

ISO-OSI-Referenzmodell

International
Standardisation
Organisation

Open Systems
Interconnection

- Referenzmodell:

Kein Protokoll, sondern ein "Schema" für konkrete Protokolle und deren Normierung

- Anzahl der Ebenen (Vorschlag: 7)
- prinzipielle Aufgaben der verschiedenen Ebenen

--> Strukturelle Basis ("Architekturmodell") für viele Protokolle und Normen zur Datenkommunikation

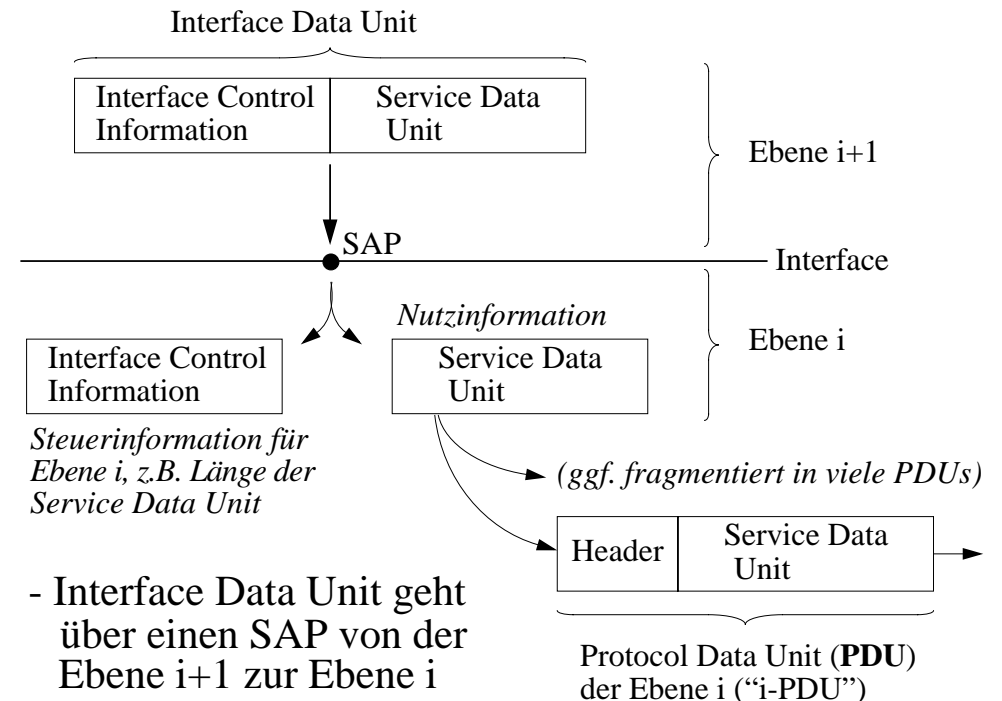
- einheitliches Vokabular für Normierungszwecke

Offenes System:

- Festlegung spezifischer Normen entsprechend einer vereinbarten Architektur
- Jeder Anwenderprozess kann mit jedem anderen kommunizieren, sofern er sich an die vereinbarten Regeln hält (offengelegte Schnittstellen)

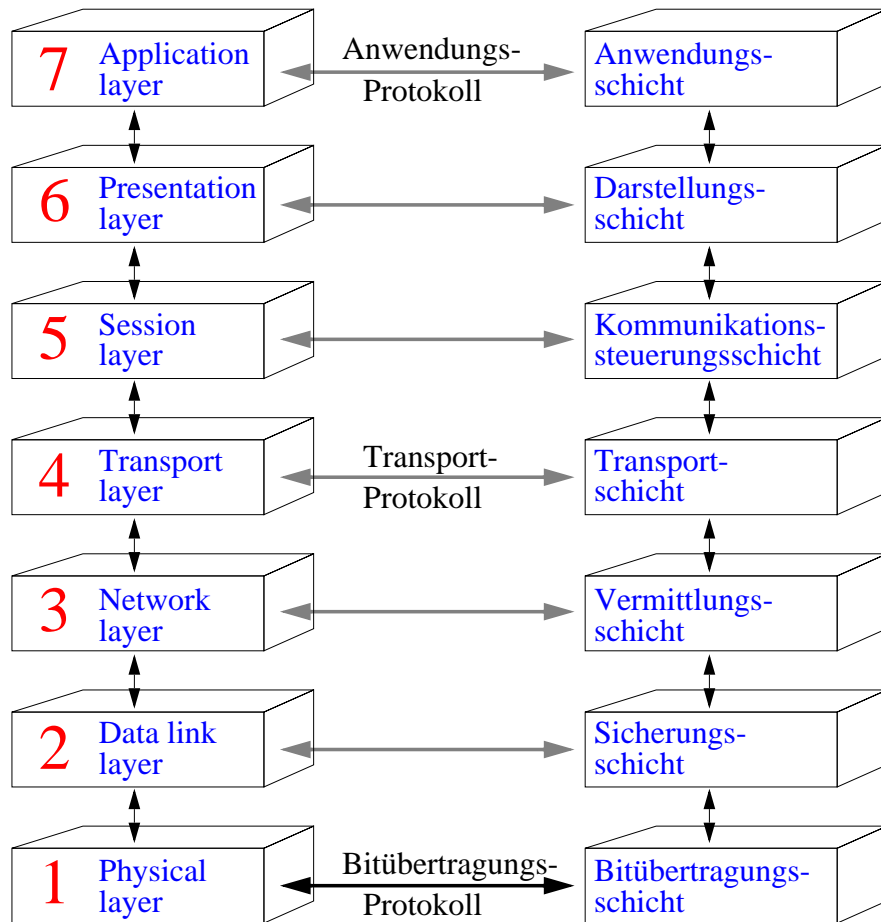
Service Access Point und PDU

- OSI-Terminologie (ein ganz kleiner Einblick...)
- *Entity* = Aktive Einheit ("Instanz") einer Schicht
 - realisiert in Hardware oder Software
- *Peer entities* = Instanz der gleichen Schicht auf verschiedenen Rechnern
- *SAP* (Service Access Point) = Stelle, wo der Service angeboten wird (identifiziert durch eine Adresse)



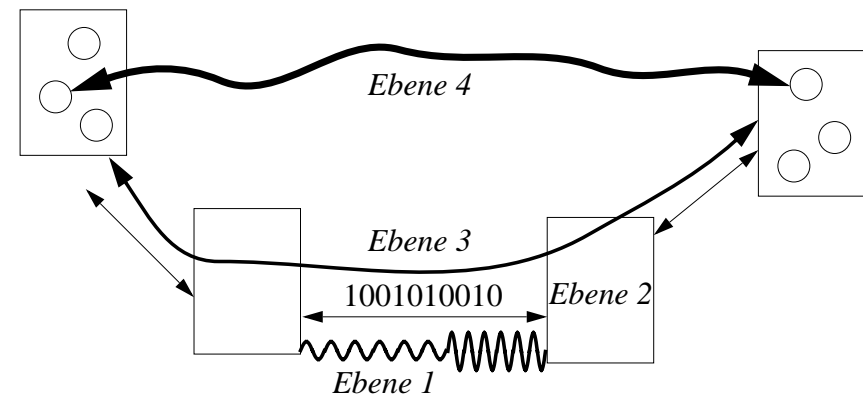
- Interface Data Unit geht über einen SAP von der Ebene i+1 zur Ebene i

Die OSI-Protokollhierarchie



Zweck der 7 Schichten

7	Kommunikationsabläufe der <i>Anwendung</i>
6	Systemunabhängige <i>Datendarstellung</i>
5	Verbindung über <i>längeren Zeitraum</i> aufrechterhalten
4	<i>Sichere</i> Verbindung zwischen <i>Prozessen</i> herstellen
3	<i>End-zu-End</i> -Verbindung zwischen <i>Rechnern</i>
2	Datenübertragung zwischen <i>benachbarten</i> Stationen
1	“Physikalische” Übertragung von <i>Signalen</i>

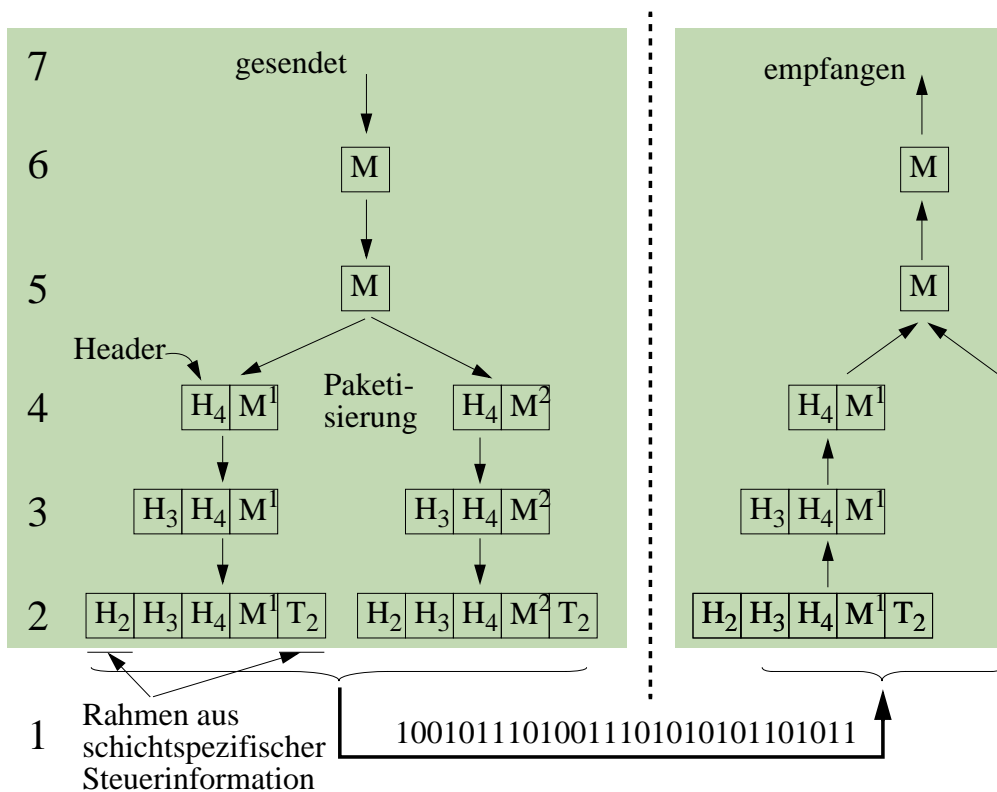


Wieso gerade 7 Schichten?

