

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!)

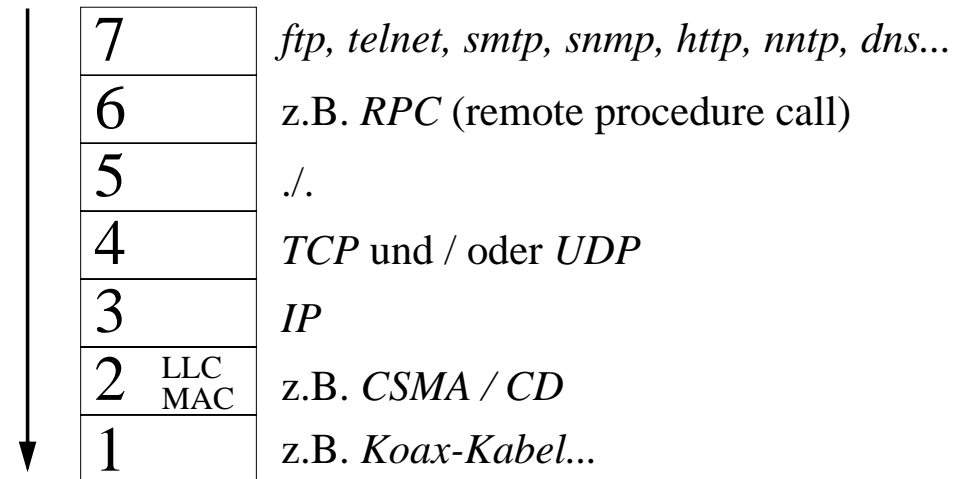
7. Application Layer

- 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)

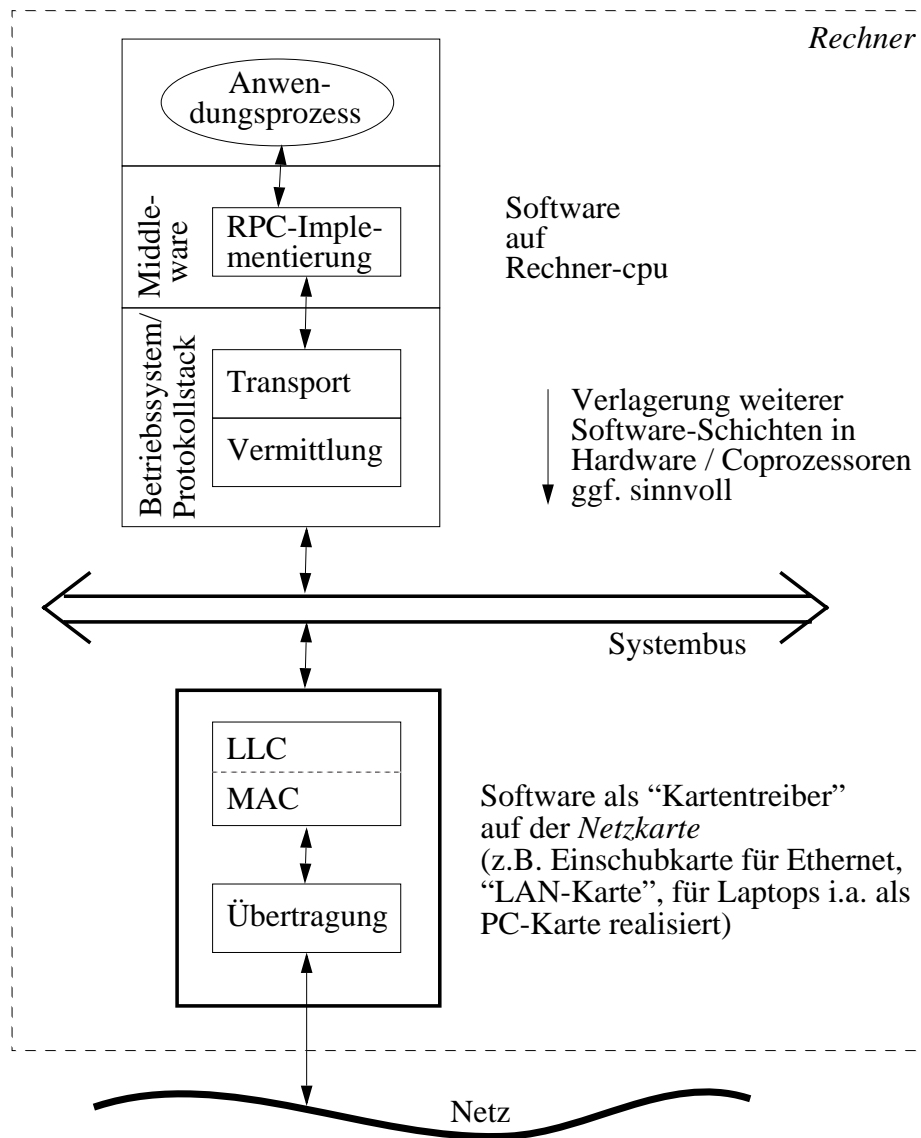
Wireless Transport Layer Security (WTLS)

Wireless Datagram Protocol (WDP)

Bearers

e.g. CSD, SMS, USSD

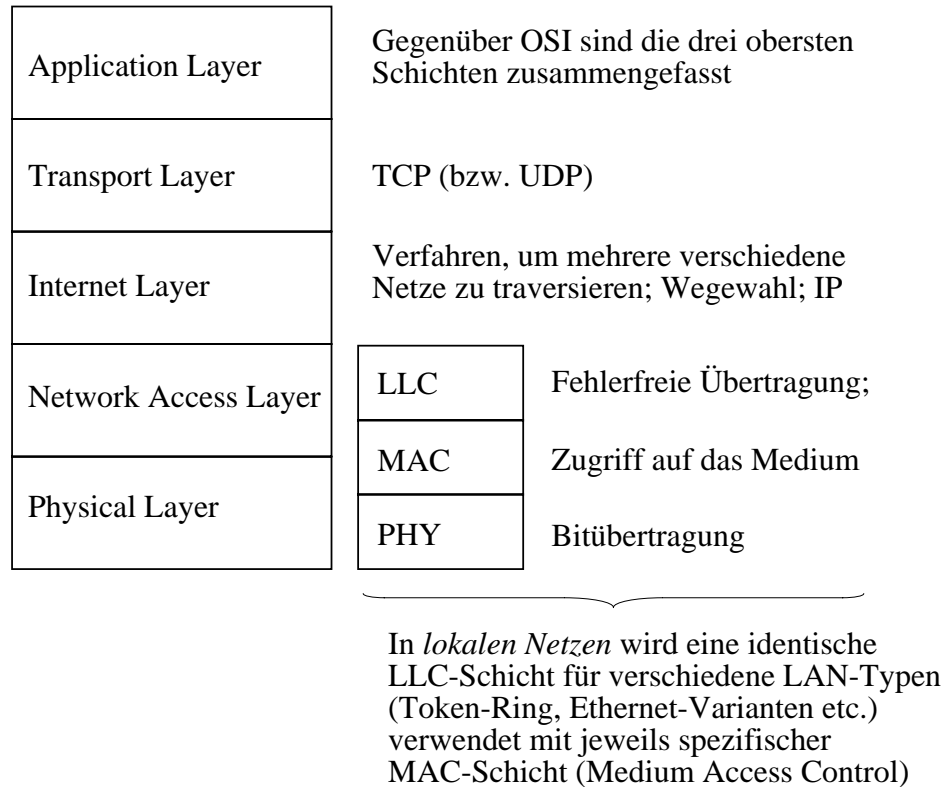
Aufteilung der Schichten in Hard- und Software, z.B.:



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

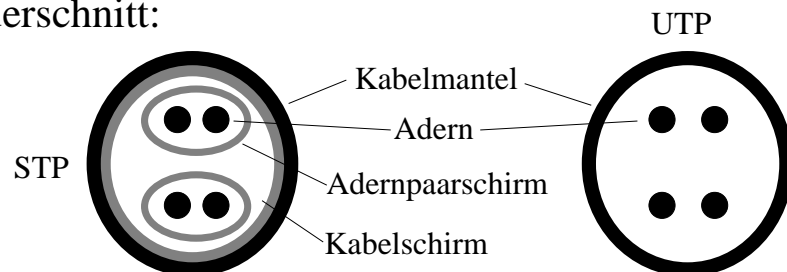


- Signalübertragung durch ein Paar verdrehter (isolierter) Kupferdrähte
 - Verdrillung reduziert die Abstrahlung
- Sehr preiswert; einfach zu verlegen
- Relativ störungsempfindlich
 - elektromagnetische Einstrahlung!
- Relativ starke Dämpfung
- Vieladrige Kabel aus mehreren verdrehten Paaren
 - meist 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 verdreht als UTP-3, das klassischerweise zur Sprachübertragung eingesetzt wurde)

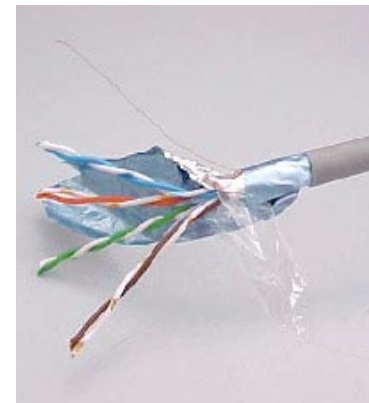
- Querschnitt:



Diverse Twisted-pair-Kabel



UTP
(8 Adernpaare)



UTP mit
Kabelschirm
(Adern jedoch
nicht einzeln
abgeschirmt)



STP

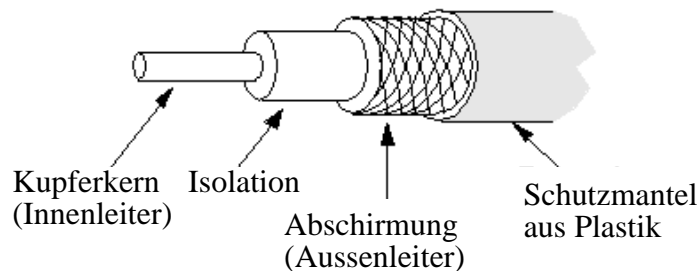
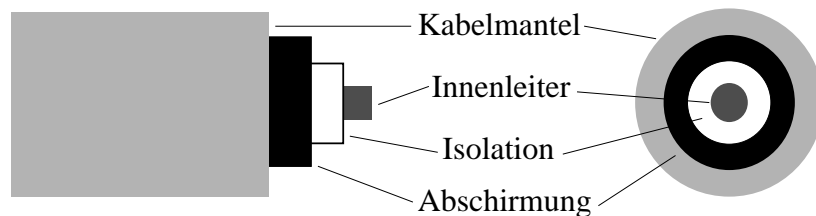
Koaxialkabel

- 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”)

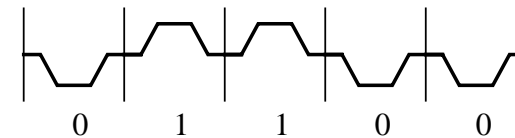
- LWL; “fibre optics” (Glas oder “Plastik”)

- 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):

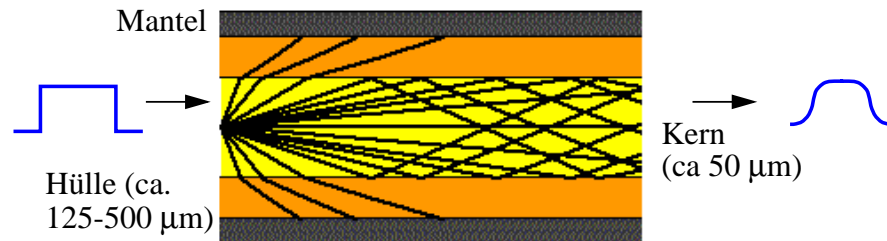
- keine störende Ausstrahlung; immun gegen el. Einstrahlungen
- höhere Sicherheit gegenüber Abhörversuchen
- höhere Übertragungsraten (Gb/s-Bereich)
- dünner (0.1 - 0.2 mm), flexibler und leichter

- 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)

