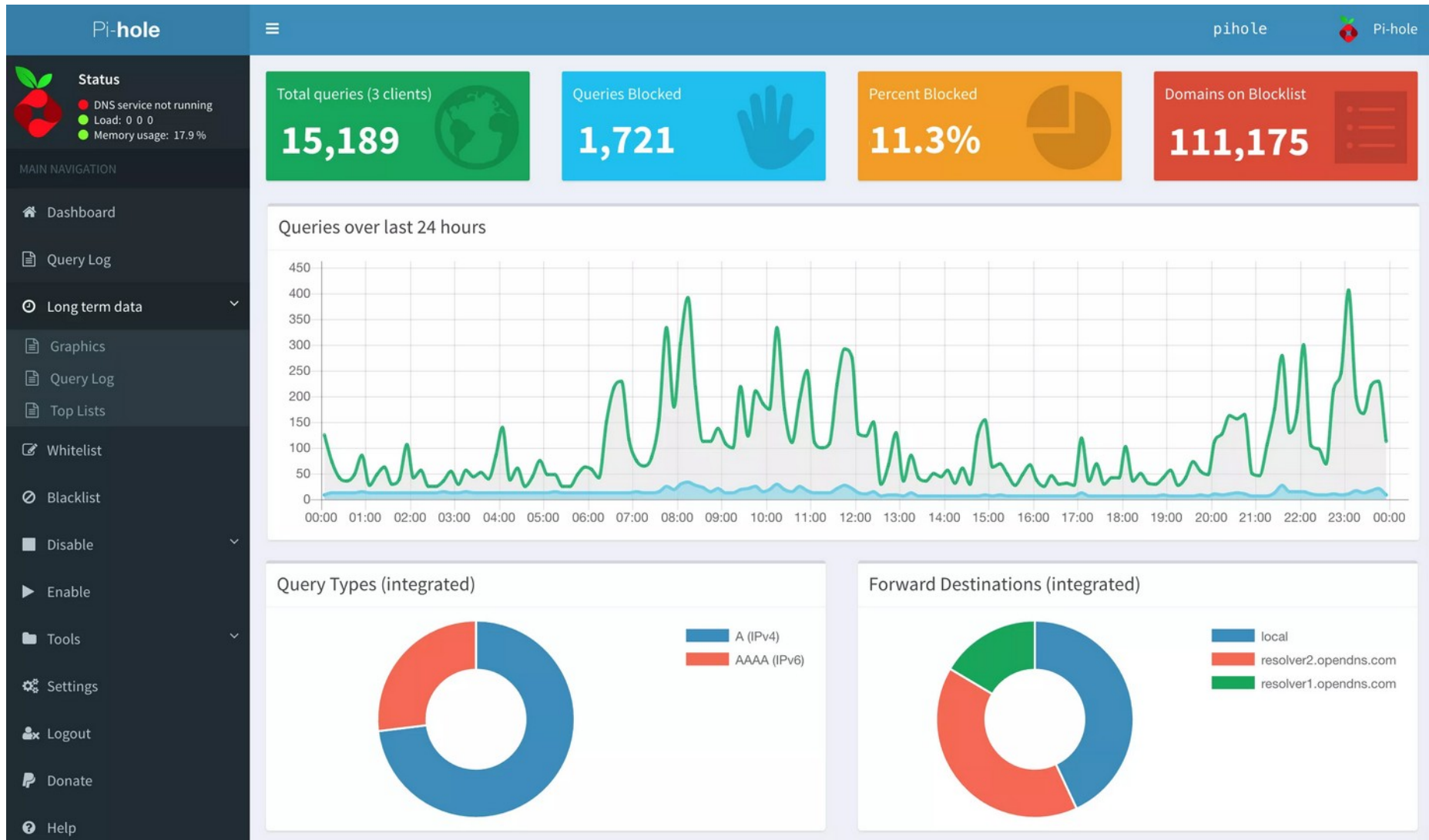
Smartphone oder PC?



Hilfe oder Spionage?



Selbstverteidigung?



Zum Vor- und Nachlesen

- Andrew S. Tanenbaum,
“Computernetzwerke”, v5, 2012
bis ca Seite 563 v 1032
- James F. Kurose, Keith W. Ross,
„Computernetzwerke”, v6, 2014
- Institutsbibliothek
- IEEE, ACM, IETF, Wikipedia



Abgrenzung

- Kein “Internet-Kurs”
 - SEO?
- Wenig Nachrichtentechnik
 - Hohlleiter?
- Viele englische Fachbegriffe
 - Safety = Security?

Altertum

- Fackeltelegraphie bereits im 5. Jhd. v. Chr. (Griechenland)
- **Protokoll** von Polybios (2. Jhd. v. Chr., Griechenland):
- Einteilung/**Kodierung** des Alphabets in 5 Gruppen zu 5 bzw. 4 Zeichen
- 2 Gruppen von je 5 Fackeln (hinter einer Wand)
- **Verbindungsaufbau:**
 - 1. Sendeabsicht: Heben von 2 Fackeln
 - 2. Empfangsbereitschaft: Heben von 2 Fackeln
 - 3. Senken der Fackeln
- **Datenübertragung** für jedes Zeichen:
 - 1. Heben von Fackeln über die linke Hälfte der Wand zur Bekanntgabe der Zeichengruppe
 - 2. Senken der Fackeln
 - 3. Heben von Fackeln über die rechte Hälfte der Wand zur Bekanntgabe des Zeichens
 - 4. Senken der Fackeln

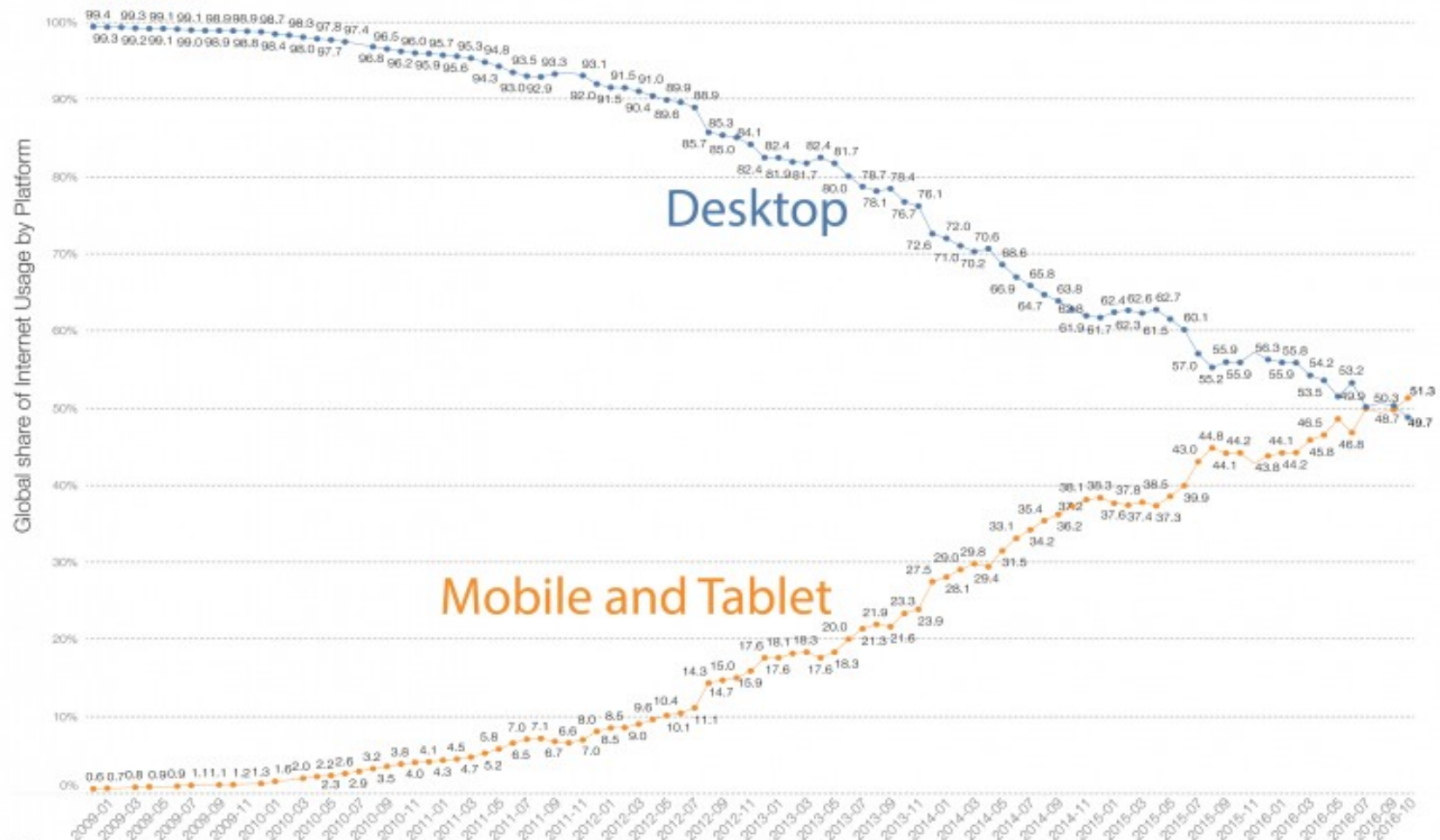
Geschichte der elektr. Komm.

- 1843 erste elektrische Telegraphen-Leitung in Deutschland
- 1851 London - Paris
- 1852 bereits 6'400km Kabel in England
- 1857 erstes Seekabel: Telegrafie-Verbindung Irland-Neufundland
- 1866 London - New York
- 1876 Bell: "This 'phone' has way to many shortcomings for us to consider it as a serious way of communicating. The unit is worthless to us."
- 1870 London – Bombay in 4 Minuten 22 Sekunden
- 1880 erste öffentliche Telefonnetze
- 1889 Erfindung der automatischen Vermittlung
- 1900-1907 Transatlantik Verbindung
- 1914 erst ca. 3% Selbstwählende Anschlüsse in Deutschland
- 1923 Rundfunk
- 1924 in 80 Sekunden um die Welt
- 1960 digitale Übertragung analoger Signale
- 1964 Nachrichtensatelliten
- 1966 Glasfaser
- Beginn des Internet: ~1980
- Anfang der Entwicklung in Europa: ~1990
- .com überholt .edu um ca. 1994
- http://de.wikipedia.org/wiki/Chronologie_des_Internets ;)

Desktop vs Mobile devices

Global share of internet usage by platform worldwide (2009 to October 2016)

These estimates are published by StatCounter.com



Data source: StatCounter (accessed 1 November 2016)

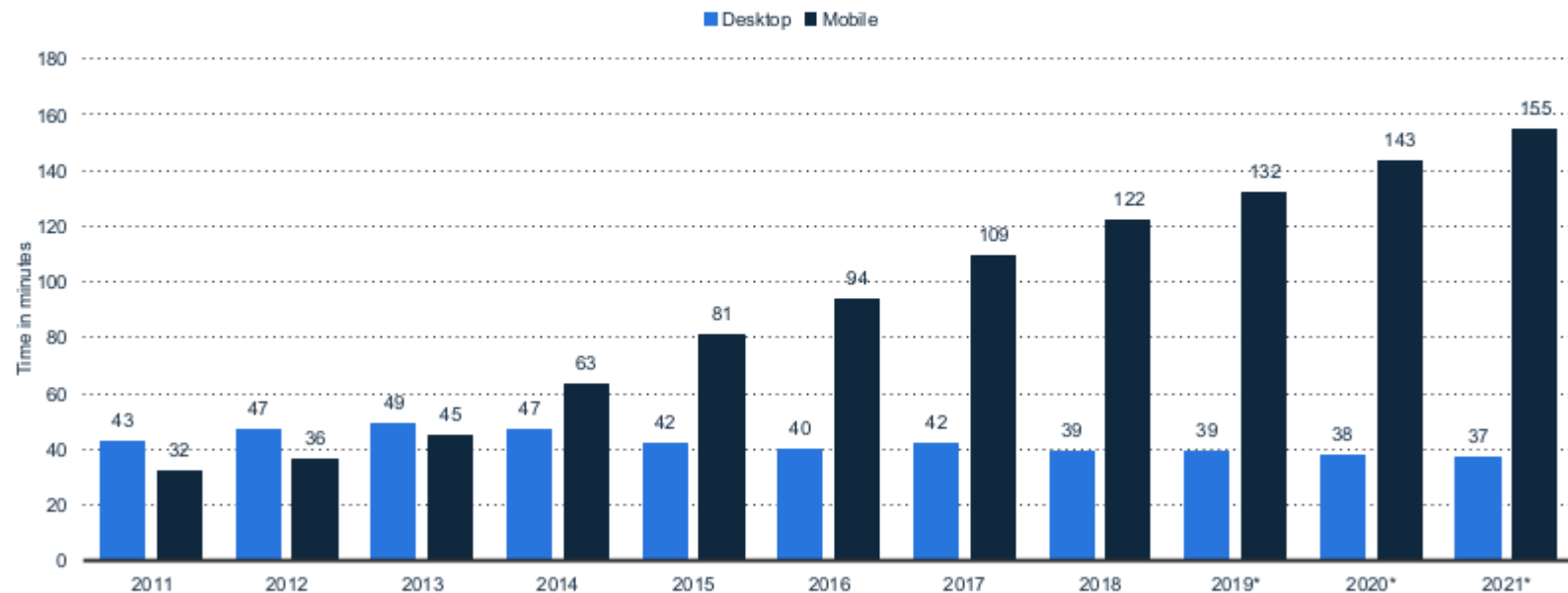
The interactive data visualization is available at OurWorldinData.org. There you find the raw data and more visualizations on this topic.

Licensed under CC-BY-SA by the author Max Roser.

Desktop vs Mobile usage

Daily time spent with the internet per capita worldwide from 2011 to 2021, by device (in minutes)

Daily internet usage per capita worldwide 2011-2021, by device



Note: Worldwide; 2011 to 2018

Further information regarding this statistic can be found on [page 103](#).

Source(s): Zenith; [ID 319732](#)

36

Online usage **statista**

Computer Network

- Computer network:

1. A **network of data processing** nodes that are interconnected for the purpose of **data communication**.
2. A **communications network** in which the end instruments are computers.