- in einigen Protokollen sind einige Schichten fast “leer”
- in einigen Protokollen werden einige Schichten nochmals unterteilt

Was sind die Aufgaben der Schichten? -->...

Informationsfluss und Nachrichtenformat



- Header H_i und Trailer T_i der Schicht i
 - Prüfbits, Sequenzzähler und andere "Verwaltungsdaten" hinzufügen bzw. entfernen
- Eigentliche Nutzdaten M
 - Gesamtnachricht der Schicht i = Nutzdaten ("payload") der Schicht i-1
- Einige Schichten teilen lange Nachrichten auf
 - Nachrichtenlänge auf unterer Ebene oft durch Puffergrößen begrenzt
 - Zusammenbau ("assembly") auf der Empfangsseite

Aufgaben der Schichten 1 und 2

1. Physical Layer

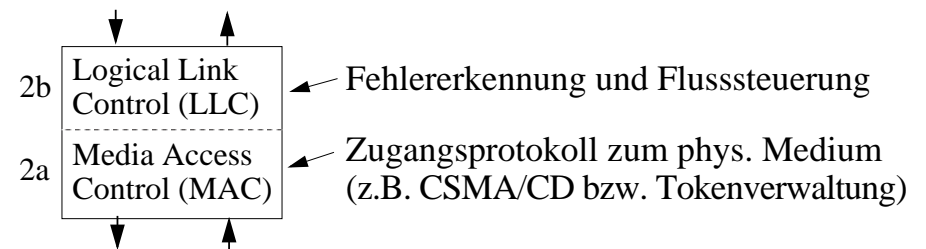
- Normung von Steckern und Kabeleigenschaften
- Physikalische Darstellung der Bits
 - z.B. Strom / Spannung (z.B. "0" = 1V), oder
 - Licht (mit Vereinbarung der Wellenlänge etc.), oder ...
- Kodierung von Bitfolgen und ggf. Taktsignale
 - Takt zwecks Bitsynchronisation von Sender und Empfänger
- Übertragung unstrukturierter Bitfolgen über ein Medium
 - z.B. Telefonleitung, Lichtleiter, Funkkanal für Radiosignale...
- Aktivierung / Deaktivierung von Leitungen
- Beispiele: RS232-C oder X.21 der ITU

2. Data Link Layer

Dafür Aufteilung des Bitstroms in Pakete!

- Erkennung und Behebung von Übertragungsfehlern
 - z.B. mit Sequenznummern und Prüfsummen
 - Meldung nicht-behebbarer Fehler nach oben

- Bei LAN: Aufspaltung in zwei Teilschichten:

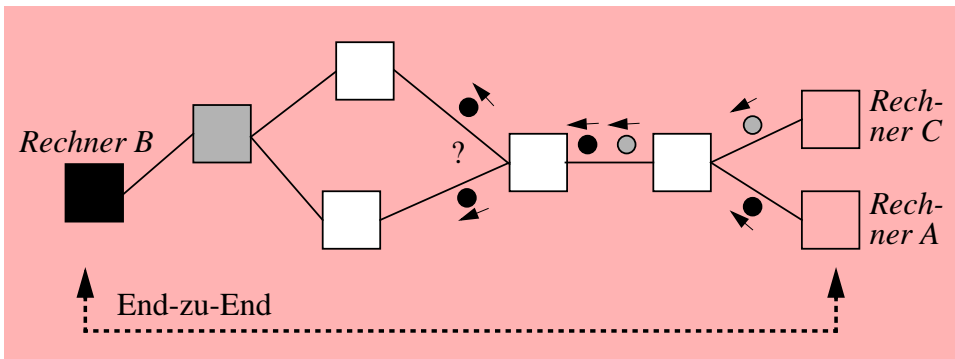


- Adapterkarten, die das Protokoll "in Hardware" abwickeln

Schicht 3 (Network Layer)

- Verknüpft Teilstreckenverbindung zu Endsystemverbindungen
- Wegewahl (Routing)
- Multiplexen von Verbindungen
- Ggf. Fehlerbehebung und ggf. Flusssteuerung (u.U. über mehrere Zwischensysteme hinweg)

Insbesondere bei Kommunikation von Rechnern unterschiedlicher Leistung (Rückkanal notwendig!)



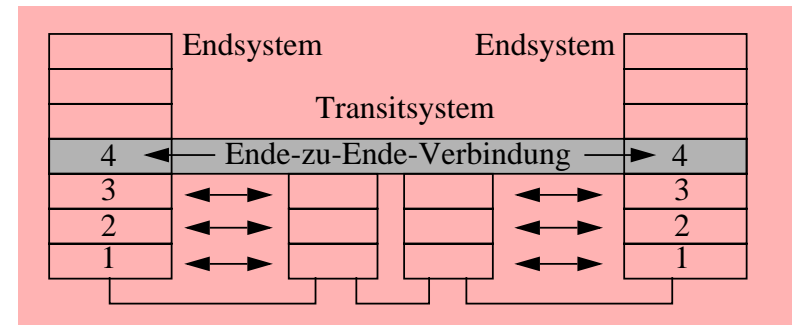
- Beachte: meisten Aufgaben entfallen in LANs
- Man unterscheidet:
 - 1) *verbindungslos* ("packet switching"; Datagramm)
 - jedes Paket wird einzeln geroutet
 - 2) *verbindungsorientiert* ("circuit switching")
 - Einrichtung einer virtuellen Verbindung
 - Wegewahl i.a. nur bei explizitem Verbindungsaufbau
 - expliziter Verbindungsabbau notwendig
- Beispiel: IP im Internet

Schicht 4 (Transport Layer)

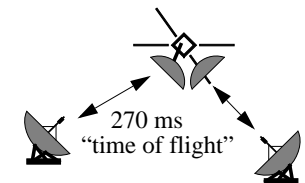
- Aufbau und Abbau
- Multiplexen mehrerer virtueller

"Benutzer" des Transportdienstes in den Endsystemen

- Logische Verbindung zwischen (adressierten!) Prozessen (bzw. ports, sockets...) statt Rechnern



- Reihenfolgeerhaltende, sichere End-zu-End-Verbindung
- Flusssteuerung ("flow control")
 - z.B. *Sliding window-Protokoll*:
 - Anzahl unbestätigter Pakete vereinbaren
 - kontinuierlicher Datenfluss auch bei langen Verzögerungen
- Abstrahiert von der Art und Natur des benutzten Netzes
 - Erbringung eines Dienstes mit vereinbarter (bzw. "ausgehandelter") Dienstqualität wie z.B. Fehlerrate oder Schutz / Sicherheit unabhängig von den Leistungen der darunterliegenden Schicht
- Bietet daher *Transparenz* bzgl. Übertragungs- und Vermittlungstechnik sowie benutzten Teilnetzen
- Bsp: TCP im Internet
- Nachrichten beliebiger Länge werden in Pakete aufgeteilt; Adressen des network layer werden hinzugefügt
 - ausserdem: Sequenznummern, Prüfsumme (z.B. CRC) für Bitfehler und weitere Kontrollfelder für die Flusssteuerung etc.



Schichten 5 - 7

5. Session Layer

- Wird in konkreten Protokollen selten benutzt
- Festlegen, wann Teilnehmer A oder B senden darf (simplex, halbduplex, duplex)
- Checkpoints festlegen (Kommunikation später, z.B. nach einer Fehlerbehebung, dort wieder fortsetzen)
- Sitzungsverwaltung über Phasen (z.B. Login/Logout) hinweg
- Kopplung mehrerer Transportverbindungen (z.B. Audio + Video) zu einer Sitzung

6. Presentation Layer

- Kodierung komplexer Daten (Typ, Wertebereich, Struktur...)
 - z.B. ASN.1 ("Abstract Syntax Notation")
- Ggf. Komprimierung oder Verschlüsselung sowie inverse Operationen (aber auch auf anderen Ebenen denkbar!)

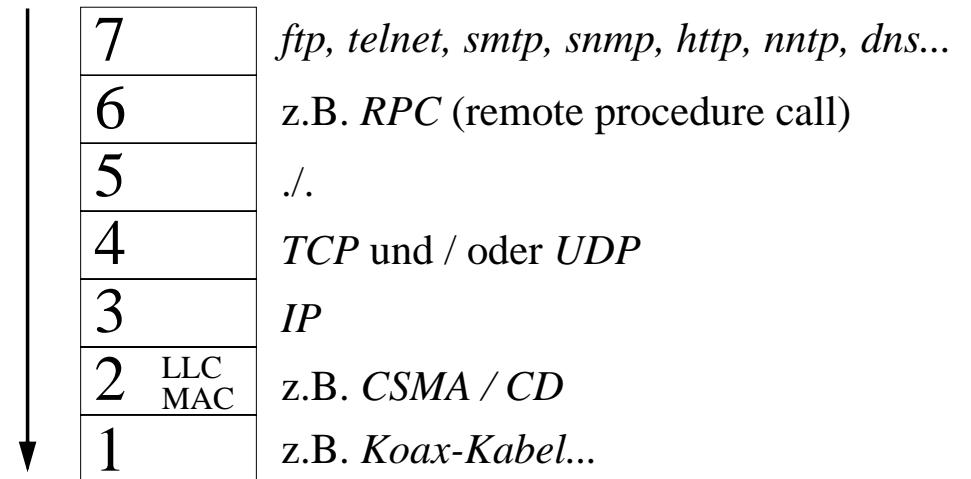
7. Application Layer

- Protokolle für spezifische Anwendungen, z.B.:
 - Dateitransfer (z.B. ftp - "file transfer protocol")
 - WWW (http-Protokoll)
 - Electronic Mail
 - Directory Service (z.B. X500)
 - Homebanking
 - ...