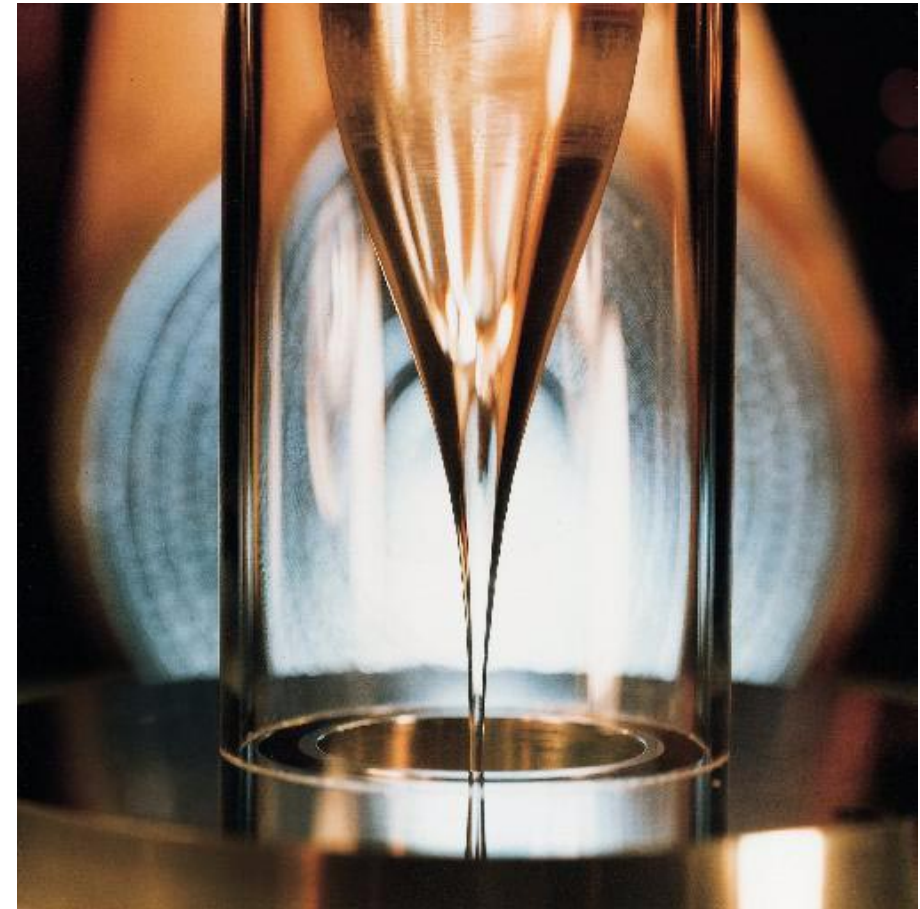


Multimodefaser (Gradientenprofil):
Brechzahl ändert sich nicht stufenförmig sondern parabelförmig
--> geringere Dispersion, höhere Bandbreite (ca. 1 GHz*km)

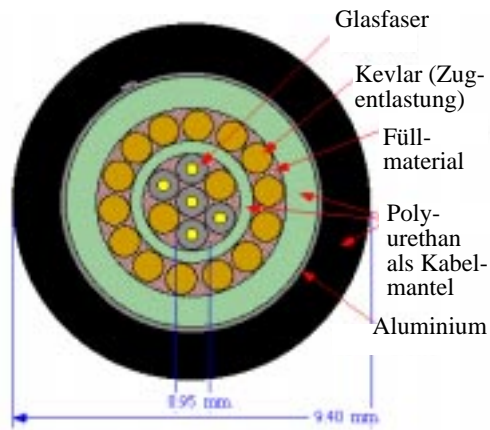
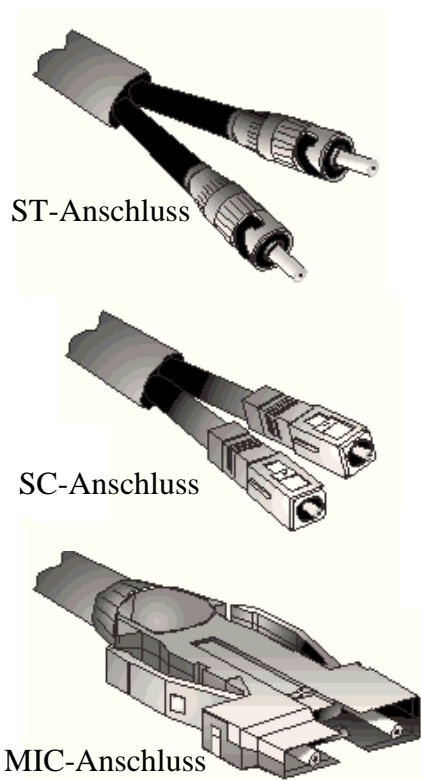


Monomodefaser:
Kerndurchmesser ca. 5 µm (statt 50)
--> quasi geradlinige Ausbreitung; bis zu 50 GHz*km

Herstellung von Glasfaser



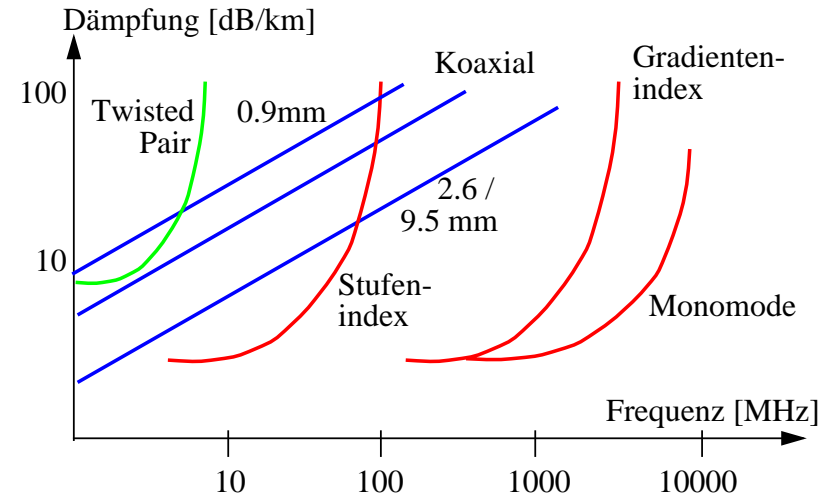
LWL-Kabel



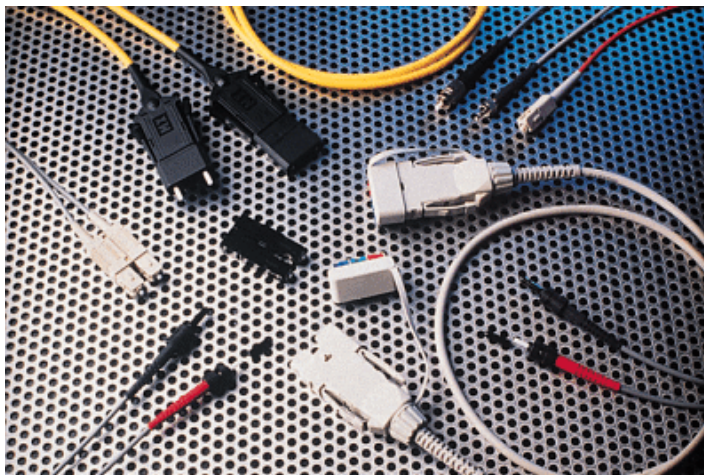
Glasfaserkabel typw. als Bündel mit 8 - 48 Fasern (Redundanz bzgl. gebrochener Fasern wichtig); für gebäudeinterne Verkabelung auch Einzelfasern mit beschichtetem Isoliermaterial