- **American National Standard T1.523-001**

<https://glossary.atis.org/home/>

Ziele von Rechnernetzen

- Gemeinsame Nutzung von Ressourcen
- Hohe Zuverlässigkeit
- Kosteneinsparung
- Skalierbarkeit
- **Kommunikation!**
 - Zugriff auf entfernte Informationen
 - Interpersonelle Anwendungen
 - Interaktive Unterhaltung

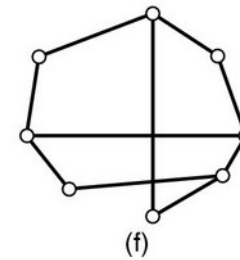
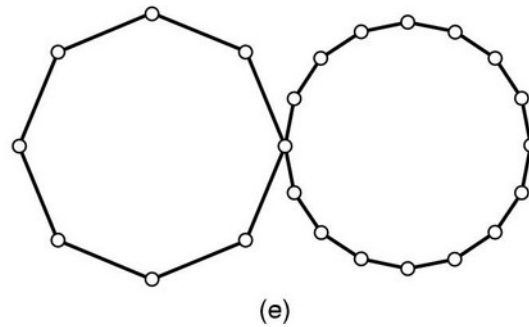
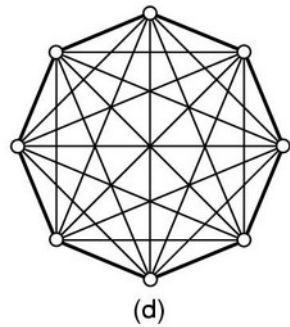
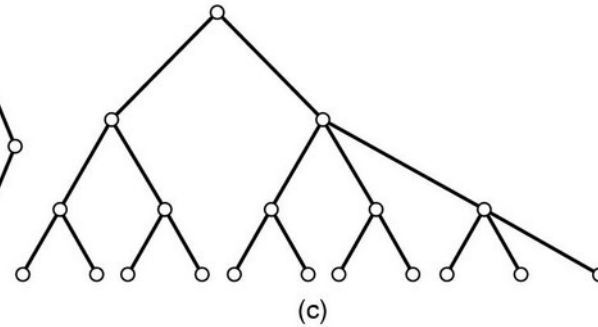
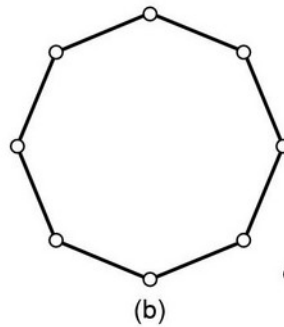
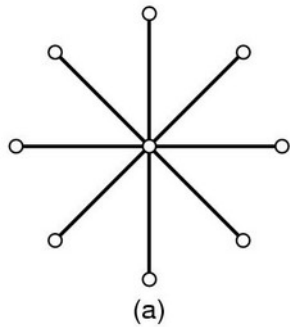
Netze: Übertragungsart

- Rundfunk (broadcast)
- ...
- Punkt-zu-Punkt (point-to-point)

Netze: Reichweite

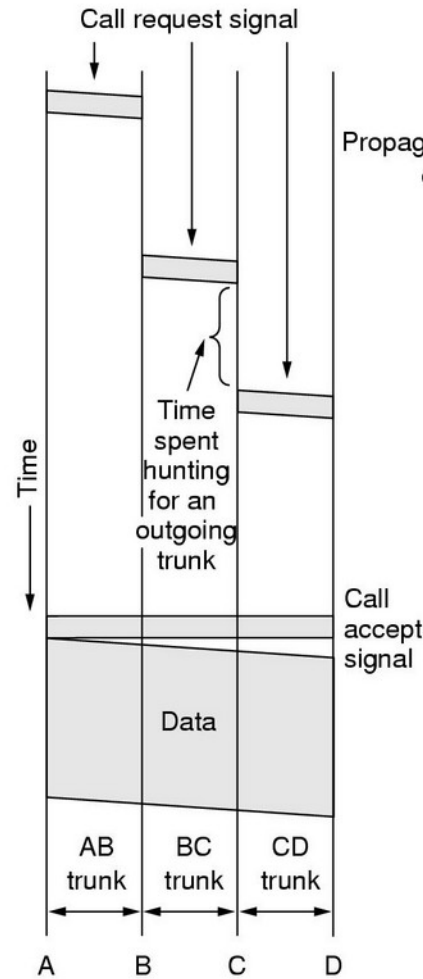
Interprocessor distance	Processors located in same	Example
0.1 m	Circuit board	Data flow machine
1 m	System	Multicomputer
10 m	Room	Local area network
100 m	Building	
1 km	Campus	
10 km	City	Metropolitan area network
100 km	Country	Wide area network
1,000 km	Continent	
10,000 km	Planet	The Internet

Netze: Topologien

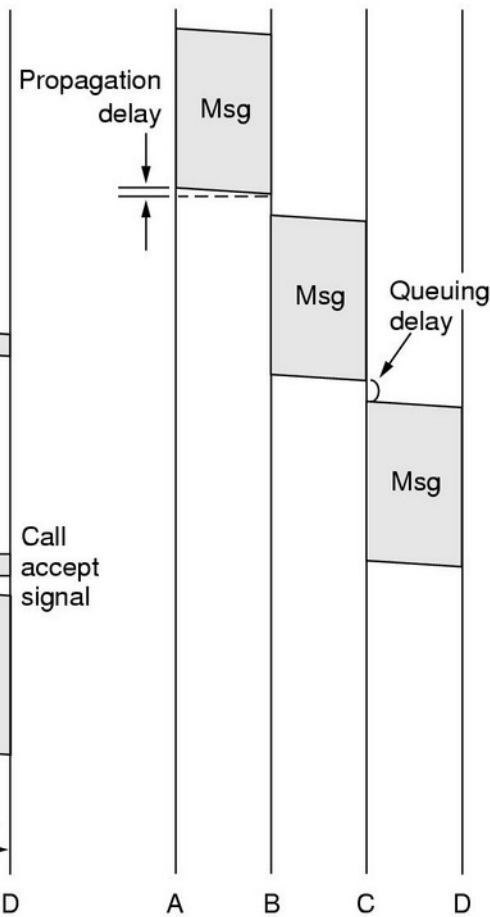


Netze: Vermittlung

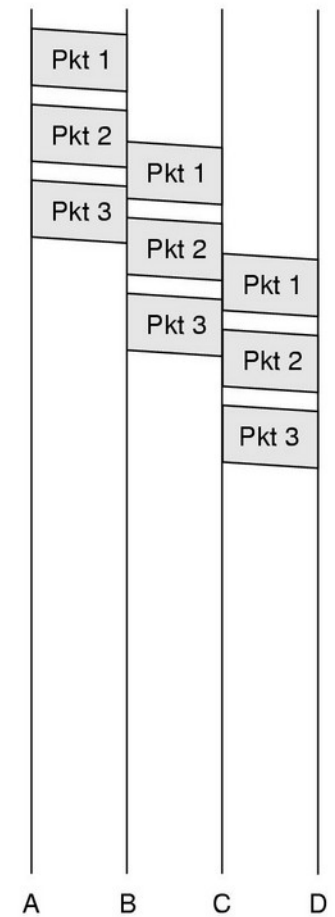
- Leitung
- Paket
- Nachrichten



(a)



(b)



(c)

Netze: Zugang

- dynamisch
 - Kanalzugang (Ethernet, WiFi, ...)
 - Netzwerkzugang (Dial-up, VPN, ...)
 - Dienstzugang (Socket, NAPI, ...)
 - SDN
- statisch

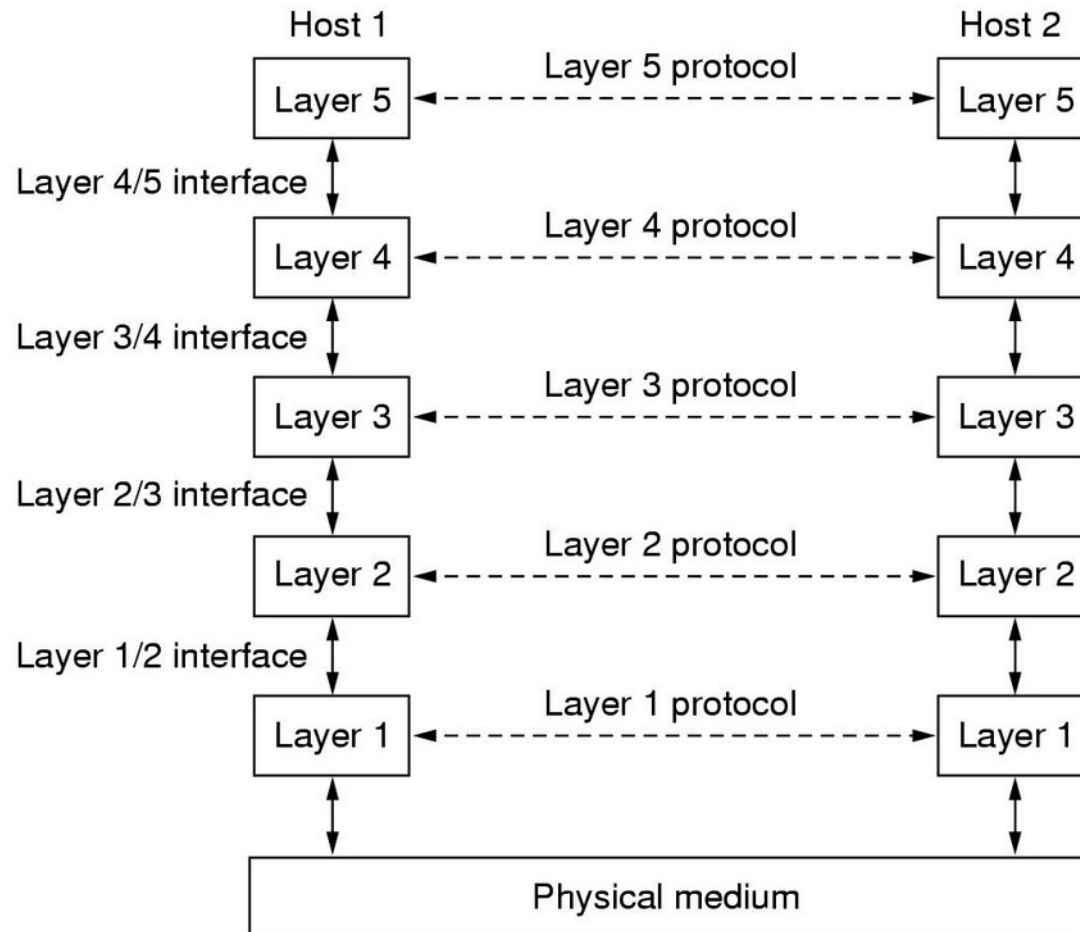
Netze: Übertragungsart

- synchron
 - Taktgeber, Uhr, GPS, NTP, ...
 - SONET, SDH, ISDN, ...
 - Multimedia, IPTV, IPTel, ...
- asynchron
 - Statistical Mux, ATM, Ethernet, ...
 - IP, file transfer

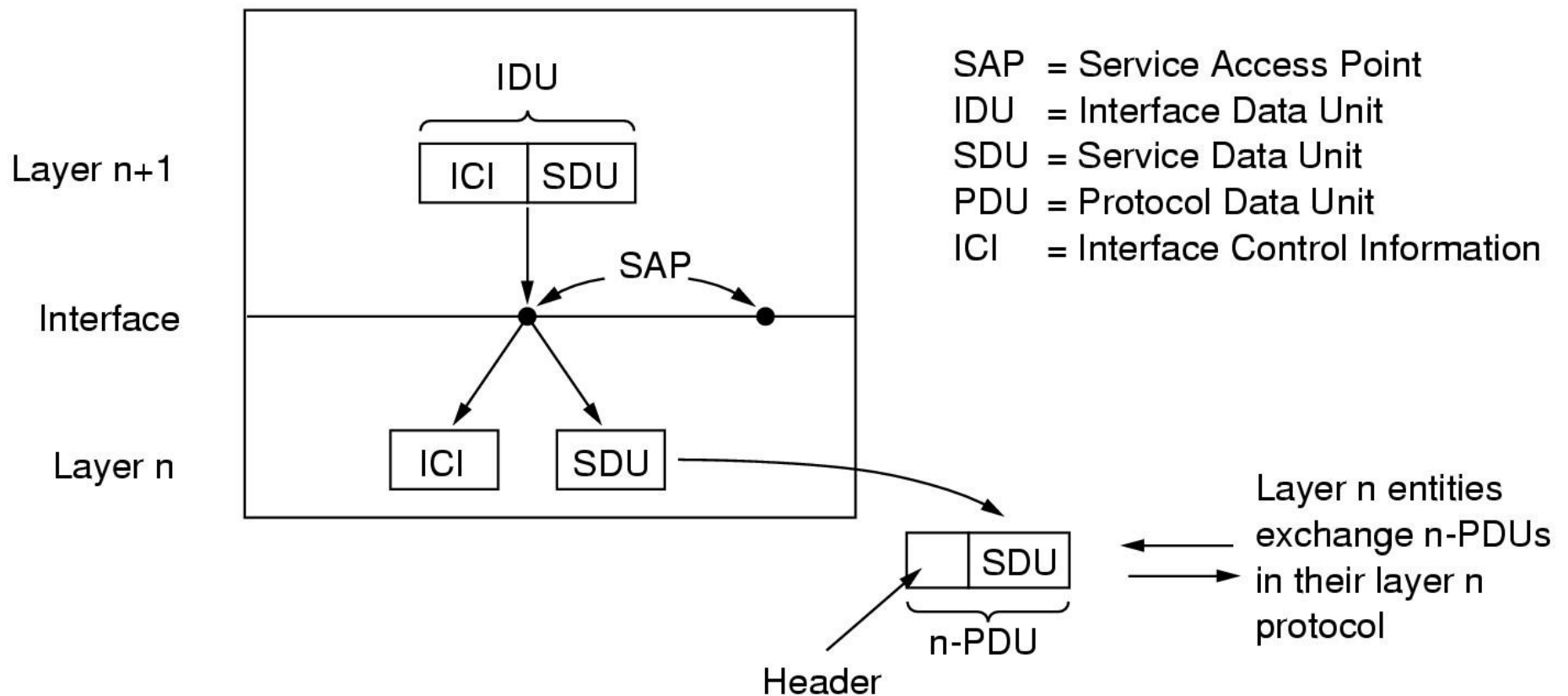
Netze: Entwurfsaspekte

- Geschwindigkeit
- Medium
- Ausfallssicherheit
- Fehlerhäufigkeit
- Ausdehnung
- Kosten

Schichten und Protokolle



Schichten und Schnittstellen



Dienstarten

		Service	Example
Connection-oriented	{	Reliable message stream	Sequence of pages
		Reliable byte stream	Remote login
		Unreliable connection	Digitized voice
Connection-less	{	Unreliable datagram	Electronic junk mail
		Acknowledged datagram	Registered mail
		Request-reply	Database query