Protokoll-Stack

- Menge der in einem gegebenen Fall verwendeten spezifischen Protokolle; z.B. Internet:

↙ bzw. Protokollimplementierungen (eines Herstellers)



**Beispiel:
GSM-
Protokoll-
Stack**

Wireless Application Environment (WAE)
user interface on the phone, WAE contains the Wireless Markup Language (WML)

Wireless Session Protocol (WSP)

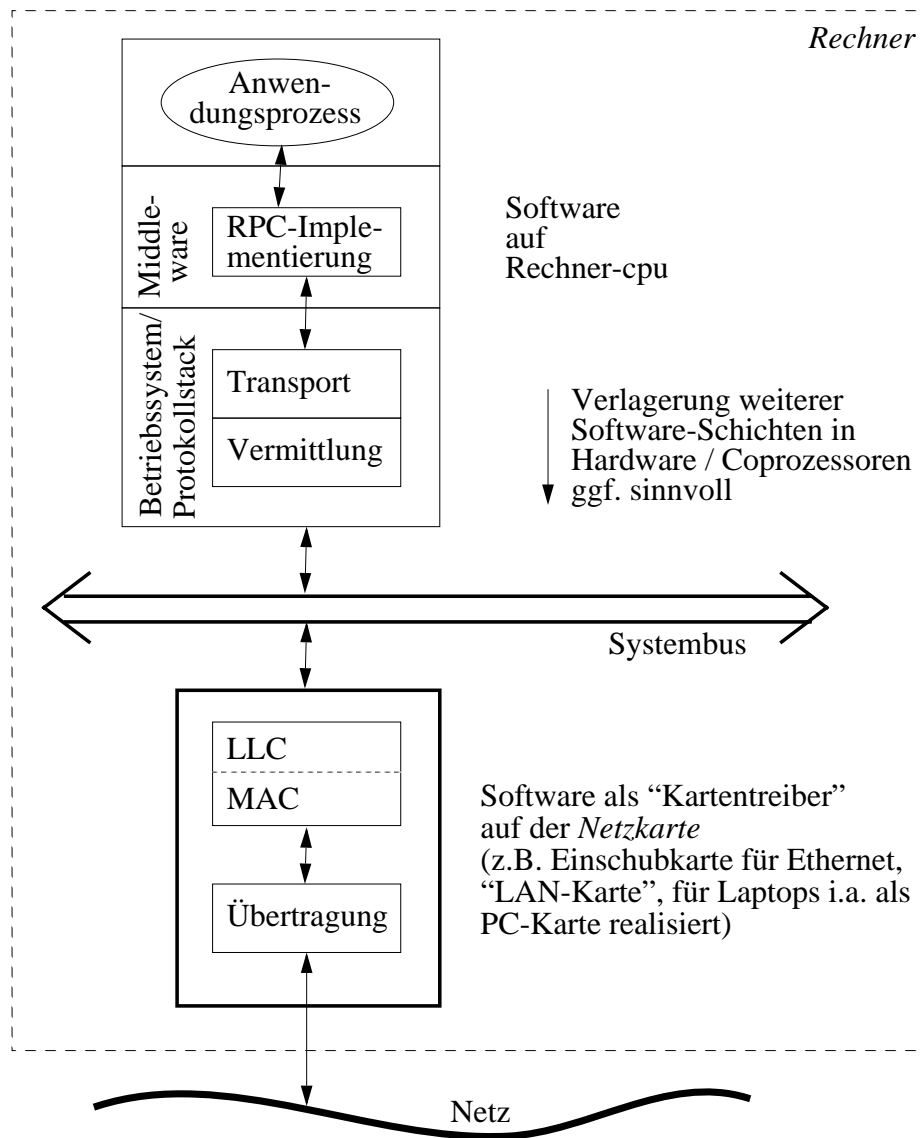
Wireless Transaction Protocol (WTP)
runs on top of a datagram service such as User Datagram Protocol (UDP)

Wireless Transport Layer Security (WTLS)

Wireless Datagram Protocol (WDP)

Bearer
e.g. CSD, SMS, USSD

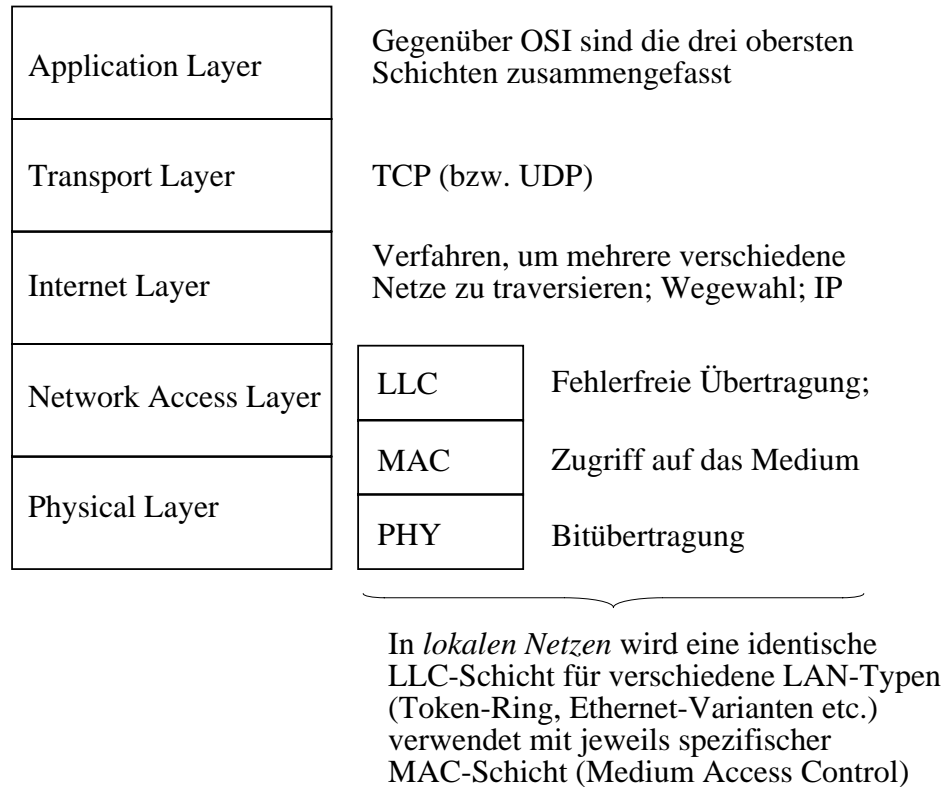
Aufteilung der Schichten in Hard- und Software, z.B.:



Kritik am ISO-OSI-Modell

- Das Modell wurde *früh* entwickelt
 - > etwas praxisfremd
 - > neuere Entwicklungen lassen sich oft schlecht in das Schema pressen
- Vorgaben lassen sich oft nur schwierig oder ineffizient umsetzen
- Industrie- und Quasistandards (z.B. TCP/IP) passen nicht genau in dieses Modell
- Aber: Durch die Trennung der verschiedenen Aufgabenbereiche und hierarchische Gliederung ist es ein gutes *Strukturierungshilfsmittel!*
- Terminologie und Architekturprinzip wird in vielen konkreten Protokollen zumindest teilweise benutzt

Die Internet-Protokollhierarchie



- Im Internet gehört alles oberhalb der TCP-Ebene zur "Anwendungsebene" (d.h. interessiert nicht...)

- Dienstprogramme wie dns oder ftp
- echte verteilte Anwendungen
- "Middleware", die eine eigene Infrastruktur für grosse verteilte Anwendungssysteme bereitstellt

Übertragungsmedien - Übersicht

- Elektrische Signale
 - Amplitudenmodulation
 - Frequenzmodulation
 - Phasenmodulation
 } später mehr dazu

- Licht (Laser)

-
- Twisted-pair-Kabel (Telefondraht)
 - Koaxialkabel
 - elektromagnetische Einstrahlung und Dämpfung gering
 - höhere Bandbreiten als twisted pair
 - Lichtwellenleiter ("Glasfaser")
- } leitungsgebunden

- Funk (Mobiltelefone...)
 - Richtfunk (terrestrisch)
 - Satellit
 - Laser
- } drahtlos

Twisted pair

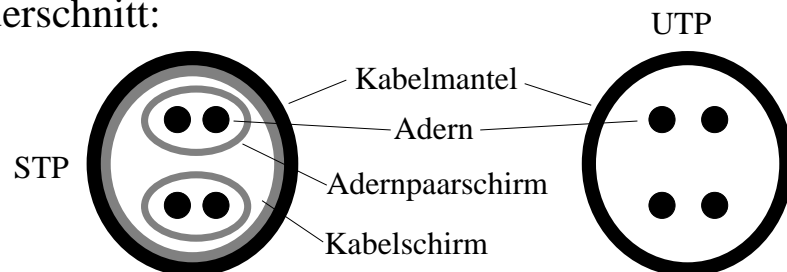


- Signalübertragung durch ein Paar verdrehter (isolierter) Kupferdrähte
 - Verdrillung reduziert die Abstrahlung
- Sehr preiswert; einfach zu verlegen
- Relativ störungsempfindlich
 - elektromagnetische Einstrahlung!
- Relativ starke Dämpfung
- Vieladrige Kabel aus mehreren verdrehten Paaren
 - meist zwei Adernpaare in einem Kabel (“Vierdrahtleitung”), um Vollduplexbetrieb zu ermöglichen

- Zwei Hauptsorten:

- UTP (Unshielded Twisted Pair)
- STP (Shielded Twisted Pair: jedes Paar einzeln abgeschirmt)
- genormte Kategorien (i.w. nach Eignung für Bandbreiten)
- Kategorie UTP-5 garantiert 100 Mb/s über mind. 100 m (wesentlich stärker verdrillt als UTP-3, das klassischerweise zur Sprachübertragung eingesetzt wurde)

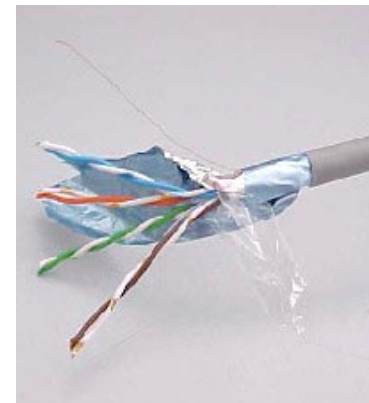
- Querschnitt:



Diverse Twisted-pair-Kabel



UTP
(8 Adernpaare)



UTP mit
Kabelschirm
(Adern jedoch
nicht einzeln
abgeschirmt)



STP

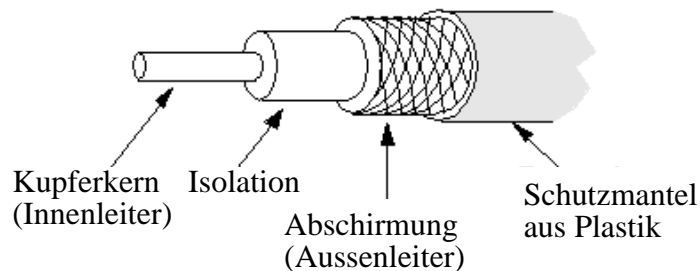
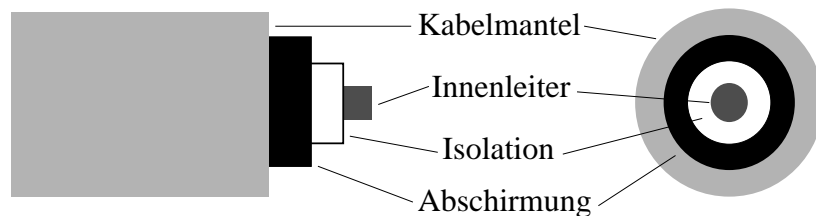
Koaxialkabel

- Für hohe Frequenzen (Breitband) und mittlere Datenraten und Entfernungen

>300 MHz bei analoger Übertragung (Kabel-TV!)

>500 Mb/s bei digitaler Übertragung

- Innenleiter mit radialsymmetrischer Abschirmung



- Abschirmung = Kupfergeflecht als äusserer Leiter
- Geben kaum eigene Strahlung ab; äussere Einstrahlungen werden gut kompensiert (Wirkung auf beide Leiter)
- Dämpfung (frequenzabhängig) relativ gering; Verstärkung erst nach mehreren zig Kilometern nötig
- Typischerweise BNC-Steckverbindungen

Lichtwellenleiter (“Glasfaser”)

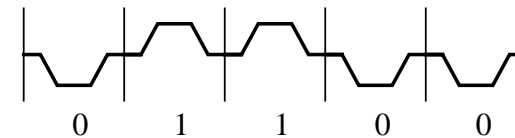
- LWL; “fibre optics” (Glas oder “Plastik”)

- Lichtimpulse durch LED, Laserdiode bzw. Laser

- typische Wellenlängen: 850, 1300 oder 1500 nm

- Rückwandlung in elektrisches Signal z.B. durch Photodiode

- Intensitätsmodulation (meist dreiwertig)



- Frequenzmultiplex möglich

- optische Verstärker durch Erbium-dotierte Glasfaserstrecken (ca. 30dB; i.w. transparent bzgl. der Bitrate im Unterschied zu “Repeatern”, die das optische Signal in ein elektrisches verwandeln, dann regenerieren und in ein optisches zurückverwandeln)

- Prinzip: Totalreflexion an Grenzschicht Kern / Hülle

- Vorteile (gegenüber Kupferkabeln):

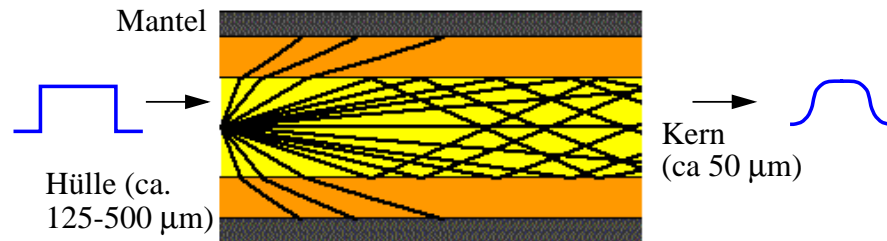
- keine störende Ausstrahlung; immun gegen el. Einstrahlungen
- höhere Sicherheit gegenüber Abhörversuchen
- höhere Übertragungsraten (Gb/s-Bereich)
- dünner (0.1 - 0.2 mm), flexibler und leichter

- Nachteile:

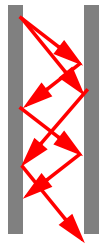
- Verbindung zweier Kabel schwieriger (“spleissen” bzw. diffizile Steckverbindungen)
- auf kurze Distanzen u.a. deswegen Kupferkabeln (noch) unterlegen

Dispersion

- Signal wird "verschmiert" --> Bandbreitenbegrenzung
- unterschiedliche Pfadlänge



- Drei Grundtypen von Glasfasern:



Multimodefaser (Stufenprofil):
Modendispersion
--> keine sehr hohen Bandbreiten
(ca. 100 MHz*km)

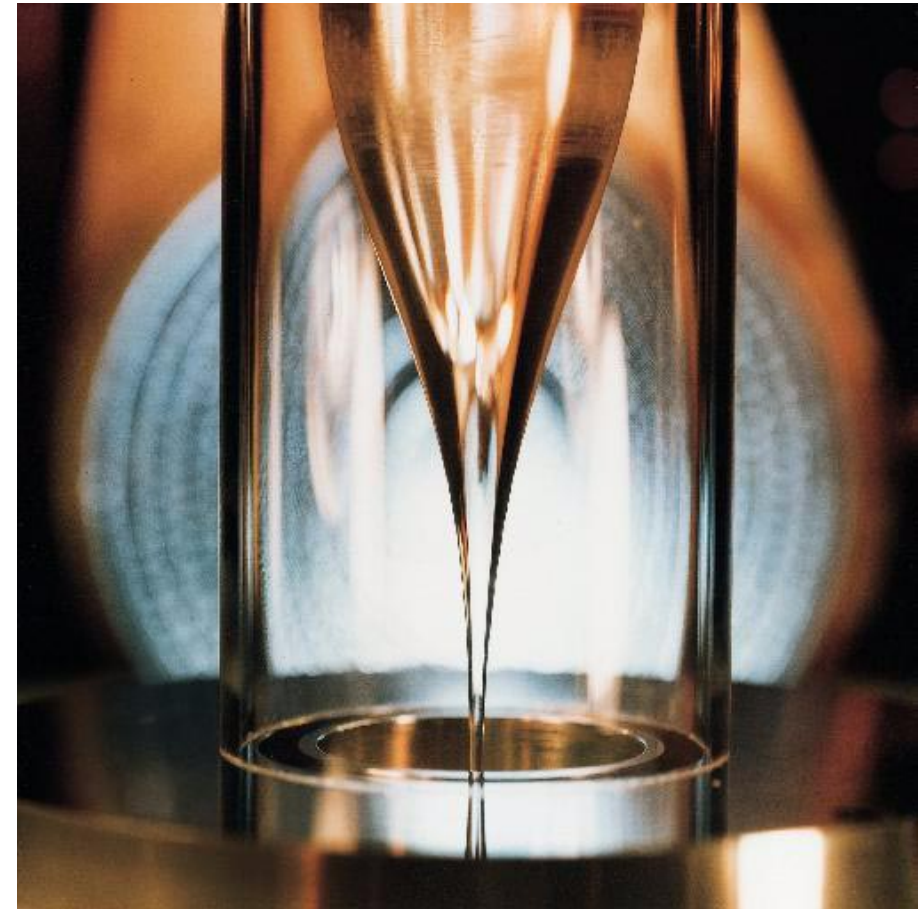


Multimodefaser (Gradientenprofil):
Brechzahl ändert sich nicht stufenförmig sondern parabelförmig
--> geringere Dispersion, höhere Bandbreite
(ca. 1 GHz*km)

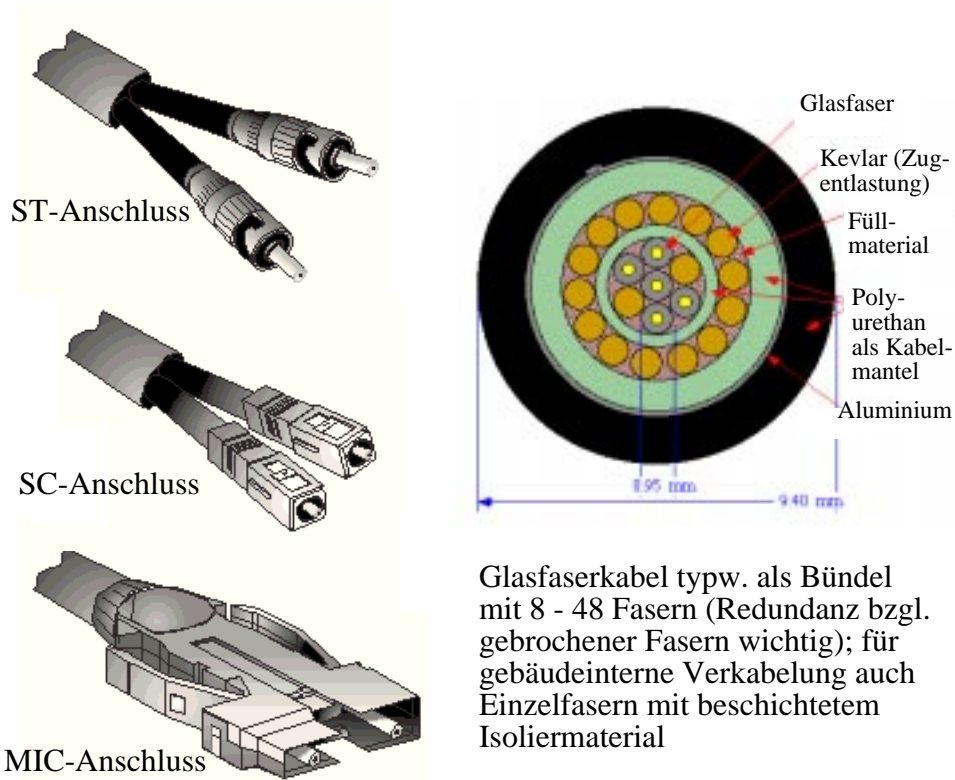


Monomodefaser:
Kerndurchmesser ca. 5 µm (statt 50)
--> quasi geradlinige Ausbreitung; bis zu 50 GHz*km