Dämpfung bei Kupfer und LWL

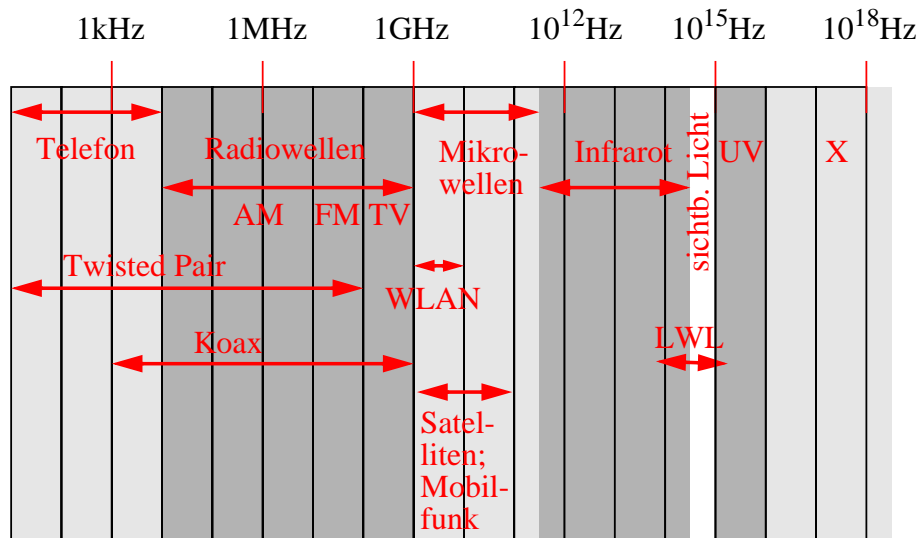
- Grobe Charakterisierung:



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



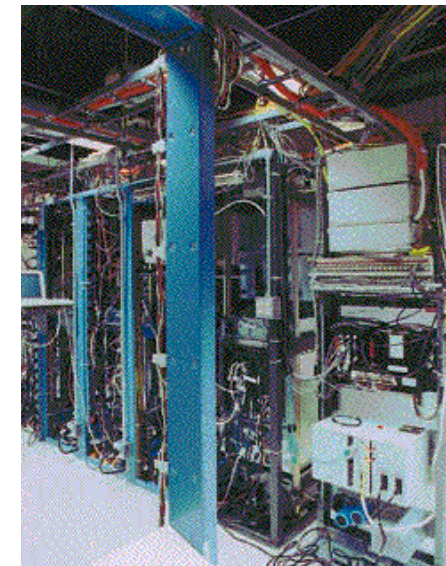
Network Access Point (NAP), operated by Sprint (in NJ)

“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:

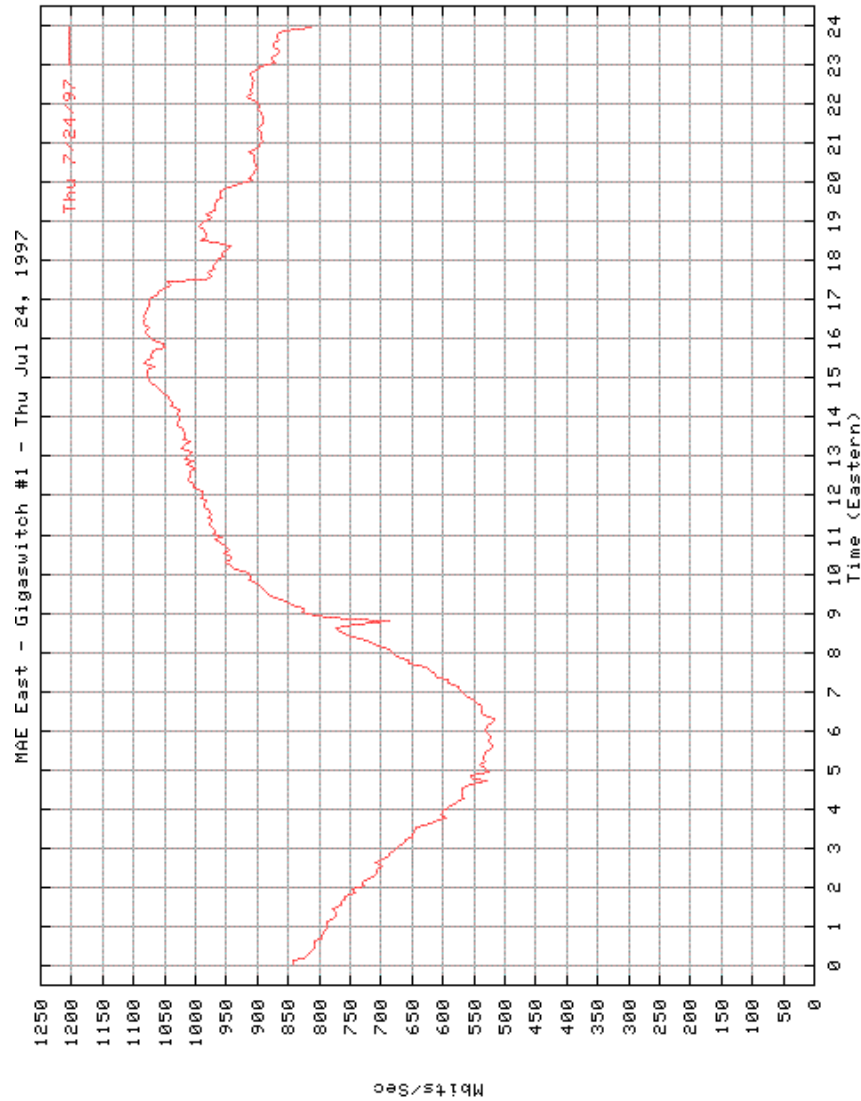
<http://www.amsci.org/amsci/Issues/Comsci97/compsci9705.html>