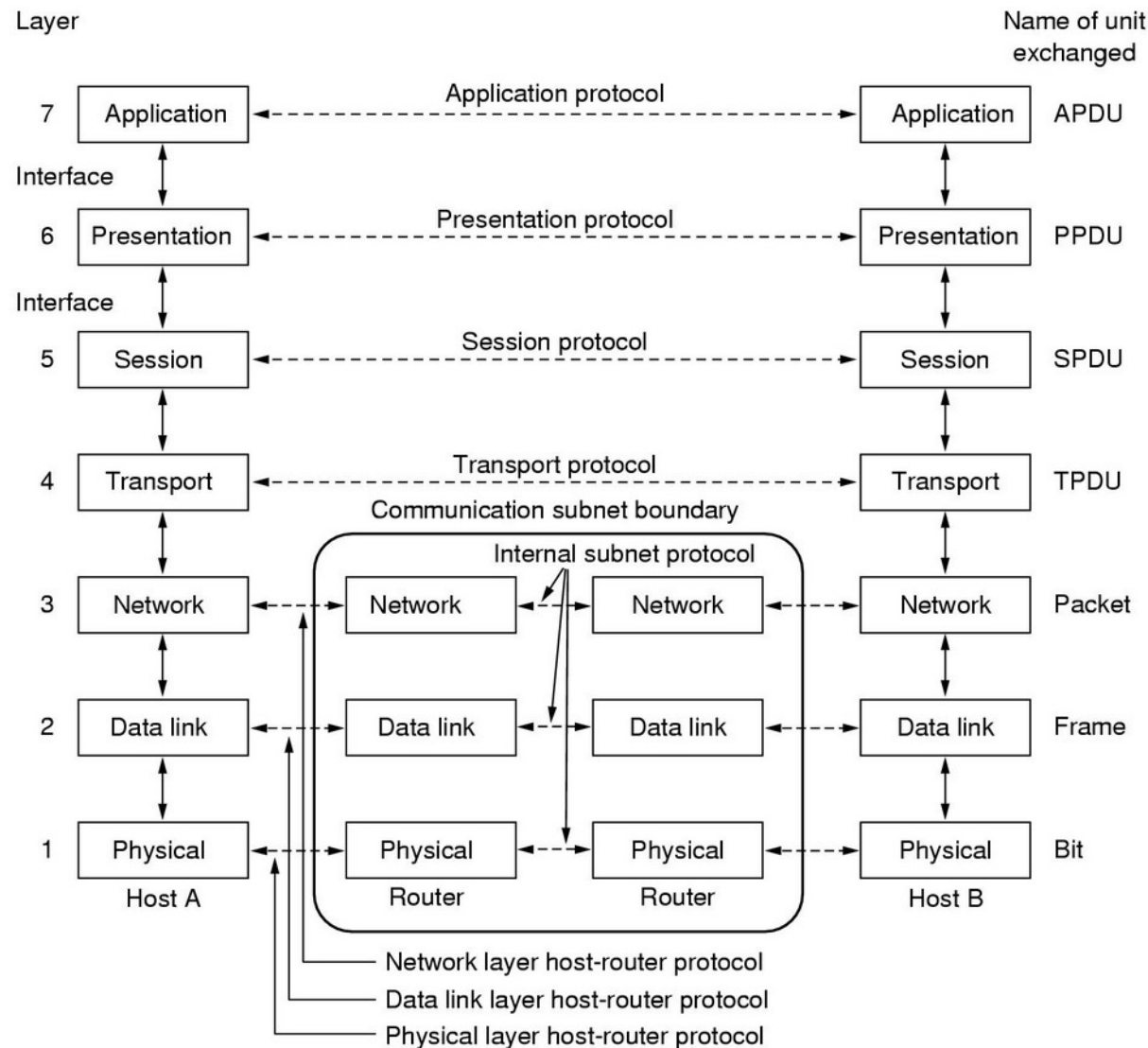
Dienstprimitiven

- Anfrage (request)
- Anzeige (indication)
- Antwort (response)
- Bestätigung (confirm)

Dienst: Beispiel

- CONNECT.request
- CONNECT.indication
- CONNECT.response
- CONNECT.confirm
- DATA.request
- DATA.indication
- DISCONNECT.request
- DISCONNECT.indication

ISO/OSI-Referenzmodell

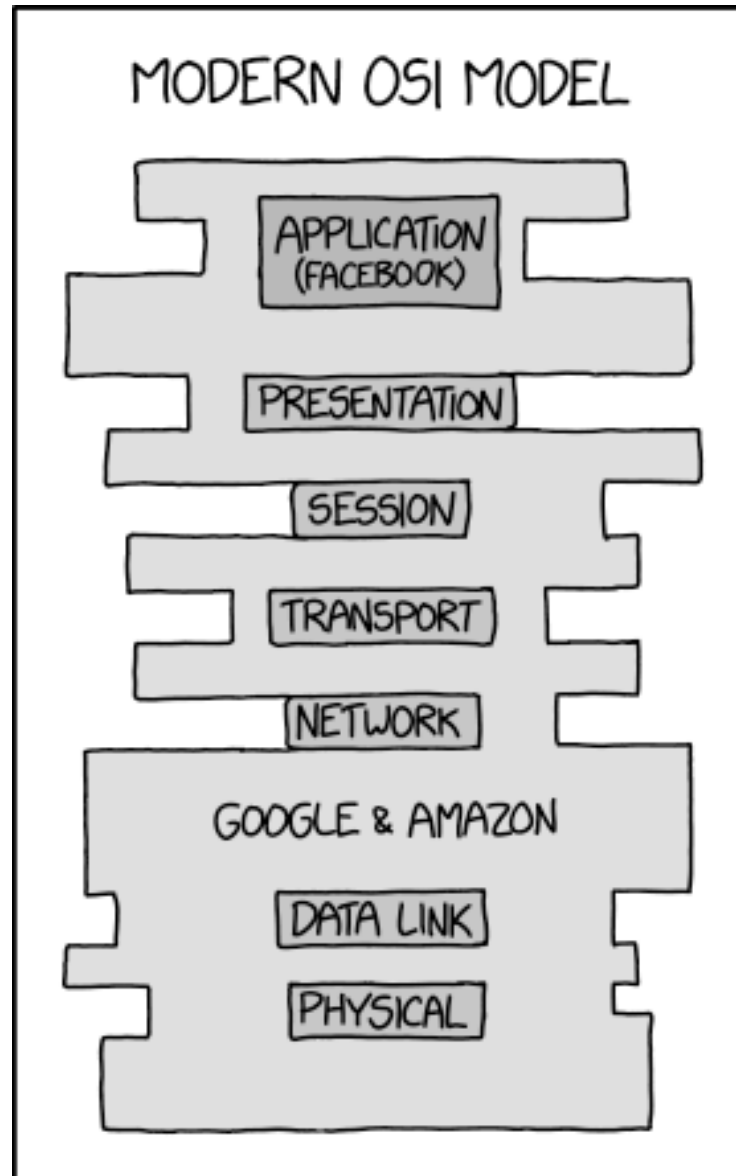


Protocol Stacks

RFC 1122 , Internet STD 3 (1989)	Cisco Academy ^[30]	Kurose, ^[31] Forouzan ^[32]	Comer, ^[33] Kozierok ^[34]	Stallings ^[35]	Tanenbaum ^[36]	Mike Padlipsky's 1982 "Arpanet Reference Model" (RFC 871)	OSI model
Four layers	Four layers	Five layers	Four+one layers	Five layers	Five layers	Three layers	Seven layers
"Internet model"	"Internet model"	"Five-layer Internet model" or "TCP/IP protocol suite"	"TCP/IP 5-layer reference model"	"TCP/IP model"	"TCP/IP 5-layer reference model"	"Arpanet reference model"	OSI model
Application	Application	Application	Application	Application	Application	Application/Process	Application Presentation Session
Transport	Transport	Transport	Transport	Host-to-host or transport	Transport	Host-to-host	Transport
Internet	Internetwork	Network	Internet	Internet	Internet		Network
Link	Network interface	Data link	Data link (Network interface)	Network access	Data link	Network interface	Data link
		Physical	(Hardware)	Physical	Physical		Physical

https://en.wikipedia.org/wiki/TCP/IP_model

xkcd.com ;)



Pedagogic cybersecurity framework

Layer	Vulnerability
1. Physical	Cut the wire; stress equipment; wiretap
2. Data link	Add noise or delay (threatens availability)
3. Network	DNS and BGP attacks; false certificates
4. Transport	Man in the middle
5. Session	Session splicing (Firesheep); MS SMB
6. Presentation	Attacks on encryption; ASN-1 parser attack
7. Application	Malware; manual exploitation of vulnerabilities; SQL injection; buffer overflow
8. Organization	A: Insider attacks; poor training or policies B: Sub-contractors with weak cybersecurity; lack of information sharing C: Weak technical or organizational standards
9. Government	A: Laws prohibiting effective cybersecurity (for example, limits on encryption); weak laws for IoT or other security B: Badly drafted cybercrime laws (for example, prohibiting security research) C: Excessive government surveillance
10. International	A: Nation-state cyberattacks B: Lack of workable international agreements to limit cyberattacks C: Supranational legal rules that weaken cybersecurity (for example, some International Telecommunications Union proposals)

Physical - Bitübertragung

- Schnittstellen
 - Mechanische (Stecker)
 - Elektrische (Pegel)
 - Prozedurale (Verfahren)
- Signale
- Laufzeiten

Data Link – Sicherung/Leitung

- Rahmen (data frames)
- Fehlererkennung
- Fehlerkorrektur
- Flusssteuerung
- Kanalzugriff (MAC, nicht MAC oder MAC)

Network - Vermittlung

- Paket (packet)
- Auswahl von Routen
 - Statisch/dynamisch
 - Kosten/Geschwindigkeit
- Abrechnung
- Behandlung von Überlast
- Adresswandlung

Transport – End-zu-End

- Verbindungsorientiert/-los
- Fehlererkennung/-korrektur
- Flusssteuerung
- Multiplex
- Mehrfachnutzung

Session - Sitzung

- An-/Abmeldung, Auf-/Abbau
- Dialogsteuerung
- Token-Management
- Synchronisation

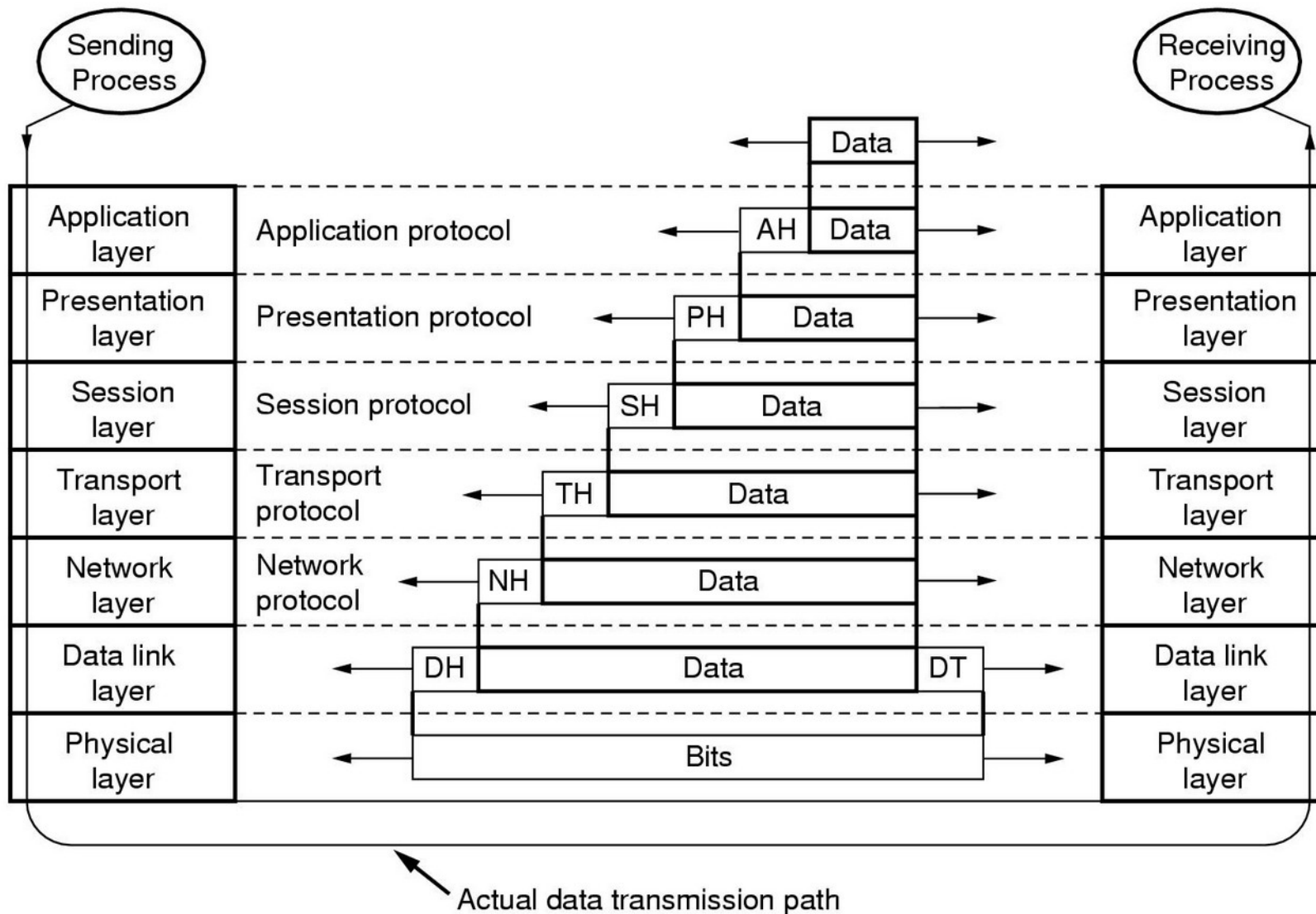
Presentation - Darstellung

- Syntax und Semantik
- Kodierung
- Standarddarstellung
- Zeichenwandlung
- Byte Reihenfolge