Herstellung von Glasfaser

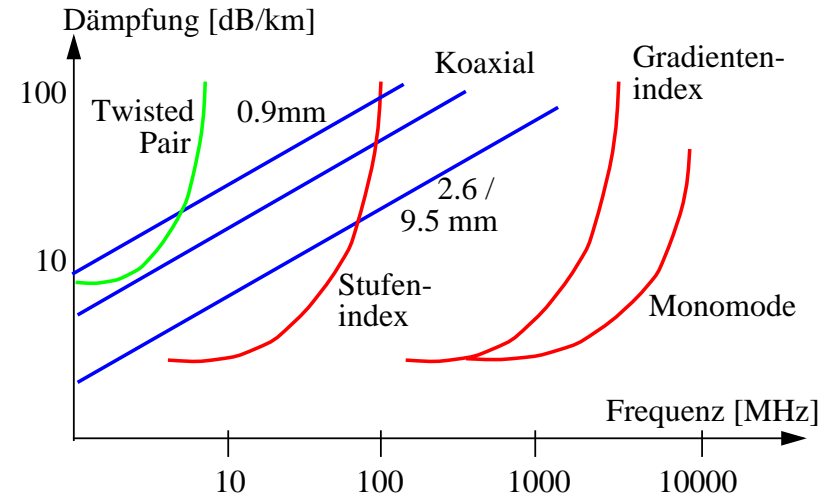


LWL-Kabel

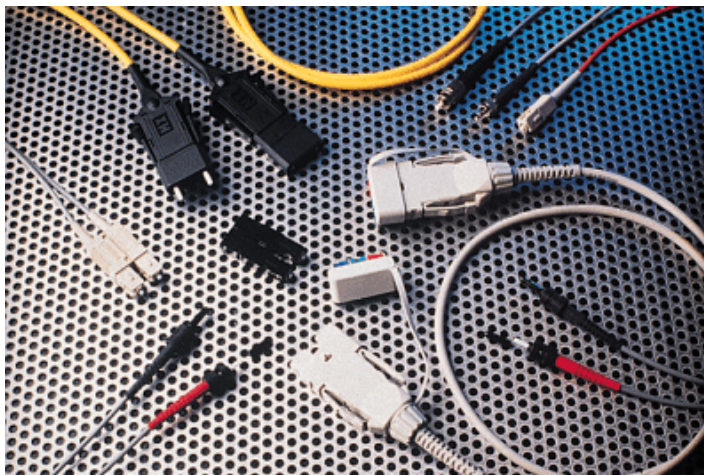


Dämpfung bei Kupfer und LWL

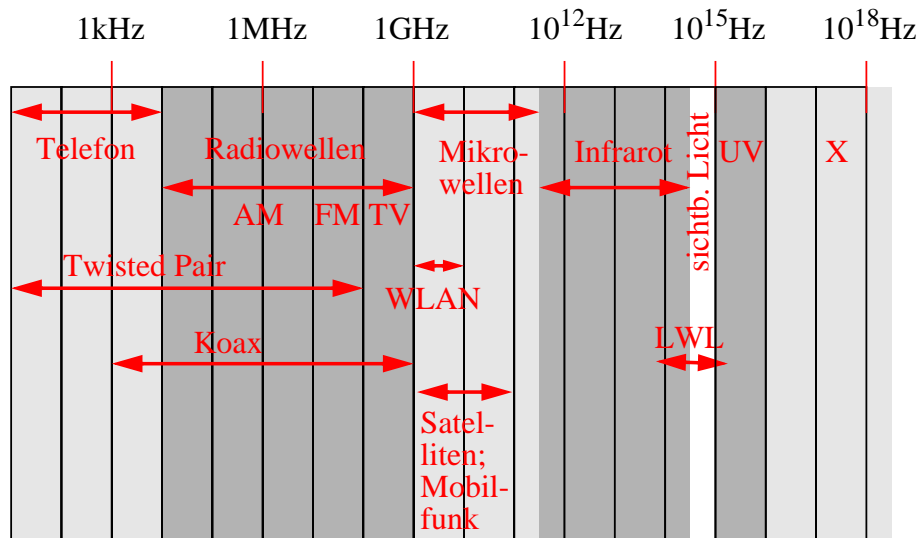
- Grobe Charakterisierung:



Bem: Lichtleiter müssen in einem relativ engen Frequenzspektrum betrieben werden



Frequenzspektrum



Drahtlose <--> leitungsgebundene Übertragung

Die Internet-Netzinfrastruktur

“Some weeks ago it occurred to me that I know much more about the abstract protocols of the Internet than I do about the nuts and bolts that hold it together...” -- Brian Hayes



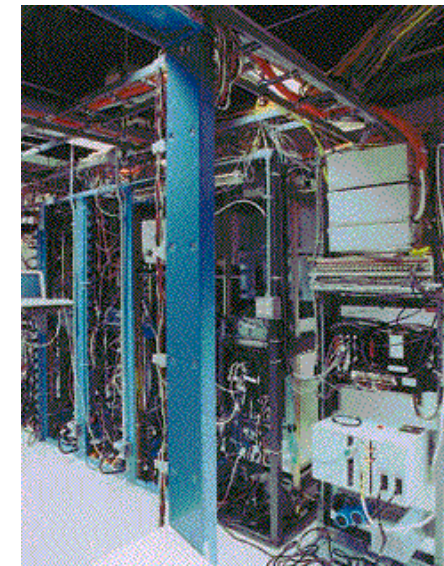
Network Access Point (NAP), operated by Sprint (in NJ)

“When I set out to see what the physical layer of the Internet looks like, I soon found myself talking to telephone companies and their subsidiaries...

I found an unmarked and windowless concrete bunker, half buried in an earthen berm, with dual-redundant cooling units and diesel generators on the roof, and an abundance of ‘call before you dig’ placards on the surrounding fences.”

Weiterlesen: “The Infrastructure of the Information Infrastructure” von Brian Hayes in “American Scientist” May / June 1997:

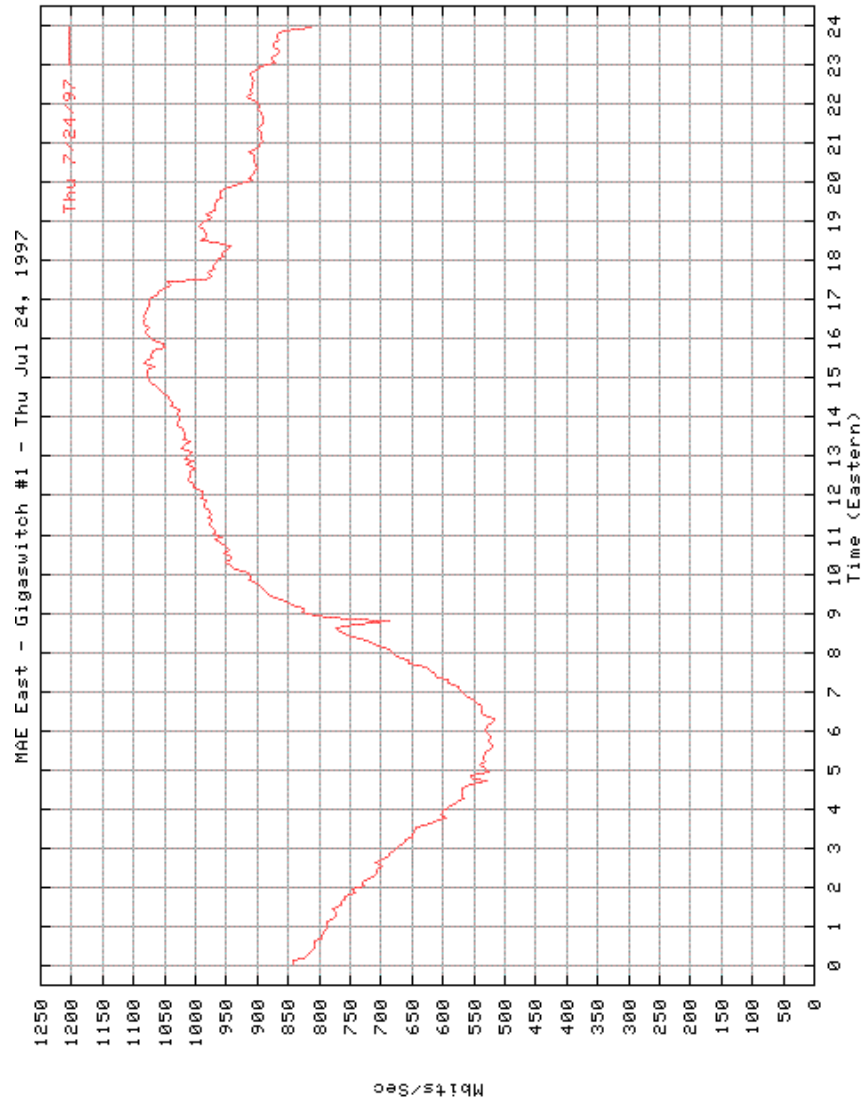
<http://www.amsci.org/amsci/Issues/Comsci97/compsci9705.html>



MCNC Internet Exchange in North Carolina

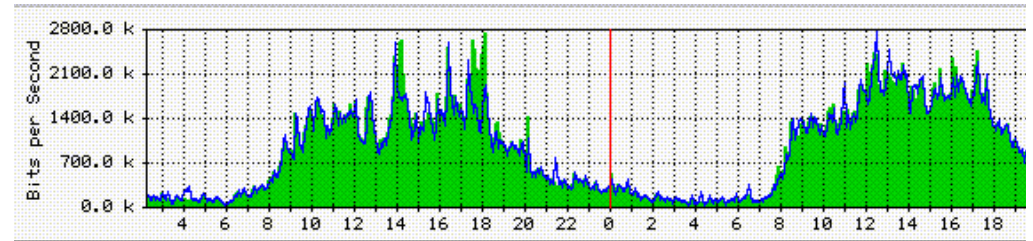
Durchsatz eines Netzknotens (1)