MCNC Internet Exchange in North Carolina

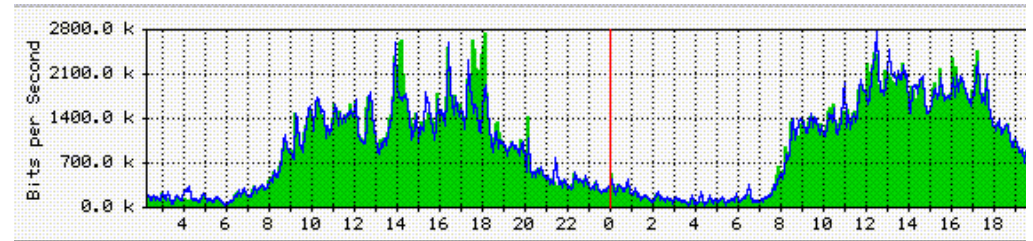
Durchsatz eines Netzknotens (1)

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



Durchsatz eines Netzknotens (2)

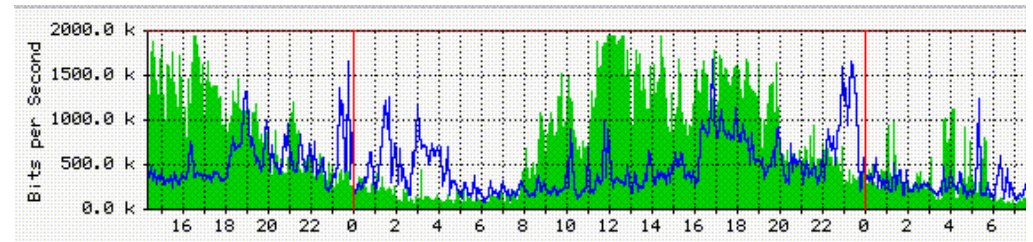
CERN-USA Transparent Web Cache Traffic (Nov. 1998):



- grün: eingehender Datenverkehr
- blau: ausgehender Datenverkehr

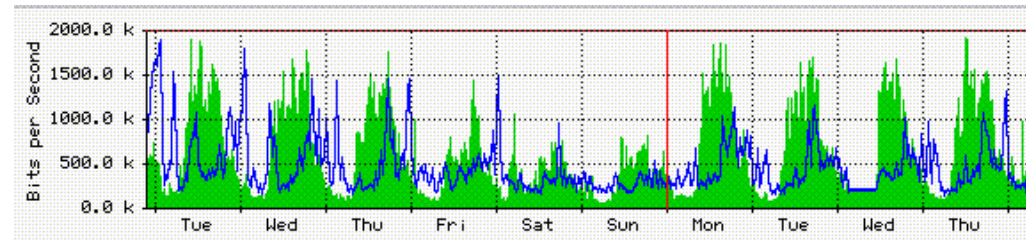
<http://sunstats.cern.ch/mrtg/webcache.html>

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)

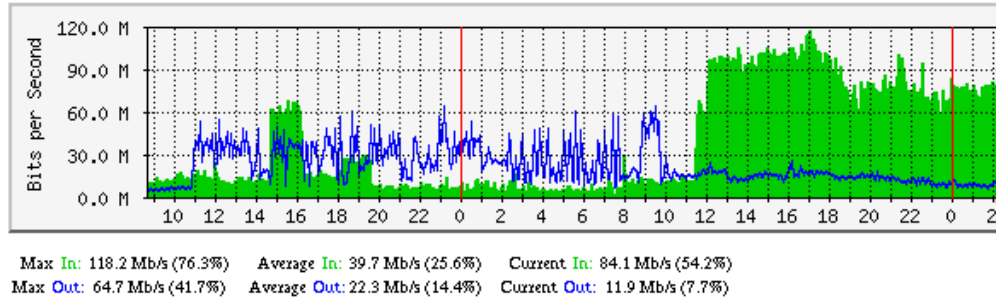
SWITCH (2001)

Swiss Academic & Research Network

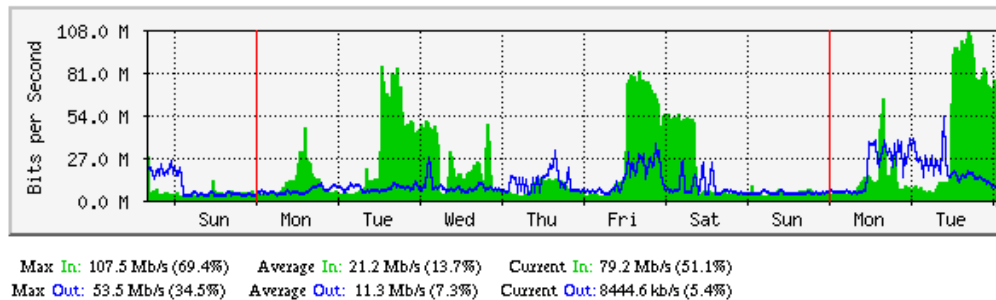
November 2001

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

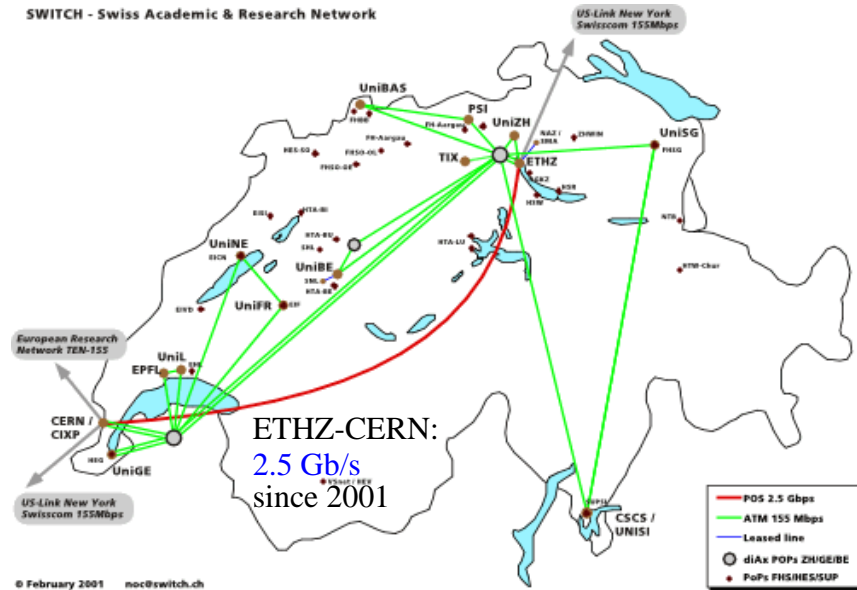
'Daily' Graph (5 Minute Average)