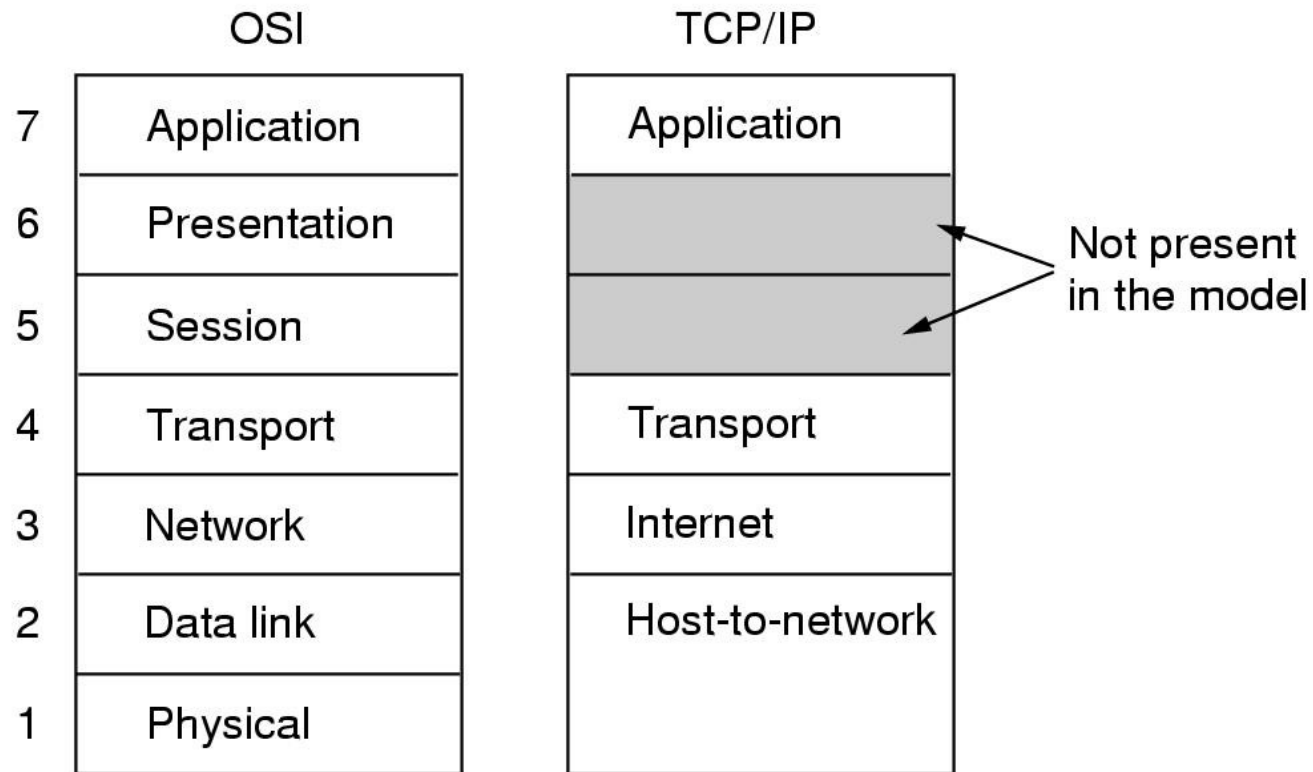
Application - Anwendung

- Abstraktion von Diensten
 - Terminal: Cursor, Textzeilen
 - Dateitransfer: Dateinamen
 - E-mail: Adressen
 - Entfernte Ausführung: Aufgabenverteilung

ISO/OSI-RM Beispiel



OSI vs TCP/IP



Protokolle der TCP/IP Suite

Internet protocol suite

Application layer

BGP • DHCP • DNS • FTP • HTTP • HTTPS
• IMAP • LDAP • MGCP • MQTT • NNTP •
NTP • POP • ONC/RPC • RTP • RTSP • RIP •
SIP • SMTP • SNMP • SSH • Telnet •
TLS/SSL • XMPP • *more...*

Transport layer

TCP • UDP • DCCP • SCTP • RSVP •
more...

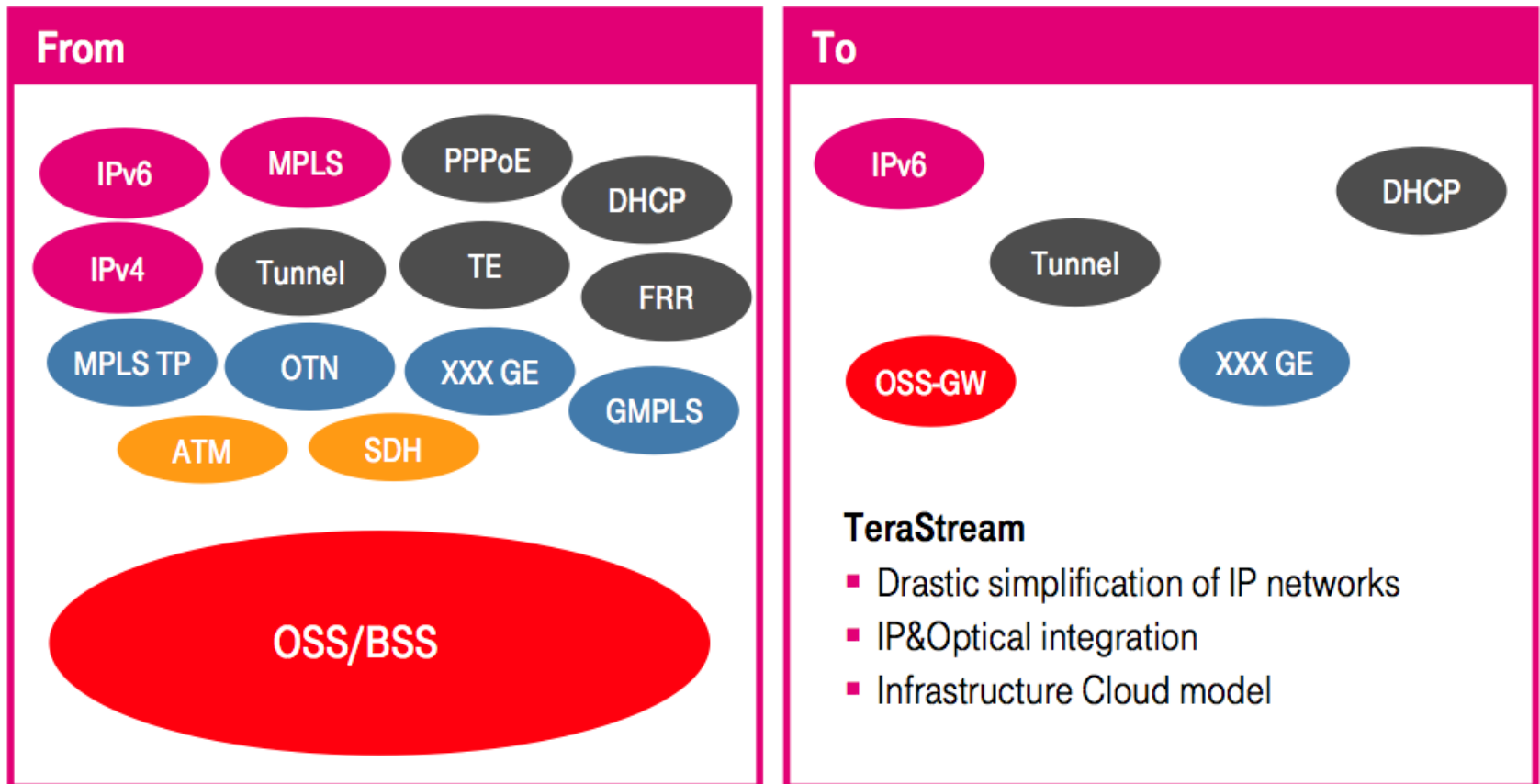
Internet layer

IP (IPv4 • IPv6) • ICMP • ICMPv6 • ECN •
IGMP • IPsec • *more...*

Link layer

ARP • NDP • OSPF • Tunnels (L2TP) • PPP
• MAC (Ethernet • Wi-Fi • DSL • ISDN •
FDDI)
more...

Einfach(er)?!

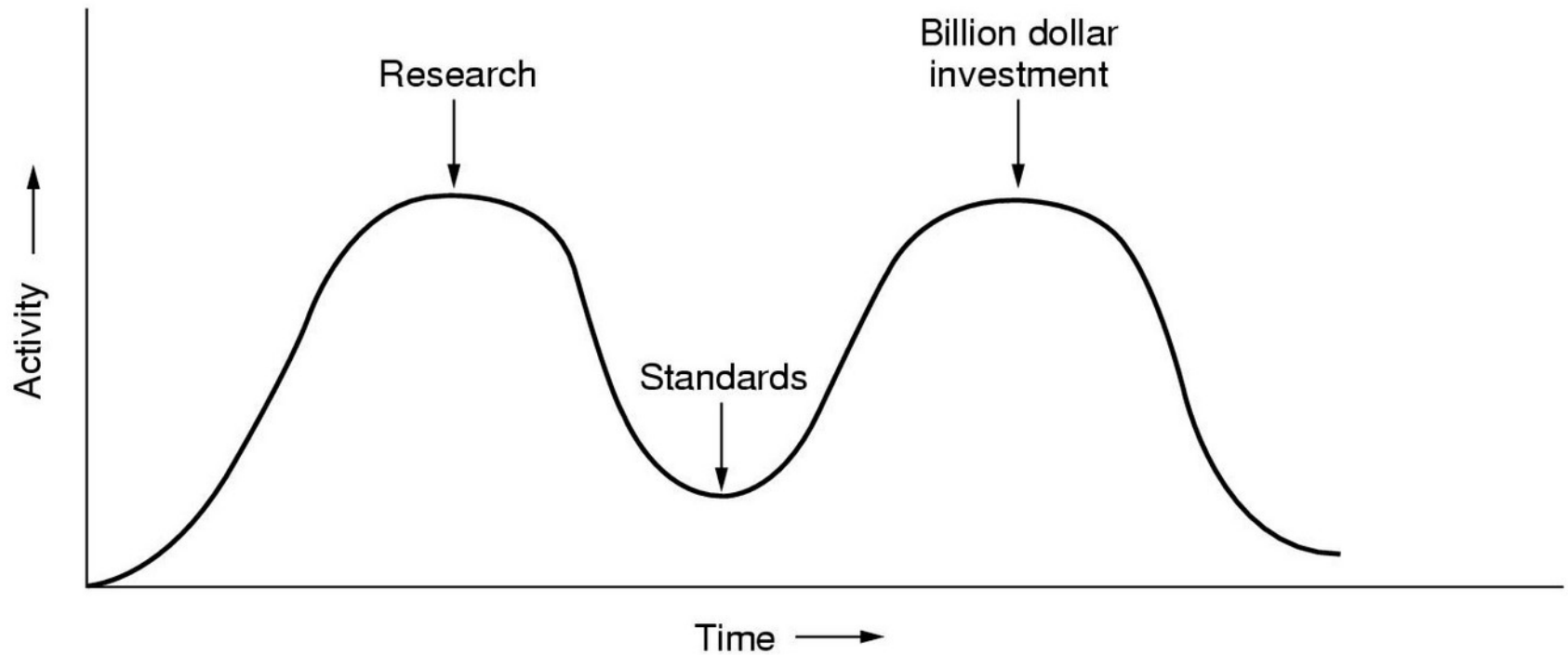


OSS

OSS

OSS/BSS

Dilemma



“Gremien”

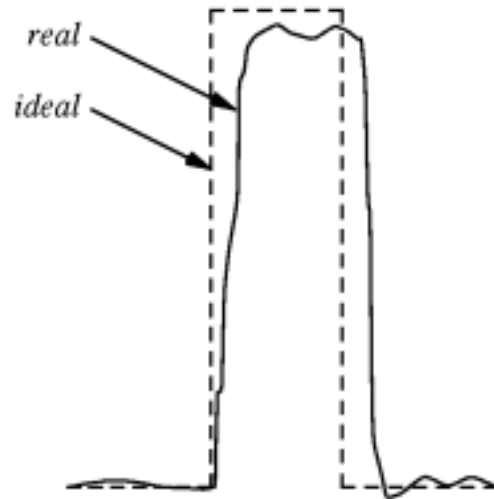
- ISO (ANSI, BSI, DIN, ...)
- ITU-T
- ETSI
- IEEE
- IAB, Internet Society
- IETF, IRTF
- IANA, ICANN, RIPE, ...

Physische Medien

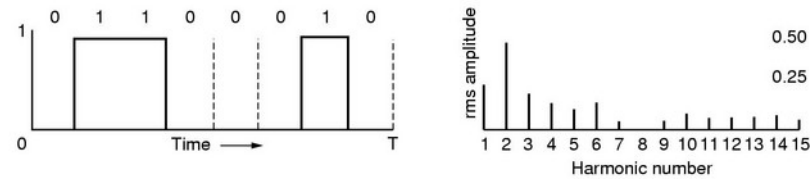
- Twisted Pair
- Coax
- Glass Fiber

- Radio
- Satellites
- Microwave
- Infrared
- Laser

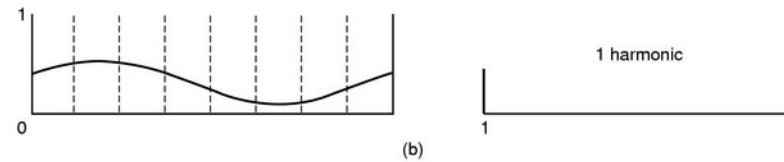
Signalbeschränkung



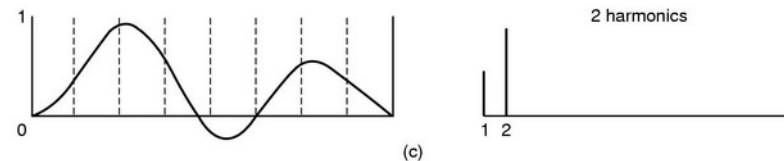
Fourier-Analyse



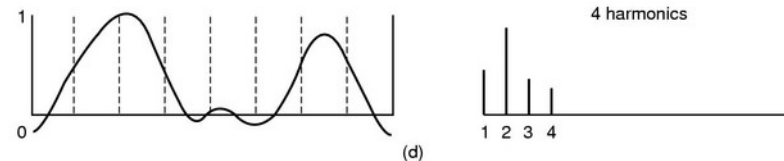
(a)



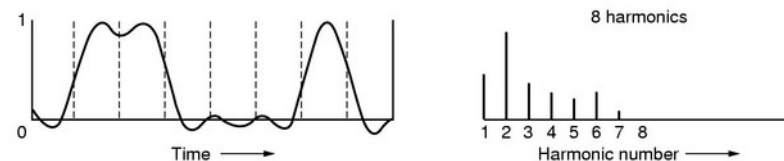
(b)



(c)



(d)



(e)

Nyquist 1924

- **Nyquist's theorem:** A theorem, developed by H. Nyquist, which states that an **analog signal waveform** may be uniquely reconstructed, without **error**, from samples taken at equal **time** intervals. The **sampling rate** must be equal to, or greater than, twice the highest **frequency component** in the analog signal. *Synonym **sampling theorem**.*
- **Satz von Nyquist:** Die Wellenform eines analogen Signals kann eindeutig und fehlerfrei aus Abtastungen an gleichen Zeitintervallen rekonstruiert werden. Die Abtastrate muss dabei mindestens doppelt so groß wie die höchste Frequenzkomponente des analogen Signals sein.
- **$C = 2W \log_2 M$**

Claude Shannon 1948

- **"The fundamental problem of communication is that of reproducing at one point either exactly or approximately a message selected at another point."**
- Shannon's law: A statement defining the theoretical maximum rate at which error-free digits can be transmitted over a bandwidth-limited channel in the presence of noise, usually expressed in the form $C = W \log_2(1 + S/N)$, where C is the channel capacity in bits per second, W is the bandwidth in hertz, and S/N is the signal-to-noise ratio. Note: Error-correction codes can improve the communications performance relative to uncoded transmission, but no practical error correction coding system exists that can closely approach the theoretical performance limit given by Shannon's law.
- Gesetz von Shannon: Definiert die theoretisch mögliche maximale Rate mit der fehlerfreie Zeichen über einen bandbreitenlimitierten verrauschten Kanal übertragen werden können, mathematisch ausgedrückt in der Form: $K = B * \log_2(1 + S/R)$, wobei K die Kanalkapazität in Bits pro Sekunde, B die Bandbreite in Hertz und S/R der Signal-Rauschabstand ist. Beachte: Fehlerkorrigierende Codes können die Kommunikationsgeschwindigkeit zwar relativ zu unkodierten Übertragungen verbessern, aber kein praktikables Fehlerkorrekturverfahren kann das theoretische Limit von Shannon erreichen.
- **$C = W \log_2(1 + S/N)$**

Errors

- **error:** **1.** The difference between a computed, estimated, or measured value and the true, specified, or theoretically correct value. **2.** A deviation from a correct value caused by a malfunction in a **system** or a **functional unit**. *Note:* An example of an error is the occurrence of a wrong **bit** caused by an equipment malfunction.
- **Fehler:** **1.** Die Differenz zwischen einem berechneten, geschätzten oder gemessenen Wert und dem wahren, spezifizierten oder theoretisch richtigen Wert. **2.** Eine Abweichung von einem richtigen Wert verursacht von einer Fehlfunktion in einem System oder einer funktionellen Einheit. Beachte: Ein Fehler ist z.B. das Auftreten eines falschen Bits verursacht durch einem Gerätefehler.