MAE East - Gigaswitch #1 - Jul 24, 1997 (MAE = Metropolitan Area Exchange)
<http://www.mfsdatanet.com/MAE/east.giga.970724.html>



Durchsatz eines Netzknotens (2)

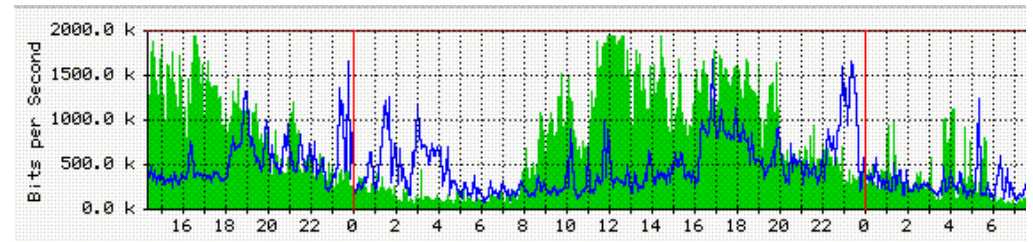
CERN-USA Transparent Web Cache Traffic (Nov. 1998):



<http://sunstats.cern.ch/mrtg/webcache.html>

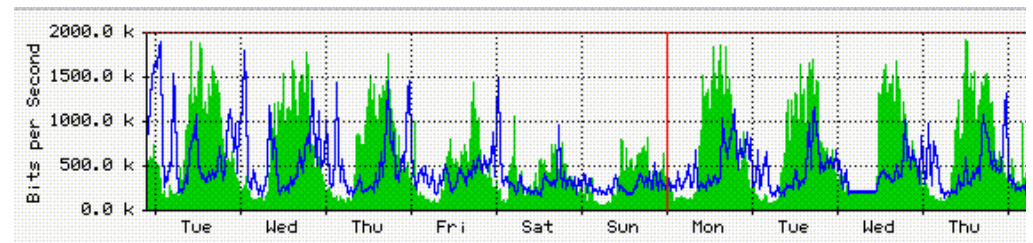
- grün: eingehender Datenverkehr
- blau: ausgehender Datenverkehr

CERN-USA Traffic (E1 line to MCI/Perryman), day:



<http://suncs02.cern.ch:8000/mrtg/cernh8.html>

CERN-USA Traffic (E1 line to MCI/Perryman), week:



<http://suncs02.cern.ch:8000/mrtg/cernh8.html>

Durchsatz eines Netzknotens (3)

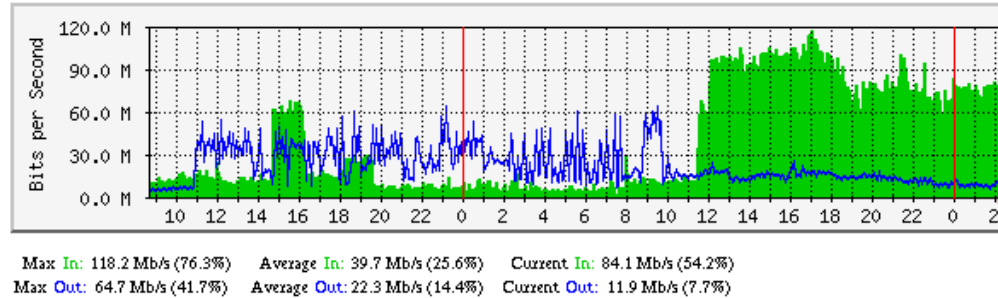
SWITCH (2001)

Swiss Academic & Research Network

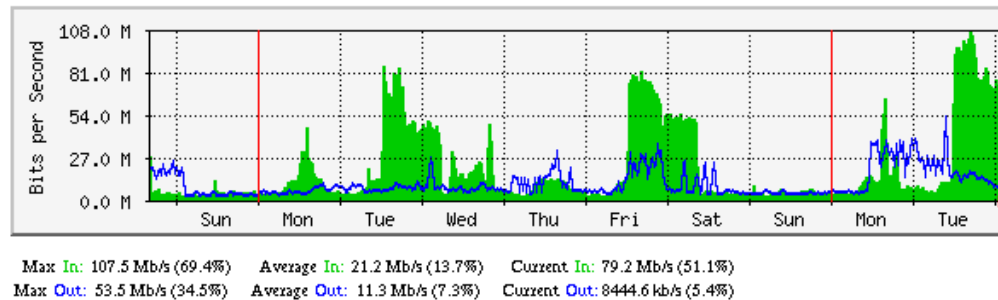
November 2001

CERN-USA Traffic, 155 Mbit/s circuit to KPN Qwest Chicago)

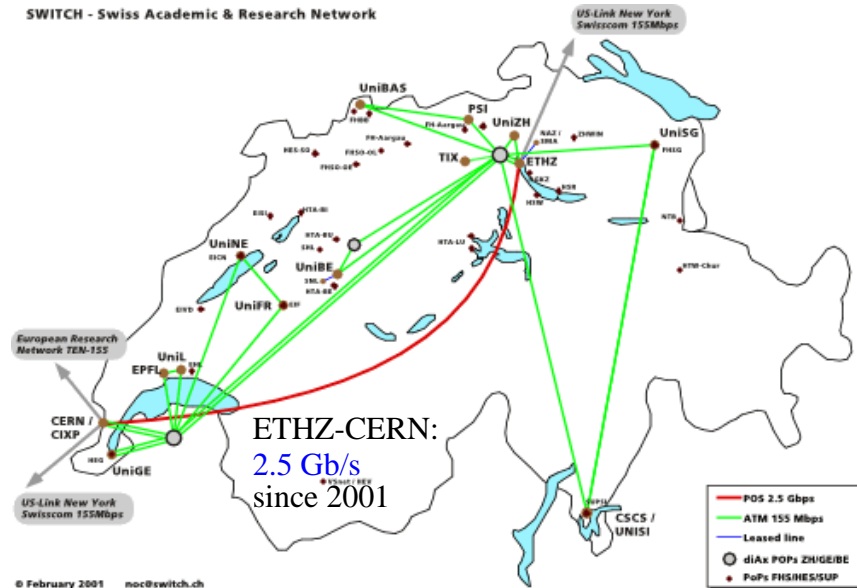
'Daily' Graph (5 Minute Average)



'Weekly' Graph (30 Minute Average)



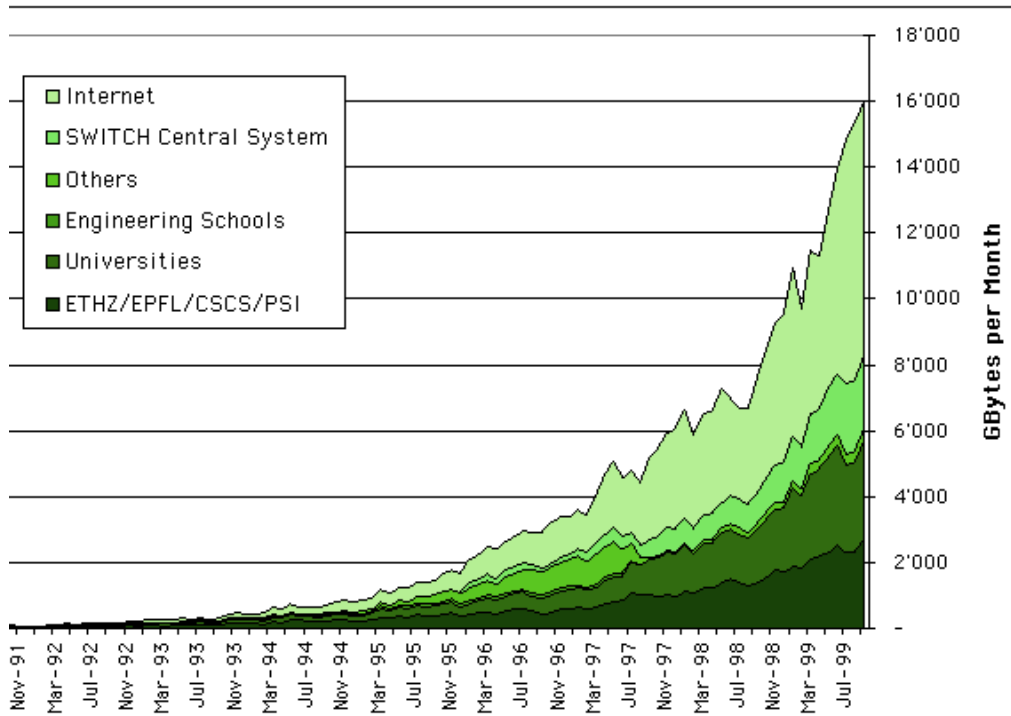
<http://sunstats.cern.ch/mrtg/cernusa.html>



The SWITCHlan consists of an ATM core network which is built on top of diAx's national SDH infrastructure. STM-1 links are used to construct a double star ATM topology with hubs in Le Lignon (GE) and Altstetten (ZH). Every site on the ATM core is connected by two different STM-1 links which use physically diverse paths on the SDH rings. The local loops between the customer's site and the nearest diAx PoP are realized as dark fibers.

Access from ETHZ/SWITCH to WorldCom's Zurich PoP is realized through the City Ring Zurich. Two STM-1 links to Amsterdam and Frankfurt connect Switzerland to WorldCom's ATM Backbone. From Switzerland to New York, the transatlantic connection uses two 155 Mb/s circuits which follow different paths through Europe and across the Atlantic ocean (geographical diversity). The US-link from Zurich (ETHZ) via the AC-1 cable terminates at the SCNA PoP in New York, 111, 8th Avenue at a router owned by SWITCH. The link from Geneva (CERN) via the TAT-12 cable terminates at another SCNA PoP in New York, 60, Hudson Street, again at a router of SWITCH.