'Weekly' Graph (30 Minute Average)



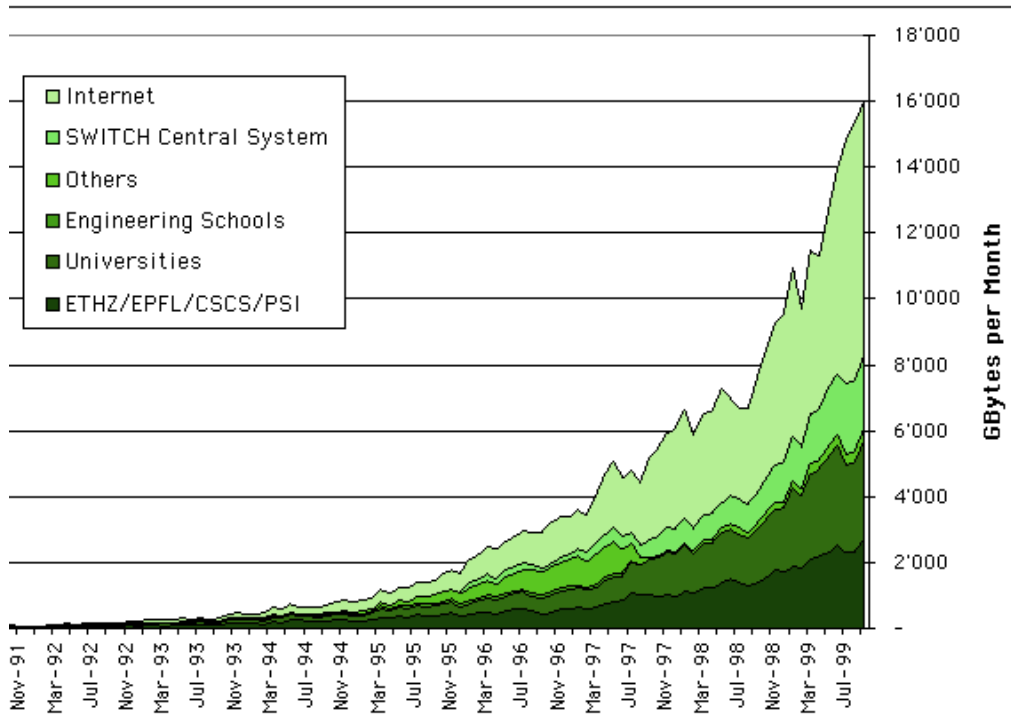
<http://sunstats.cern.ch/mrtg/cernusa.html>



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.

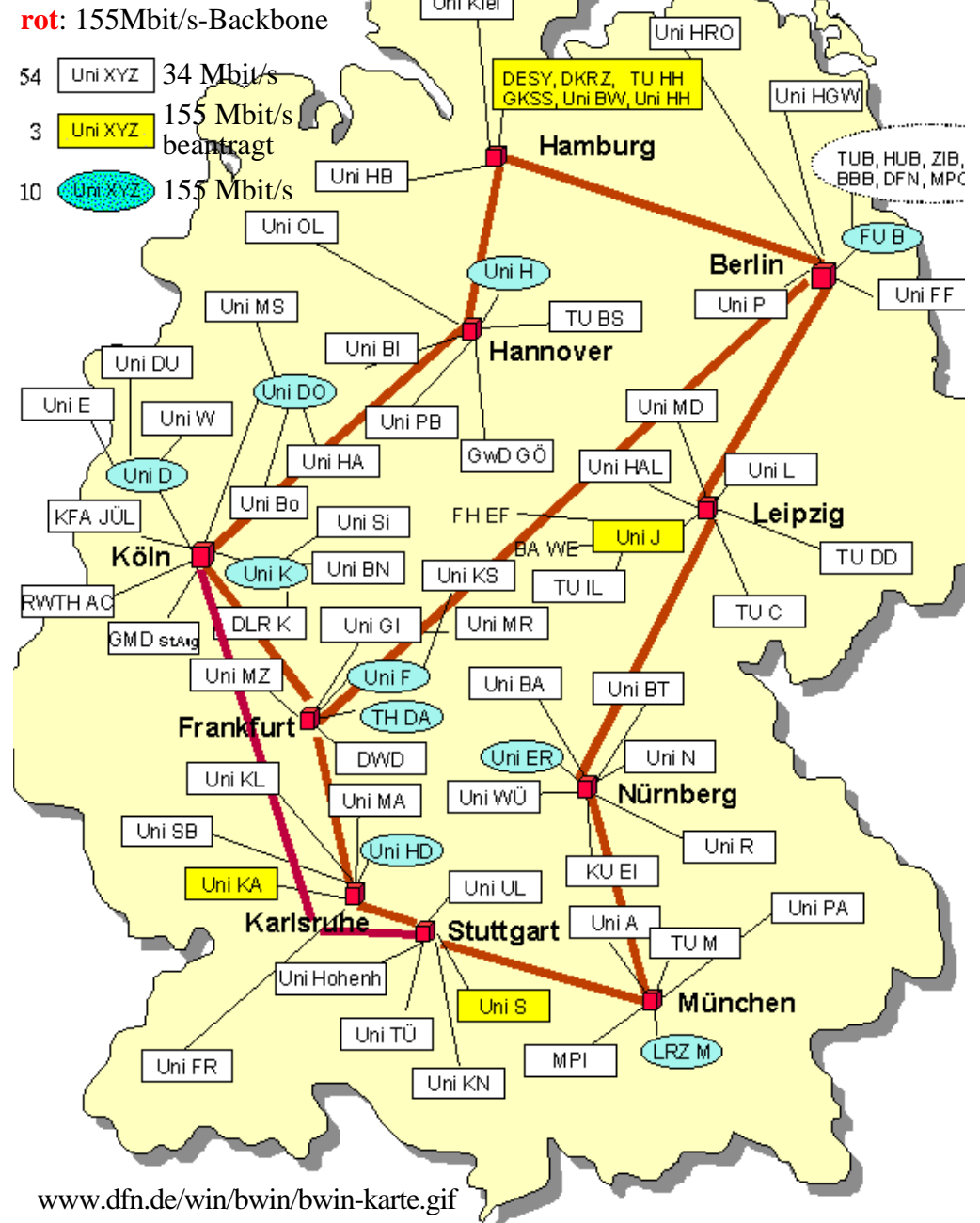
SWITCH Traffic (1999)