Noise

- **noise:** 1. An undesired disturbance within the **frequency band** of interest; the summation of unwanted or disturbing energy introduced into a **communications system** from man-made and natural sources. 2. A disturbance that affects a **signal** and that may distort the **information** carried by the signal. 3. Random variations of one or more characteristics of any entity such as voltage, current, or **data**. 4. A random signal of known statistical properties of amplitude, distribution, and **spectral density**. 5. *Loosely*, any disturbance tending to interfere with the normal **operation** of a device or system.

Hertz

- **hertz (Hz):** 1. The SI unit of **frequency**, equal to one cycle per second. *Note:* A periodic phenomenon that has a period of one second has a frequency of one hertz. 2. A unit of frequency which is equivalent to one cycle per second.

Bit

- **bit:** *Abbreviation for **binary digit**.* **1.** A character used to represent one of the two digits in the numeration **system** with a base of two, and only two, possible states of a physical entity or system. **2.** In **binary notation** either of the characters 0 or 1. **3.** A unit of **information** equal to one binary decision or the designation of one of two possible and equally likely states of anything used to store or convey information.

Serial transmission

- **serial transmission:** The sequential **transmission** of the **signal** elements of a **group** representing a **character** or other entity of **data**. *Note:* The characters are transmitted in a **sequence** over a single **line**, rather than simultaneously over two or more lines, as in **parallel transmission**. The sequential elements may be transmitted with or without interruption. *Synonym* **sequential transmission**.

Parallel Transmission

- **parallel transmission:** 1. The simultaneous transmission of the signal elements of a character or other data item. 2. In digital communications, the simultaneous transmission of related signal elements over two or more separate paths. *Note:* Protocols for parallel transmission, such as those used for computer ports, have been standardized by ANSI.

Baud

- **baud (Bd):** 1. A unit of **modulation rate**. *Note:* One baud corresponds to a rate of one **unit interval** per second, where the modulation rate is expressed as the reciprocal of the duration in seconds of the shortest unit interval. 2. A unit of **signaling** speed equal to the number of discrete **signal** conditions, variations, or events per second. *Note 1:* If the duration of the unit interval is 20 milliseconds, the signaling speed is 50 bauds. If the signal transmitted during each unit interval can take on any one of n discrete states, the **bit rate** is equal to the rate in bauds times $\log_2 n$. The technique used to **encode** the allowable signal states may be any combination of amplitude, **frequency**, or **phase modulation**, but it cannot use a further **time-division multiplexing** technique to subdivide the unit intervals into multiple subintervals. In some **signaling** systems, non-**information**-carrying signals may be inserted to facilitate **synchronization**; e.g., in certain forms of **binary modulation coding**, there is a forced inversion of the **signal** state at the center of the **bit** interval. In these cases, the synchronization signals are included in the calculation of the rate in bauds but not in the computation of **bit rate**. *Note 2:* *Baud* is sometimes used as a synonym for *bit-per-second*. This usage is deprecated.

Signal

- **signal:** 1. Detectable transmitted energy that can be used to carry **information**. 2. A **time**-dependent variation of a characteristic of a physical phenomenon, used to convey information. 3. As applied to electronics, any transmitted electrical **impulse**. 4. Operationally, a type of **message**, the text of which consists of one or more letters, words, characters, signal flags, visual displays, or special sounds, with prearranged meaning and which is conveyed or transmitted by visual, acoustical, or electrical means.

Message

- **message:** 1. Any thought or idea expressed briefly in a plain or secret **language**, prepared in a form suitable for **transmission** by any means of communication. *Note:* A message may be a one-unit message or a multiunit message. 2. [In telecommunications,] **Record information** expressed in plain or encrypted language and prepared in a **format** specified for intended transmission by a telecommunications **system**. 3. An arbitrary amount of information whose beginning and end are defined or implied.

Format

- **format:** 1. The arrangement of bits or characters within a **group**, such as a **word**, **message**, or **language**. 2. The shape, size, and general makeup of a document.

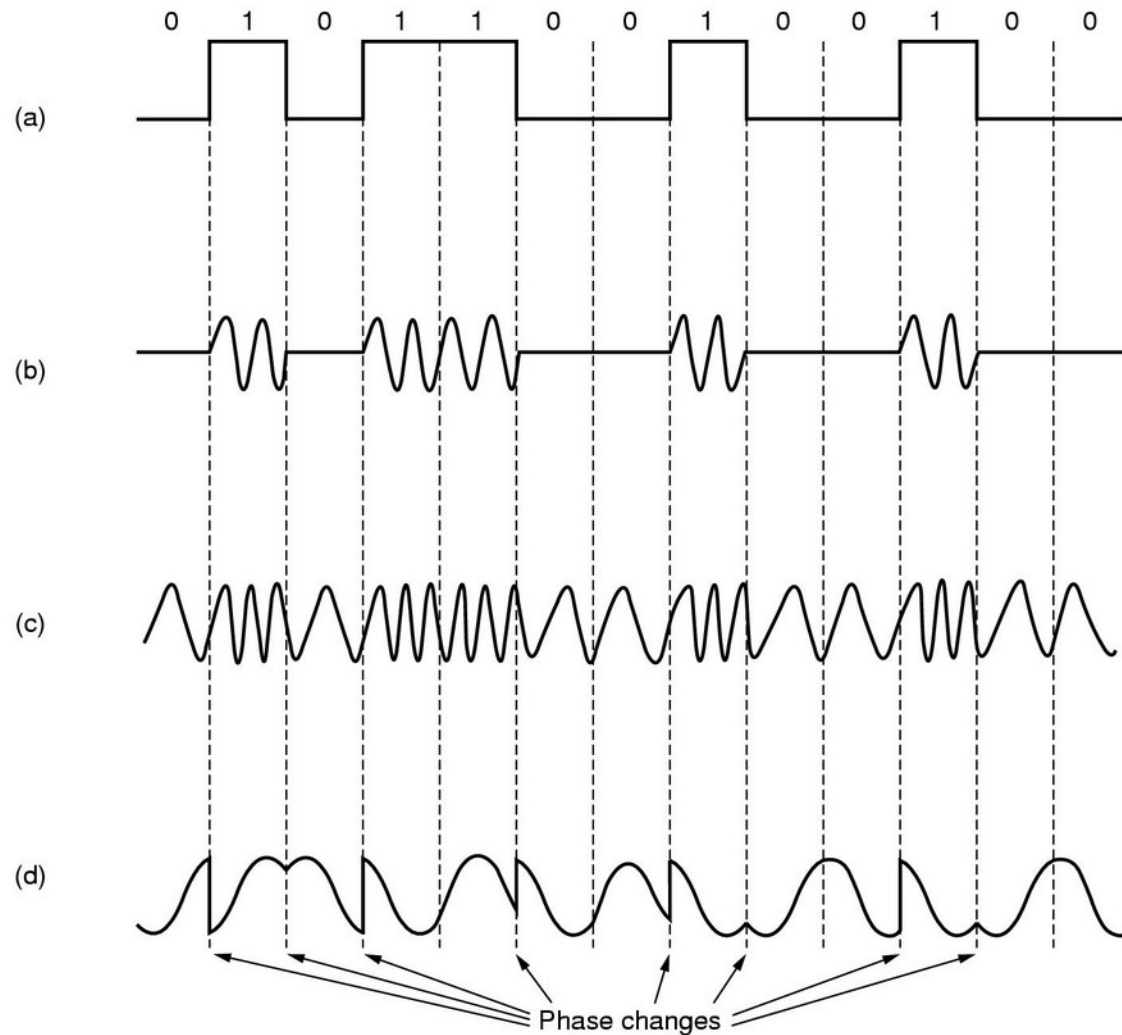
Language

language: A set of characters, conventions, and rules that is used for conveying information.

Einfache Modulationsarten

- Amplitudenmodulation
- Frequenzmodulation
- Phasen-/Winkelmodulation

Modulation Types



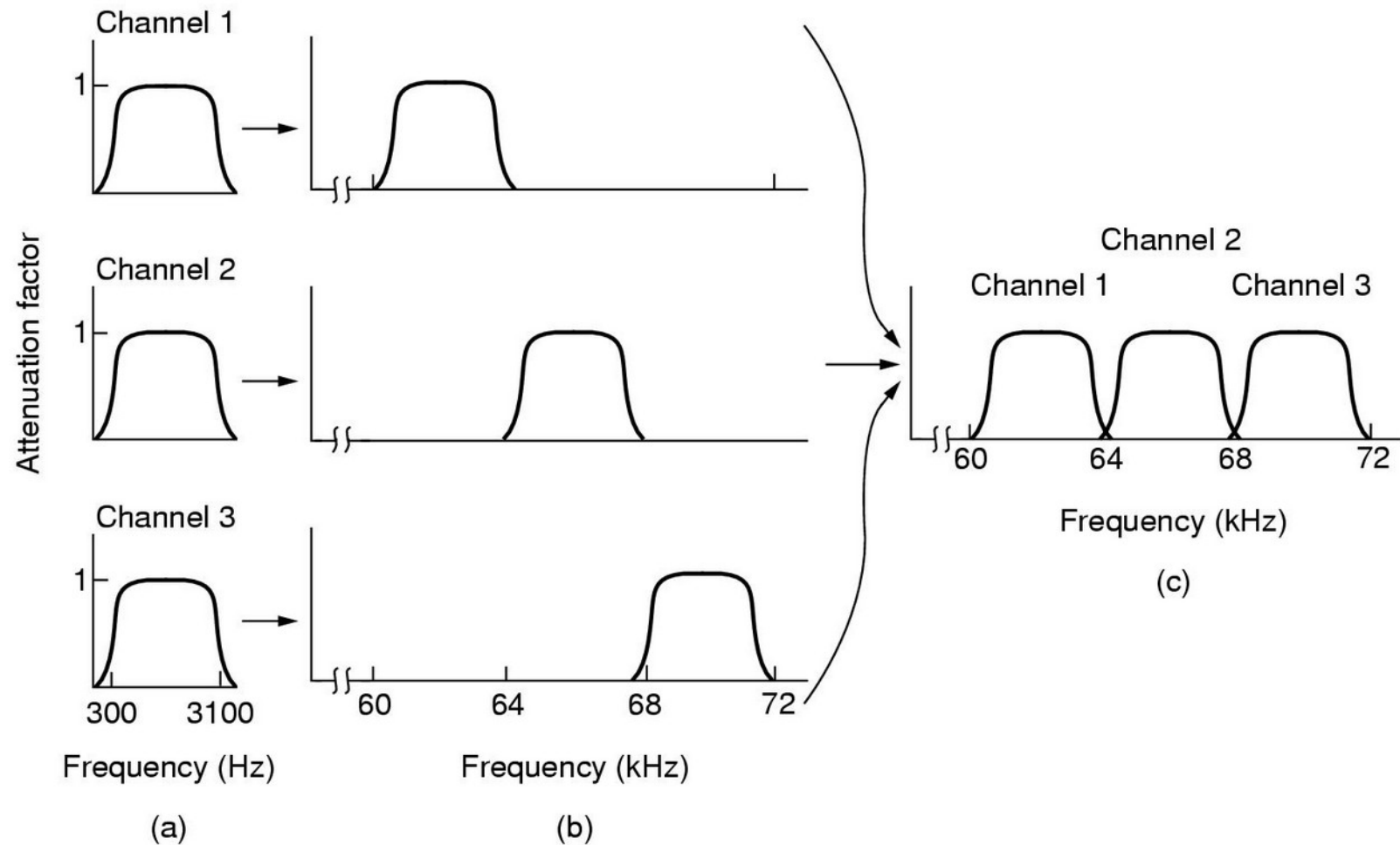
Multiplexing

- **multiplexing (MUXing):** The combining of two or more **information** channels onto a common **transmission medium**. *Note:* In electrical **communications**, the two basic forms of multiplexing are **time-division multiplexing** (TDM) and **frequency-division multiplexing** (FDM). In optical communications, the analog of FDM is referred to as **wavelength-division multiplexing** (WDM).

Frequency-division Muxing

- **frequency-division multiplexing (FDM):**
The deriving of two or more simultaneous, continuous channels from a **transmission medium** by assigning a separate portion of the available **frequency** spectrum to each of the individual channels.