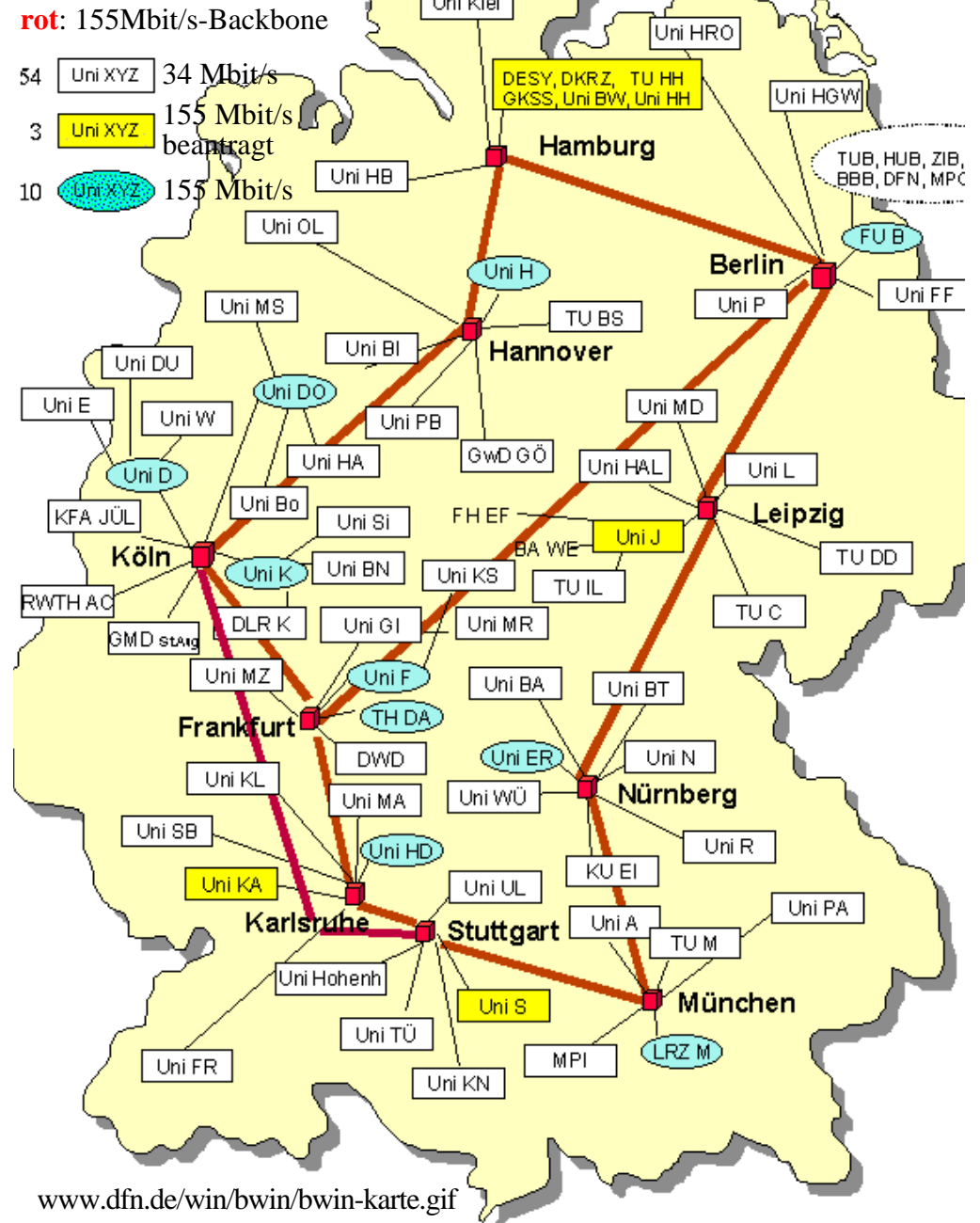
SWITCH Traffic (1999)



This figure represents traffic leaving the SWITCHlan backbone.
1'000 GByte/Month are equivalent to a 3 Mbps average data stream.

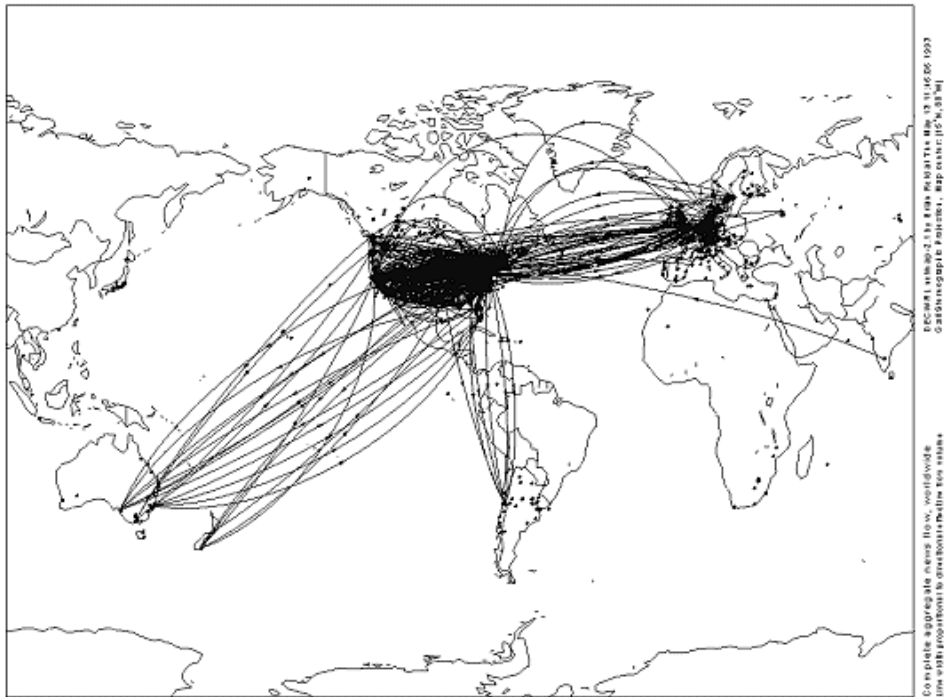
“The traffic has been growing by a factor of approximately 2 for many years, and there is no indication that this will change in the near future.”
Swisscom Journal, Nov. 2000

Das deutsche Wissenschaftsnetz (1997)

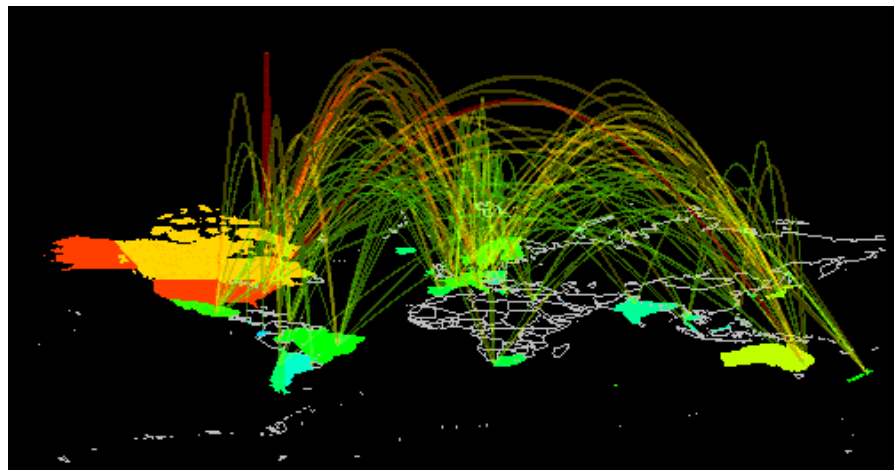


www.dfn.de/win/bwin/bwin-karte.gif

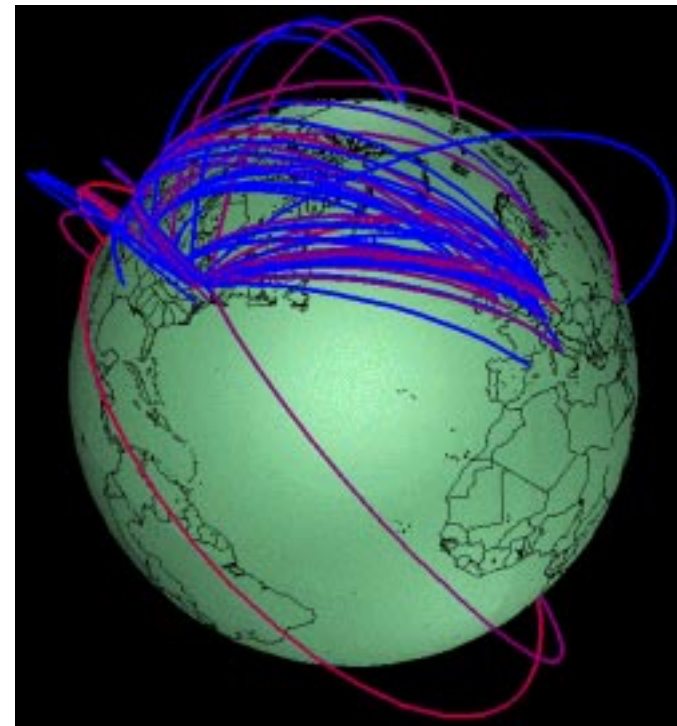
Informationsflüsse



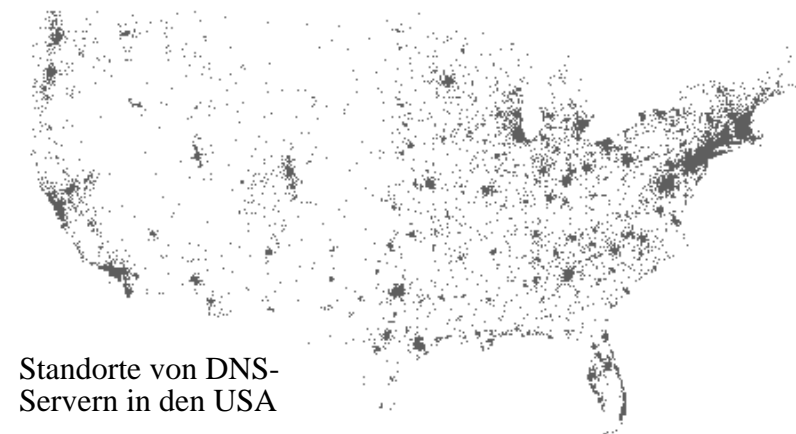
Usenet 1993



Weitere Visualisierungen...