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

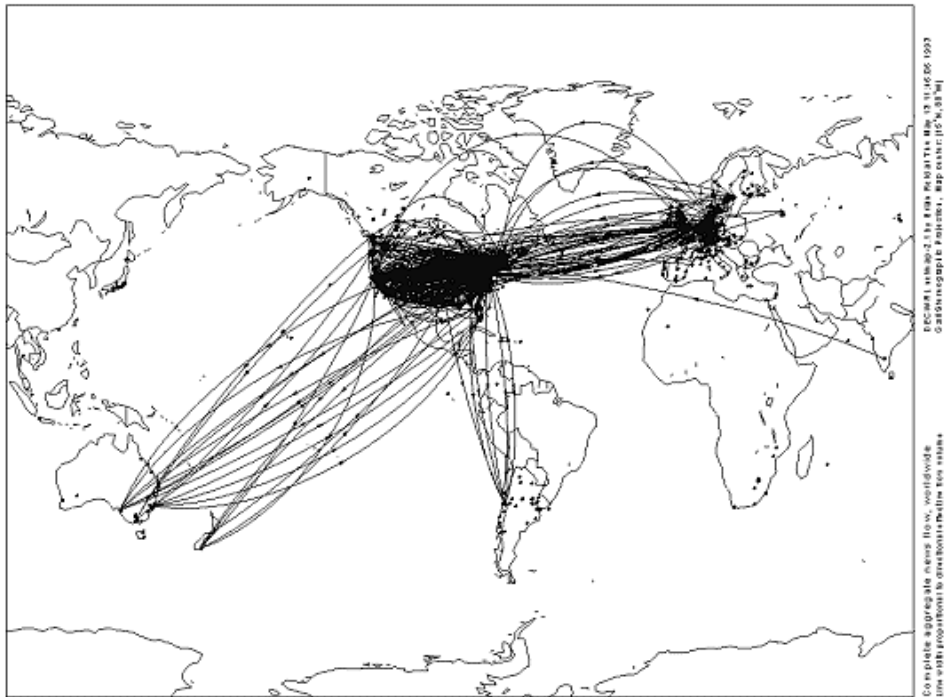
“The traffic has been growing by a factor of approximately 2 for many years, and there is no indication that this will change in the near future.”
Swisscom Journal, Nov. 2000

Das deutsche Wissenschaftsnetz (1997)

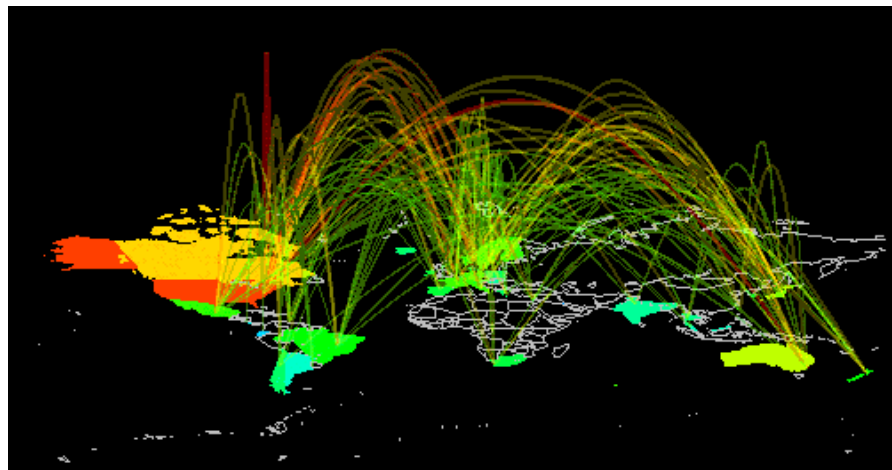


www.dfn.de/win/bwin/bwin-karte.gif

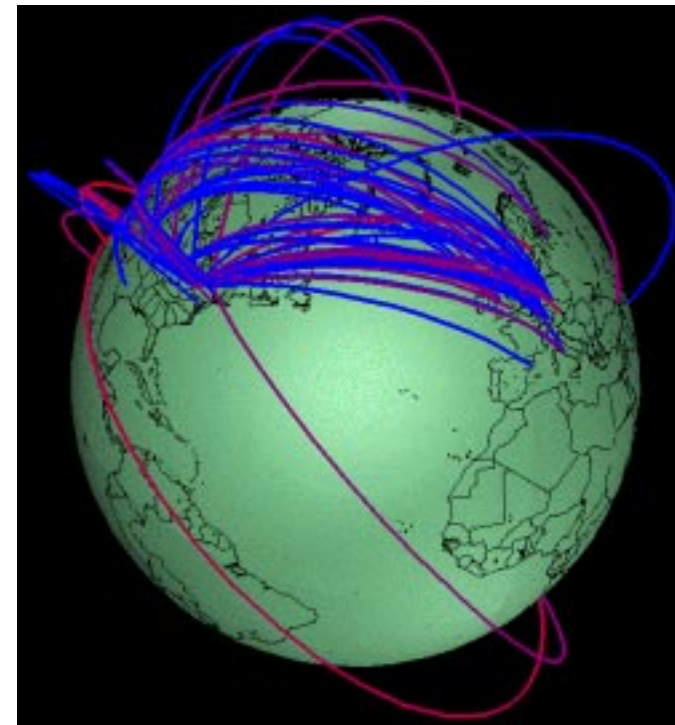
Informationsflüsse



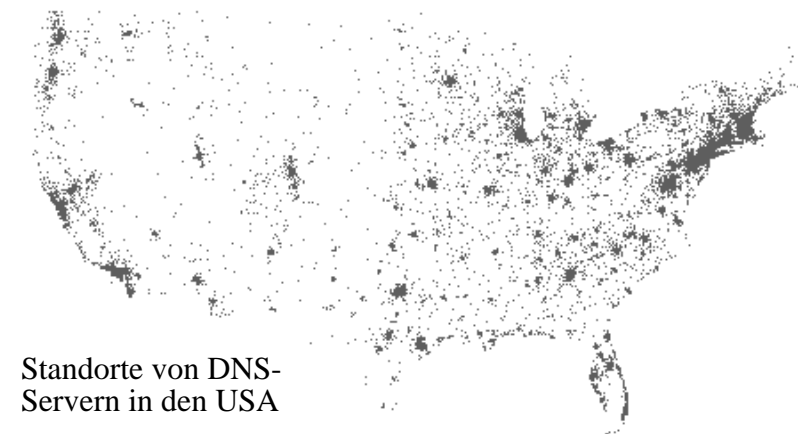
Usenet 1993



Weitere Visualisierungen...