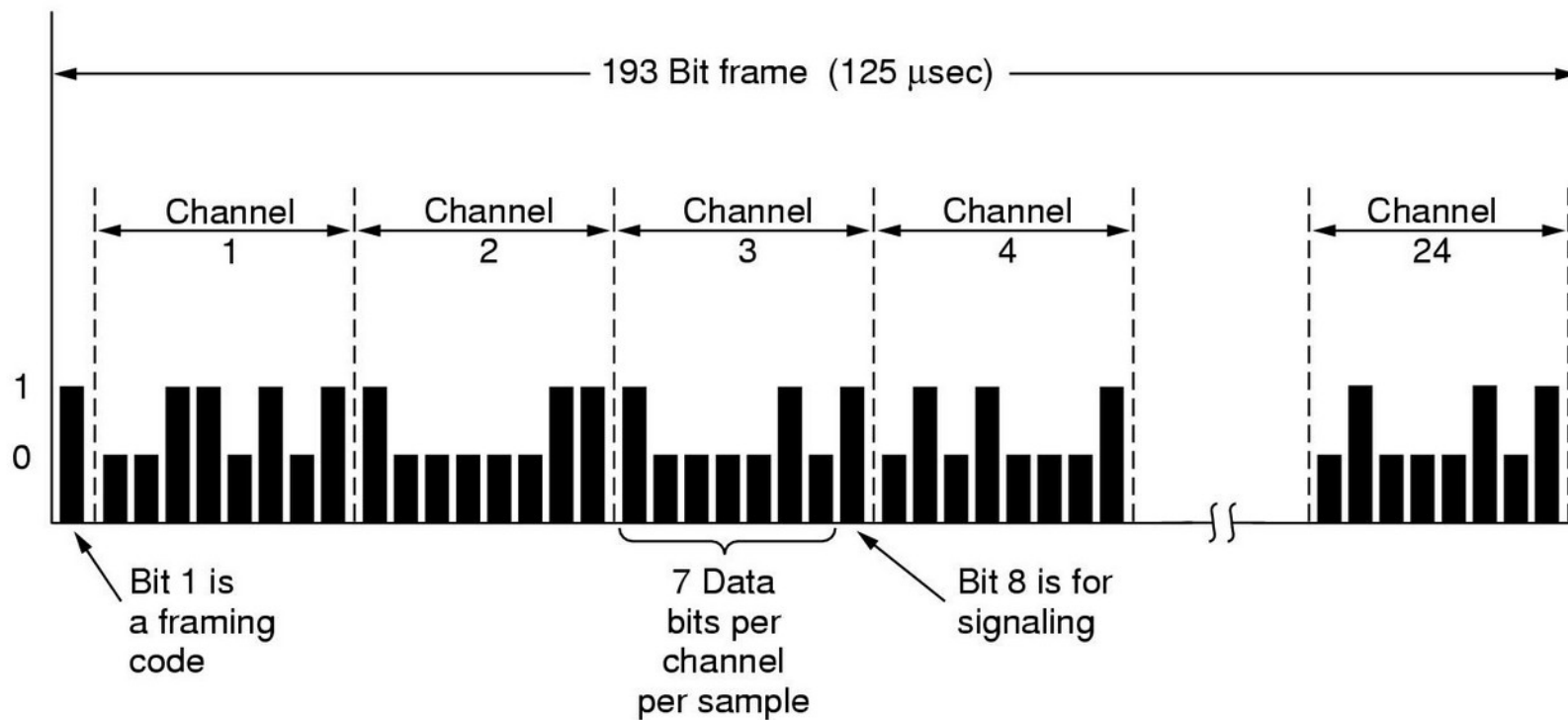
Frequency-division Muxing



Time-division Muxing

- **time-division multiplexing (TDM):** Digital **multiplexing** in which two or more apparently simultaneous channels are derived from a given **frequency** spectrum, *i.e.* , **bit** stream, by **interleaving** pulses representing bits from different channels. *Note:* Successive pulses represent bits from successive channels, *e.g.*, voice channels in a T1 **system**.

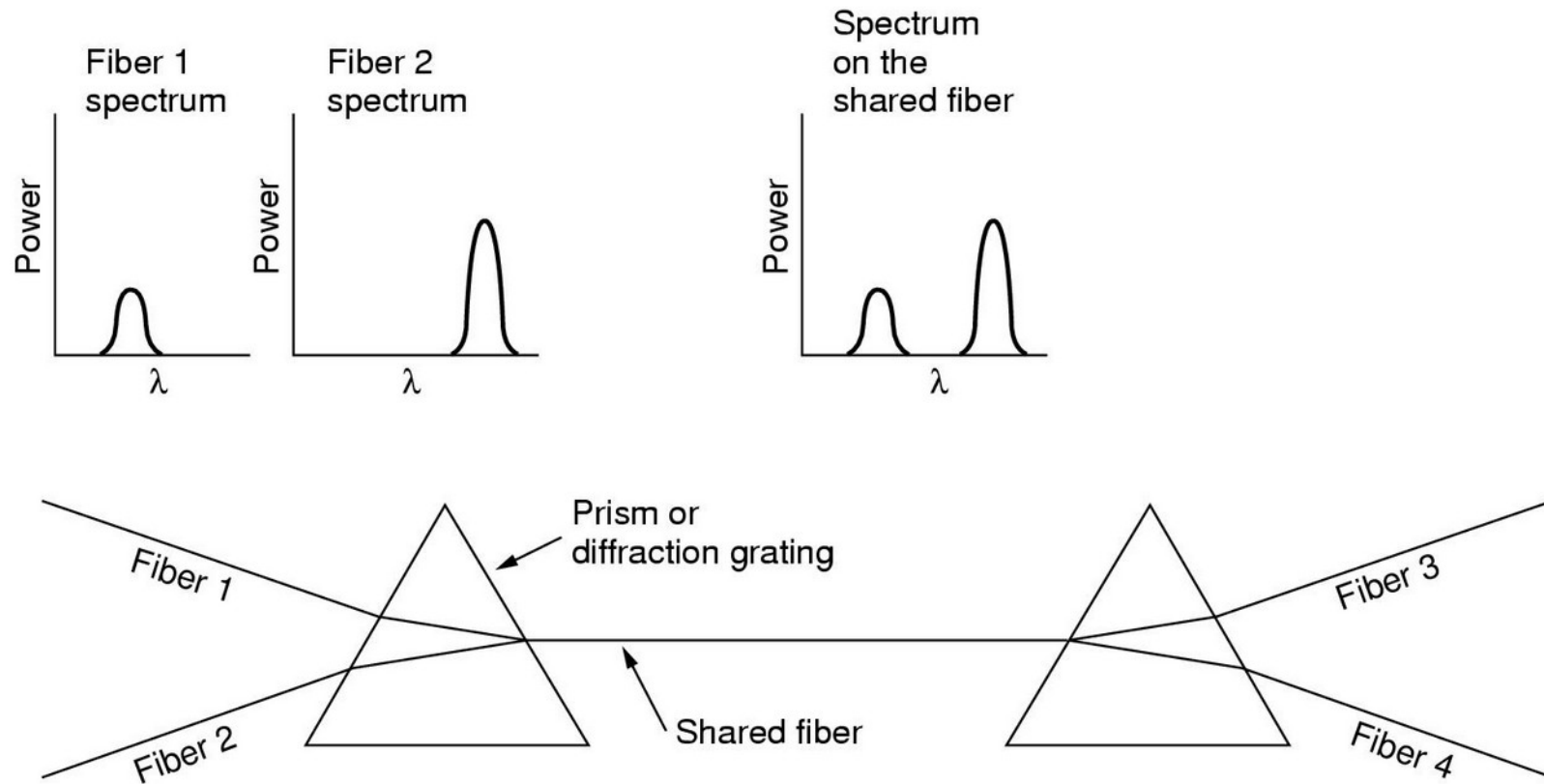
Time-division Muxing



Wavelength-division Muxing

- **wavelength-division multiplexing (WDM):** In **optical fiber communications**, any technique by which two or more optical signals having different wavelengths may be simultaneously transmitted in the same direction over one fiber, and then be separated by **wavelength** at the distant end.

Wavelength-division Muxing



Moderne Modulationsarten

- **QAM** - zB Kabel-TV (DVB-C)
- **QPSK** - zB Satelliten-TV (DVB-S)
- **APSK** - zB DVB-S2
- **OFDM** - zB Antennen-TV (DVB-T),
LTE

Synchronization

- **synchronization:** 1. The attaining of **synchronism**. 2. The obtaining of a desired fixed relationship among corresponding significant instants of two or more signals. 3. A state of simultaneous occurrences of significant instants among two or more signals.

Signaling

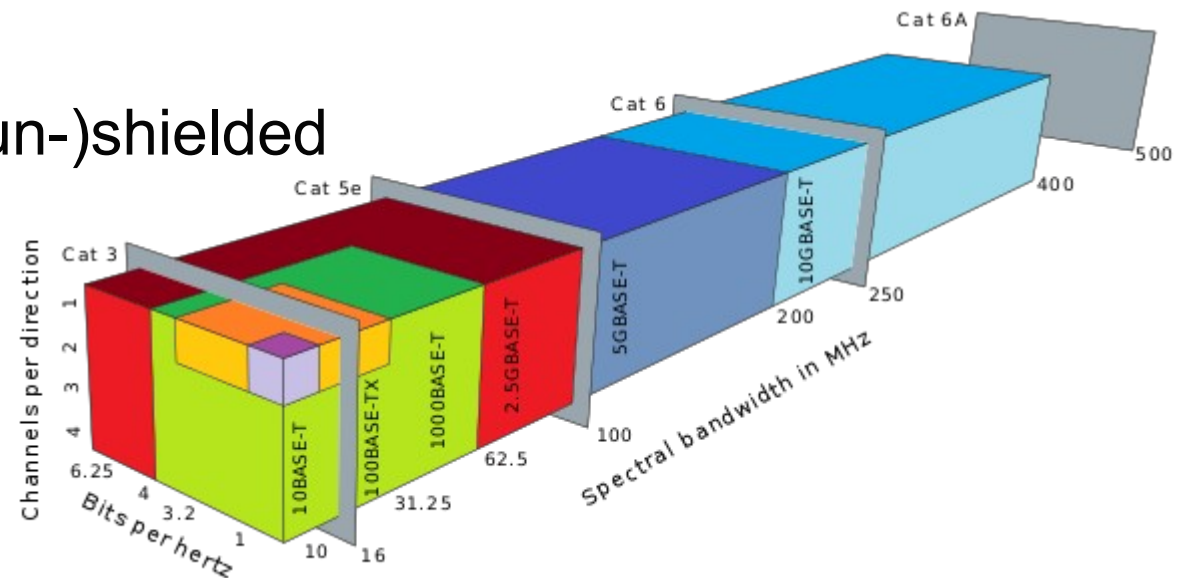
- **signaling:** 1. The use of signals for controlling **communications**. 2. In a telecommunications **network**, the **information** exchange concerning the establishment and control of a **connection** and the management of the network, in contrast to **user information transfer**. 3. The sending of a **signal** from the transmitting end of a **circuit** to inform a user at the receiving end that a **message** is to be sent.

Transmission Medium

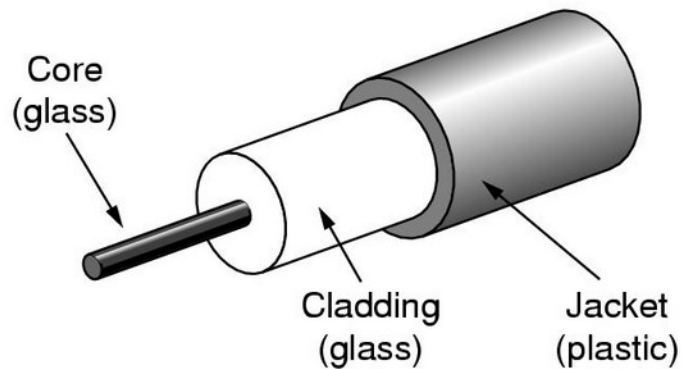
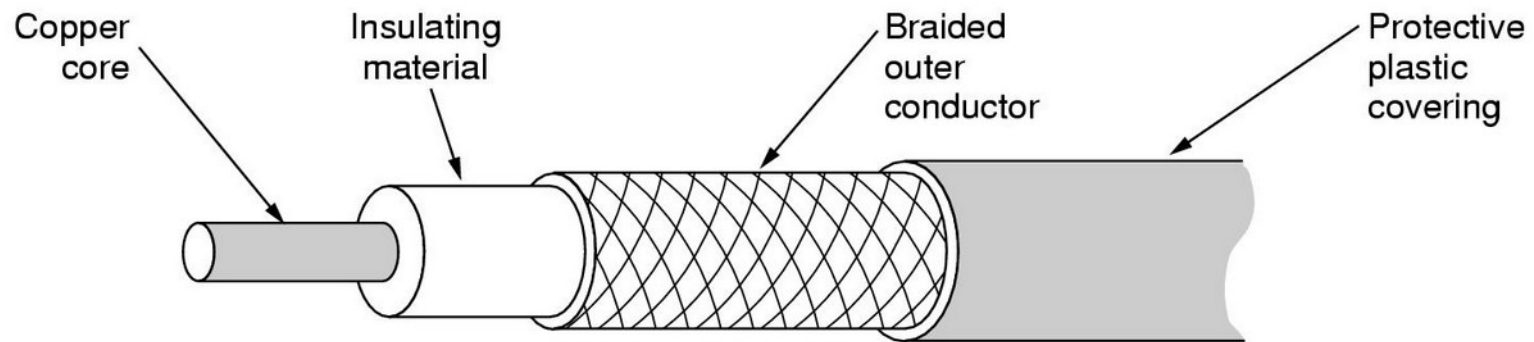
- **transmission medium:** Any material substance, such as fiber-optic **cable**, twisted-wire pair, **coaxial cable**, **dielectric-slab waveguide**, water, and air, that can be used for the **propagation** of signals, usually in the form of modulated **radio**, **light**, or acoustic waves, from one point to another.
Note: By extension, **free space** can also be considered a **transmission medium** for electromagnetic waves, although it is not a material medium.