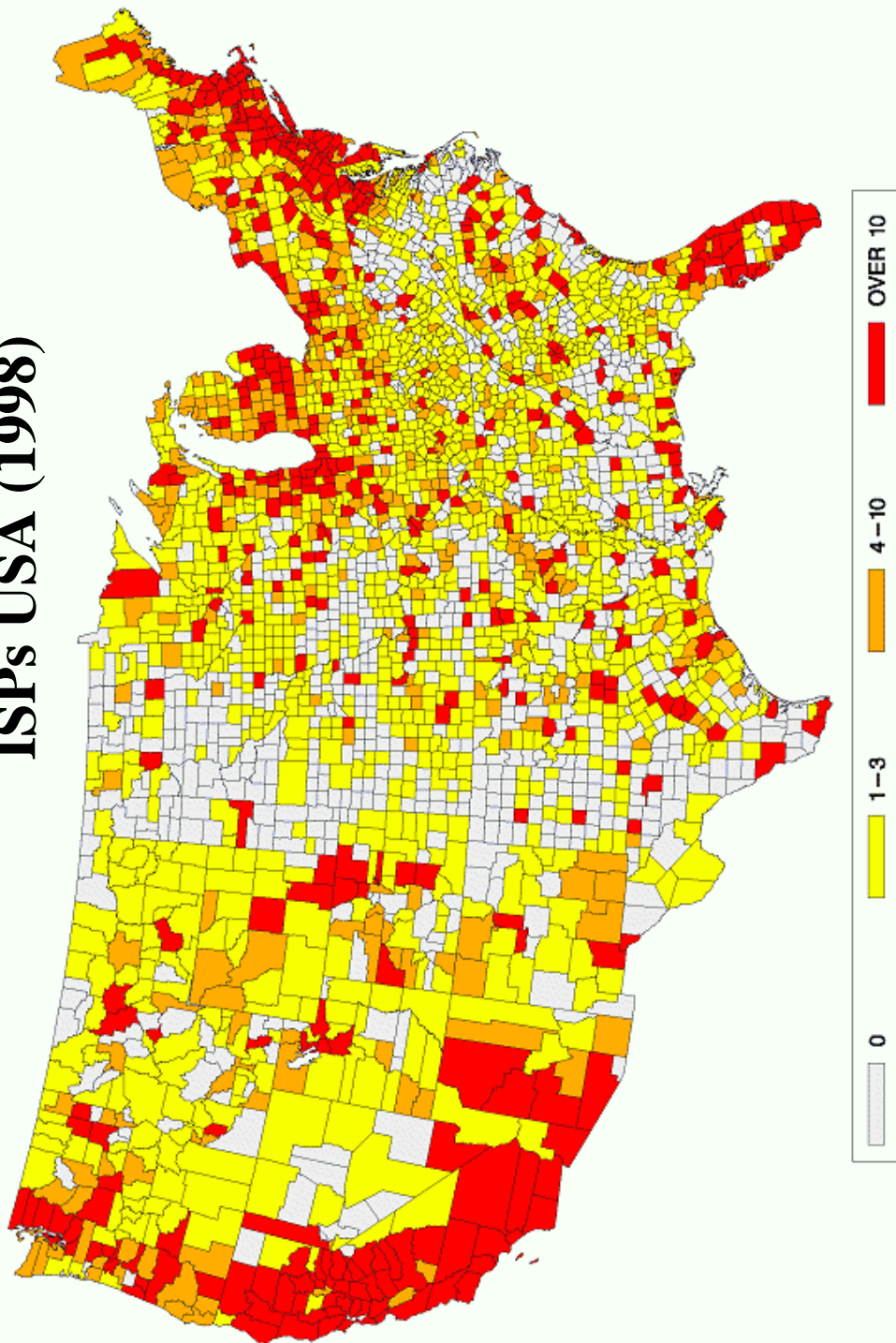


Rot: hohes Datenvolumen; blau: niedrigeres Datenvolumen



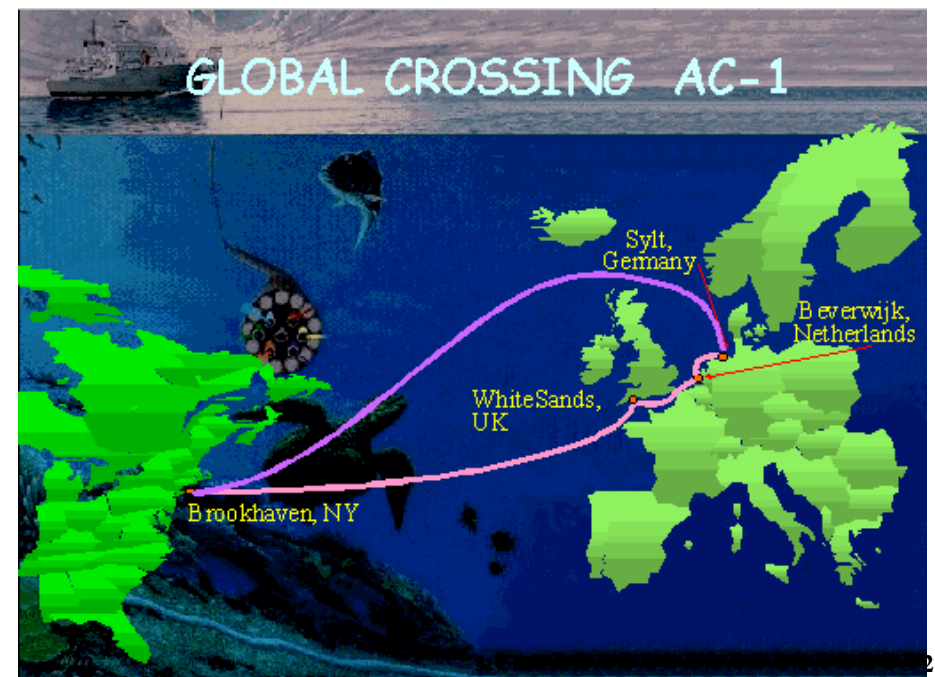
Standorte von DNS-Servern in den USA

ISPs USA (1998)

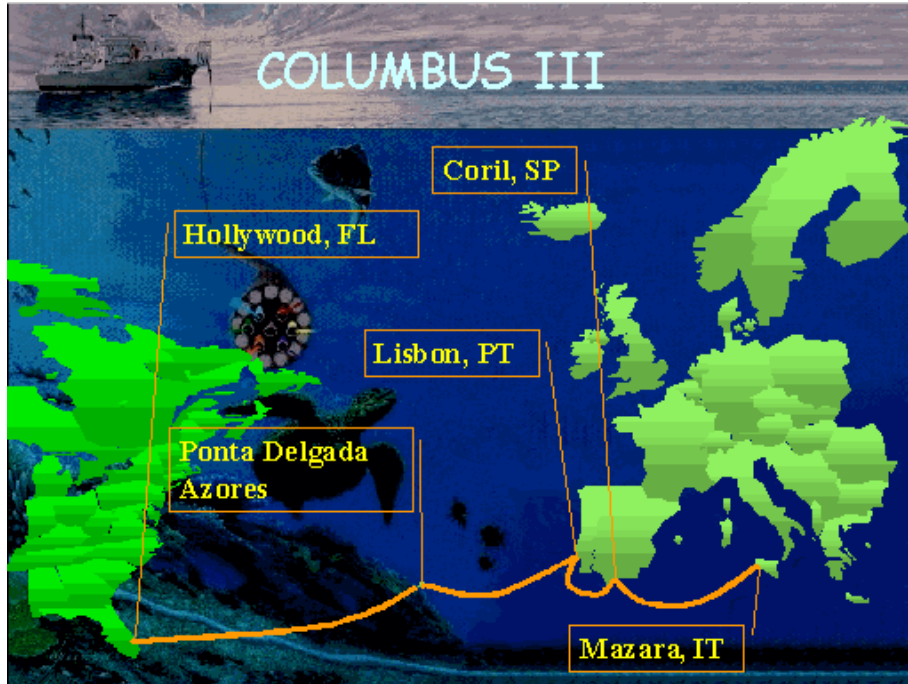


Seekabel

- Bilden die transkontinentalen Backbones des Internets
- Von Telekomgesellschaften über Jahre hinaus angemietet
- Markt derzeit kontrolliert von AT&T, MCI, BT, NTT
- Transatlantik-Kabel (Europa-USA):
 - TAT-1 (1956-1978) erstes Transatlantikkabel für *Telefonie* (fast 100 Jahre nach dem ersten Telegraphie-Kabel!): 48 Telefonkanäle, 144 kHz
 - TAT-7 (1983-1994) Kupferkabel, 662 Repeater
 - TAT-8 (1988) erstes *Glasfaserkabel*, 109 Repeater, 280 Mbit/s
 - TAT-9 (1992) 51 Repeater, 565 Mbit/s (entspricht 80000 Telefonkanäle)
 - CANTAT-3 (1994) 2.5 Gbit/s (Kanada - Island - Sylt: 7100km)
 - TAT-12/13 (1995) "selbstheilender" Ring, \$700 Mio, 2 x 5 Gbit/s (Umschaltung auf anderes Kabel im Sekundenbereich)
 - AC-1 (1998) "Atlantic Crossing" 40 Gbit/s



- Columbus III (Feb 2000): 40 Gbit/s USA-Südeuropa



- Kosten:

- Transatlantik-Glasfaserkabel: ca. \$300 - 600 Mio
- Investitionen in Glasfaser-Unterseekabel zwischen 1995 und 1998 ca. \$ 13900 Mio weltweit (Kessler Marketing Intelligence Corp.)

- Historie:

- erste *Telegraphie*-Verbindung zwischen Irland und Neufundland 1857 (jedoch nur kurze Zeit und sehr unzuverlässig funktionsfähig)
- erfolgreich entlang gleicher Route 1866 (bis 1877 in Betrieb)

- Probleme u.a.:

“In 1870, a new cable was laid between England and France, and Napoleon III used it to send a congratulatory message to Queen Victoria. Hours later, a French fisherman hauled the cable up into his boat, identified it as either the tail of a sea monster or a new species of gold-bearing seaweed, and cut off a chunk to take home.”