Kabel

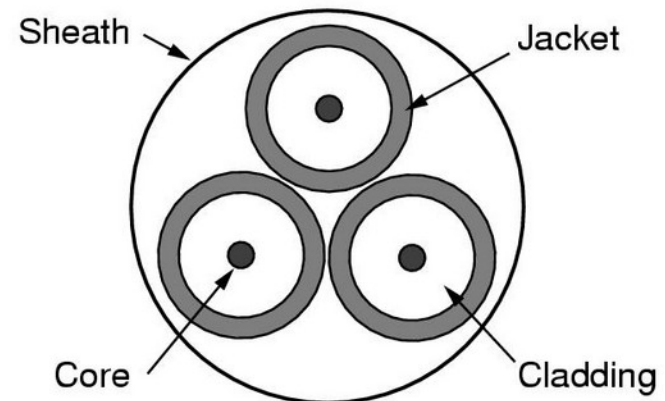
- Kupfer
 - Twisted pair, (un-)shielded
 - Kat3
 - Kat5
 - ...
 - Kat8
- Koaxialkabel
- Glas
 - LED
 - Laser, single-/multi-mode



Kabelaufbau

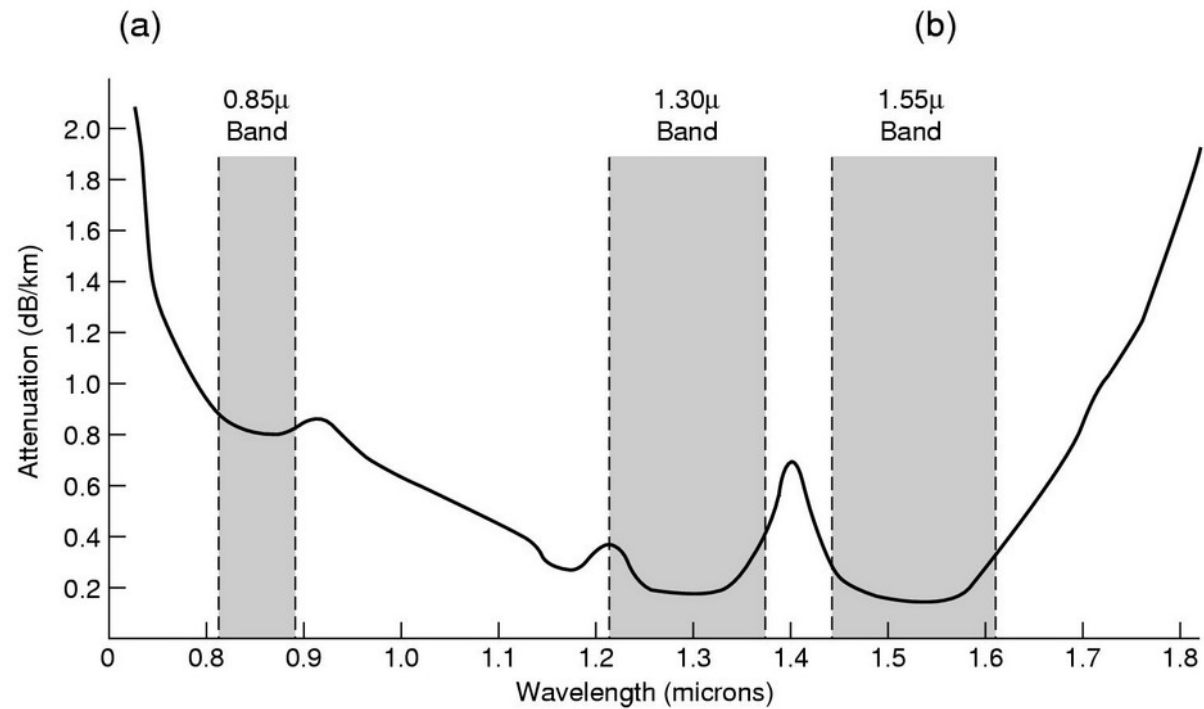
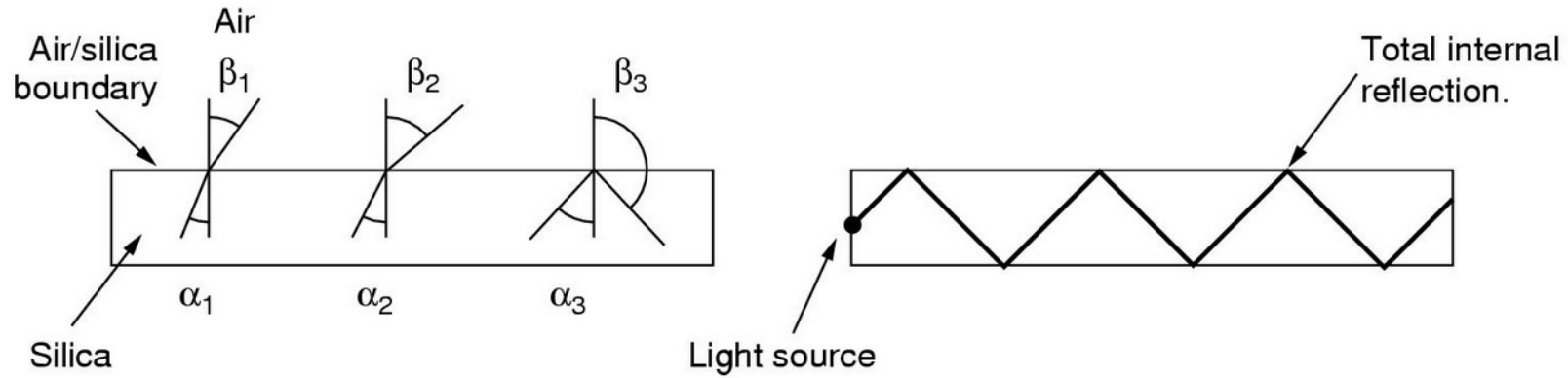


(a)



(b)

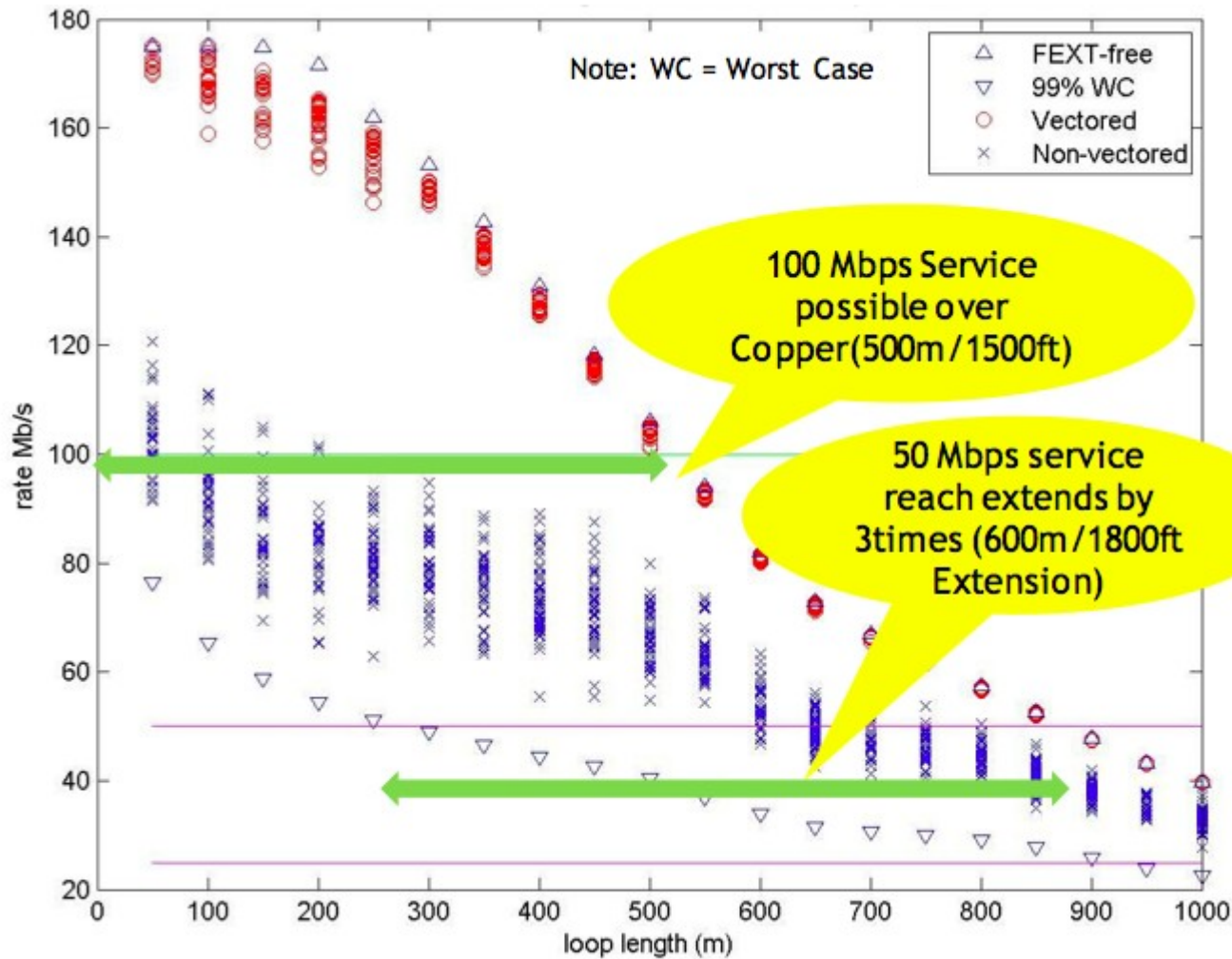
Glasfaser



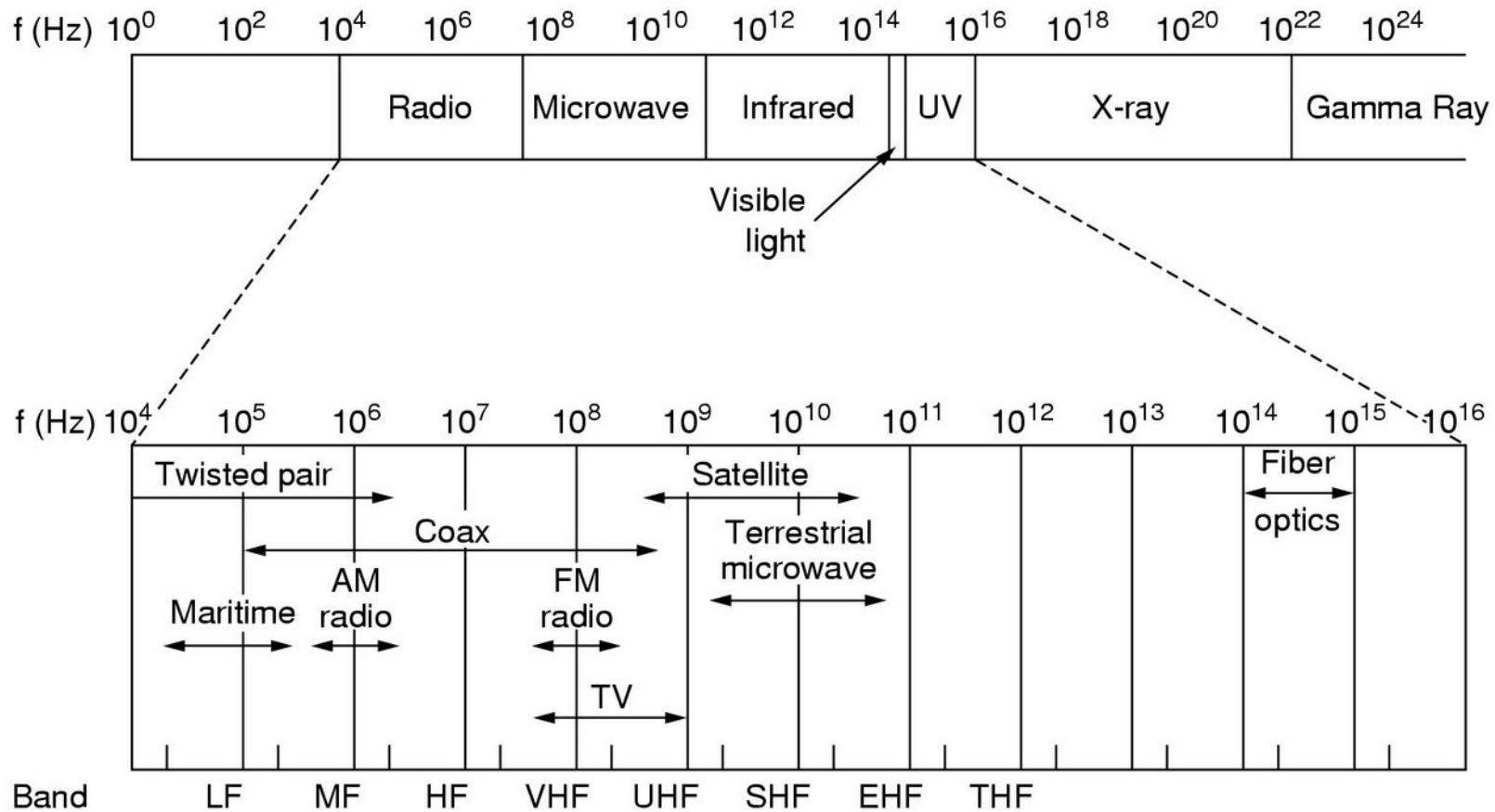
Glas vs Kupfer

- Bandbreite
- Dämpfung
- Störung
- Gewicht
- Abhören
- Photonen vs Elektronen
- Kosten

Vectoring



EM-Spektrum

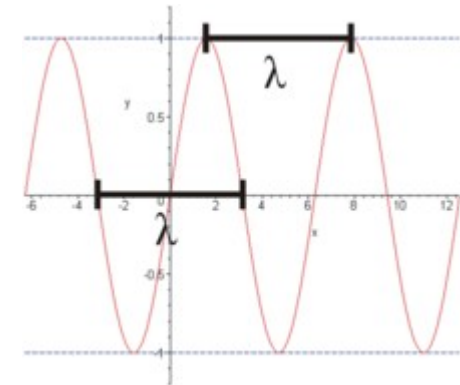


Drahtlose Übertragung

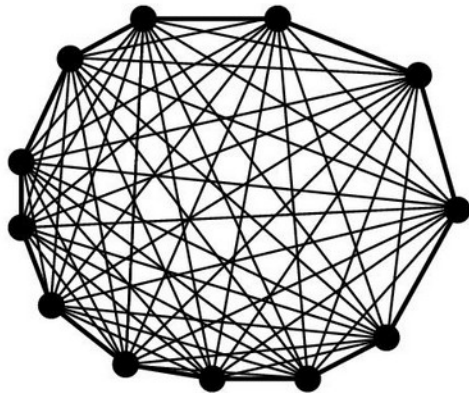
- Elektronen -> elektromagnetische Wellen
- Maxwell 1865
- Hertz 1887
- Marconi
- Radio
- Mikrowellen
- Infrarot
- Lichtwellen, optischer Richtfunk (FSO)

$$\lambda = c / f$$

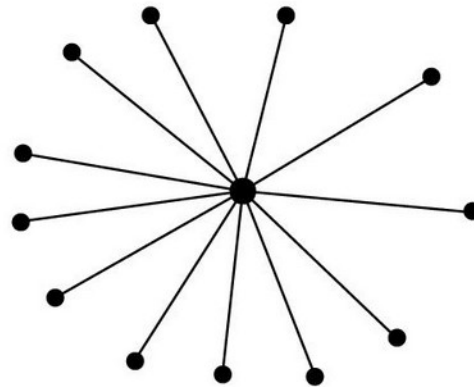
c = Ausbreitungsgeschwindigkeit
f = Frequenz



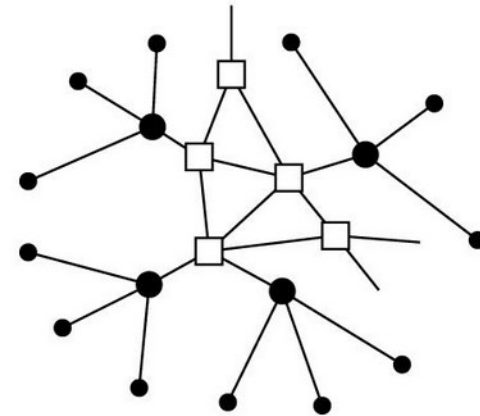
Telefonsystem



(a)

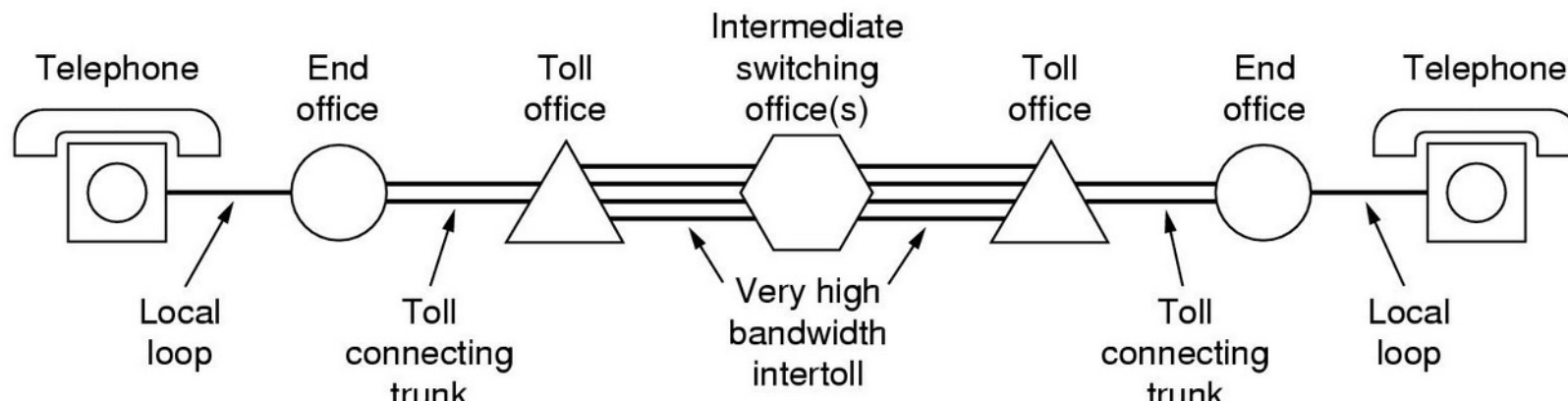


(b)



(c)

1876 – 1890, Monopol bis 1984



Telefonnetz – Komponenten

- Ortsvermittlungen
- Fernvermittlungen
- Vermittlungsämter



Montreal telephone exchange (ca. 1895)

Analog vs Digital

- Dämpfung/Verzerrung
- Informationsverlust
- Multimedia
- Datenraten
- Kosten für Verstärker
- Kosten für Wartung

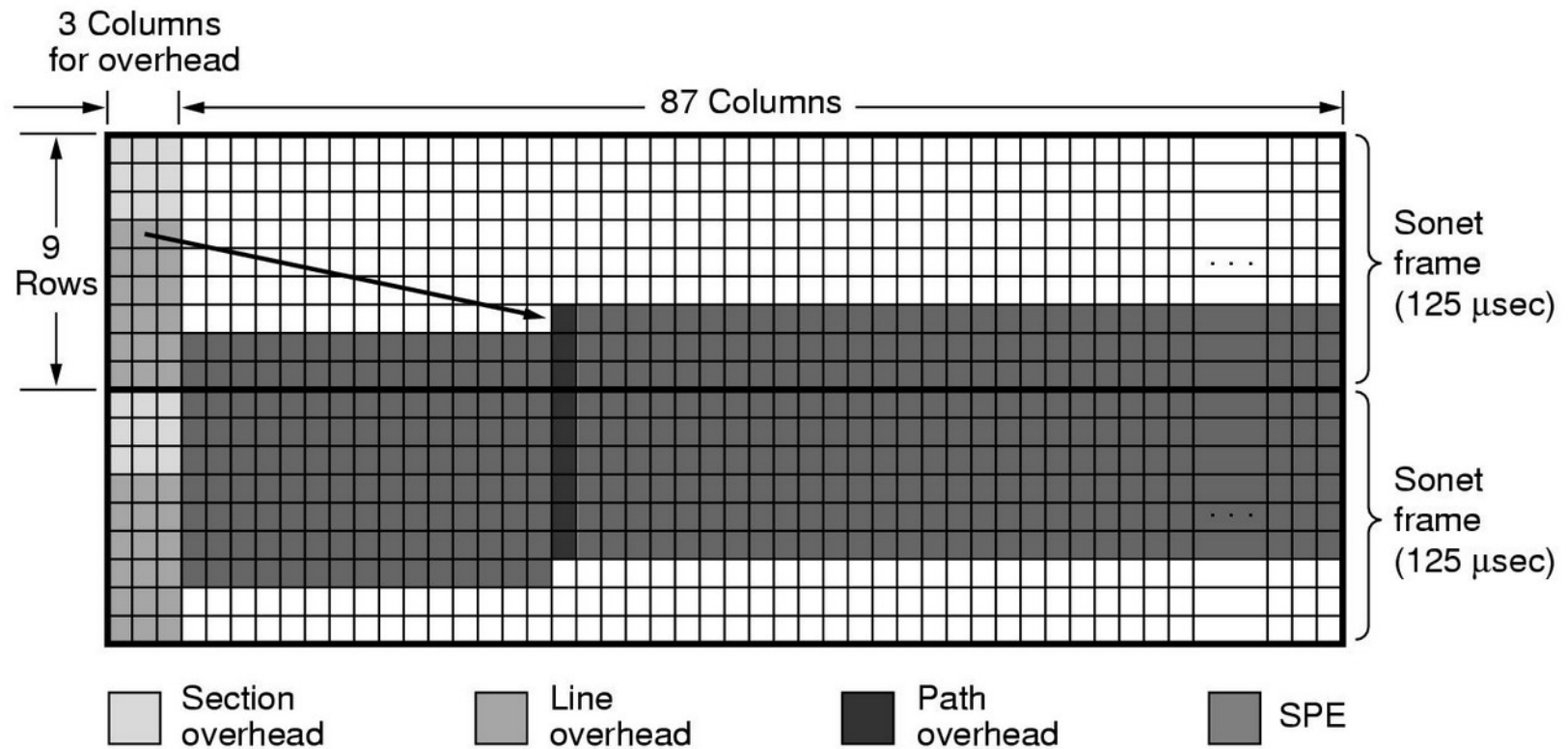
125 μ s

- Codec
- 8000 Abtastungen pro Sekunde
- 4 KHz
- Nyquist!
- PCM
- 7 bit = 56000, 8 bit = 64000
- = 1 Telefonkanal
- T1 = 24x, E1 = 32x

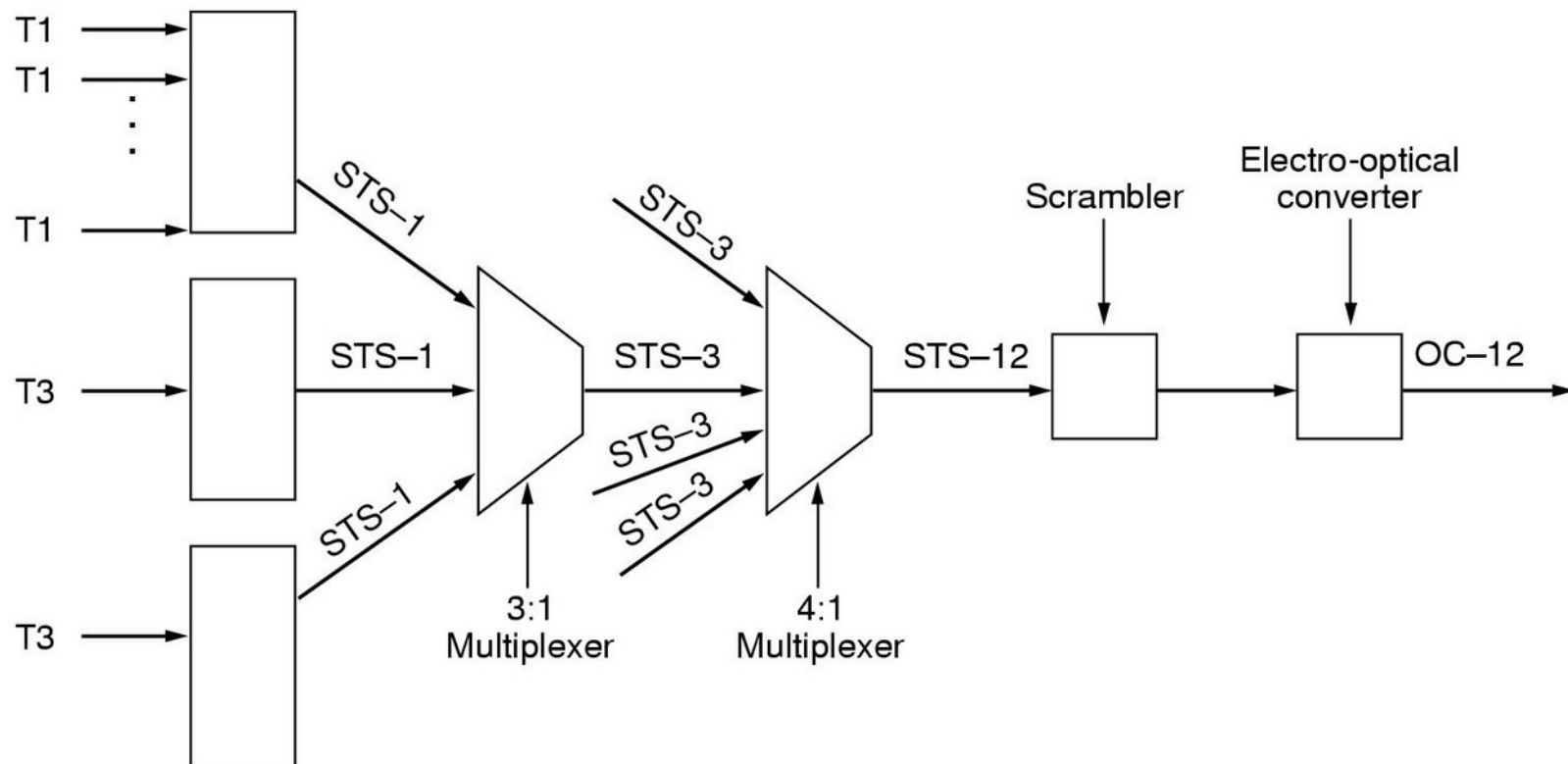
SONET/SDH

- Synchronous Optical NETwork
- CCITT (Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique)
- (G.707, G.708.G.709) Synchronous Digital Hierarchy
- Interoperabilität
- OAM
- $810 \text{ byte} / 125 \mu\text{s} = 6480 \text{ bits} * 8000/\text{sec} =$
Synchronous Transport Signal-1 = 51.84Mbps
- - Synchronous Payload Envelope = 50.112 Mbps

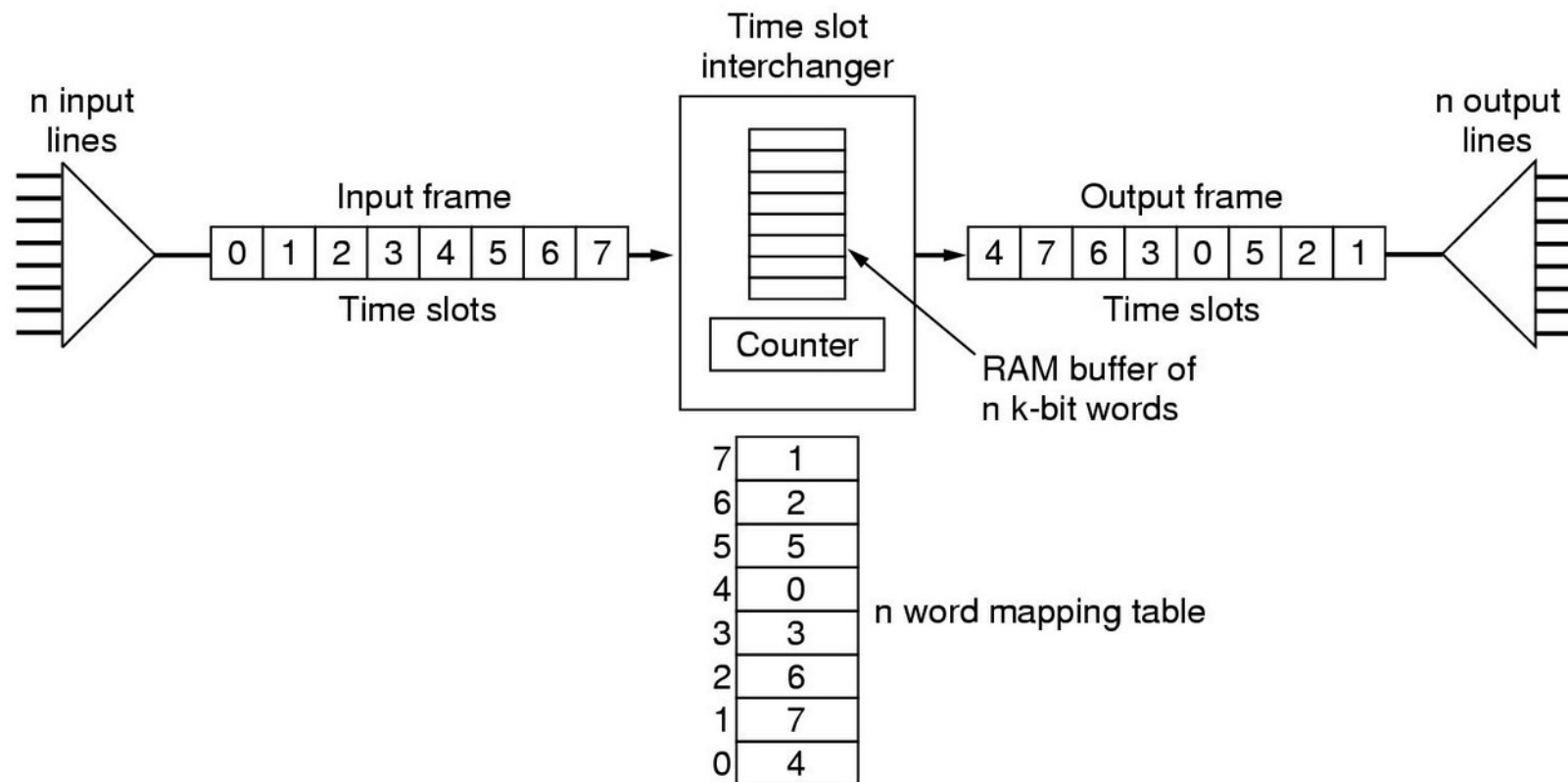
SONET Rahmen



SONET Multiplex



Zeitmultiplexvermittler



SONET Architektur