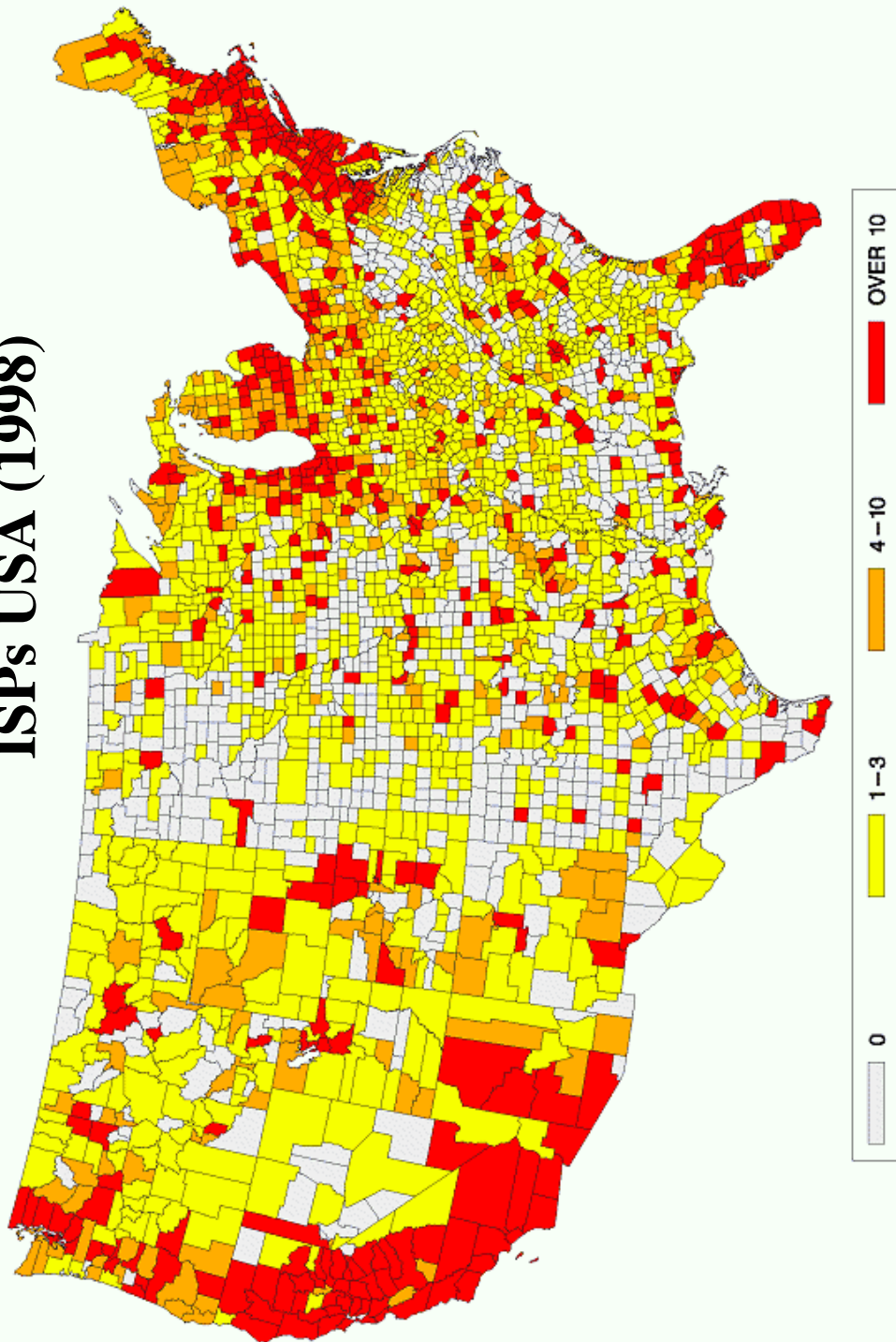


Rot: hohes Datenvolumen; blau: niedrigeres Datenvolumen



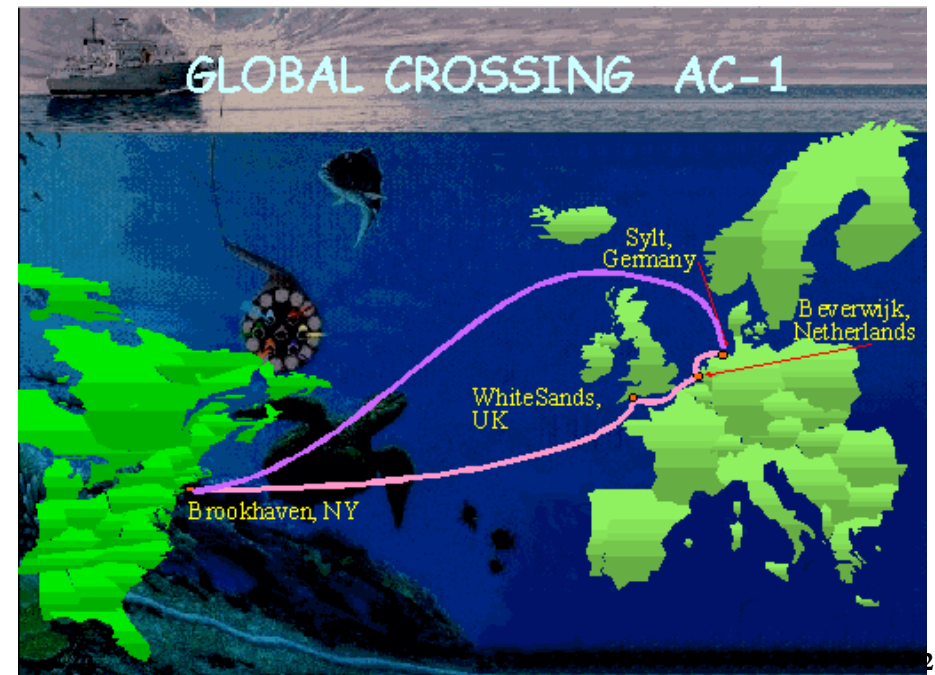
Standorte von DNS-Servern in den USA

ISPs USA (1998)

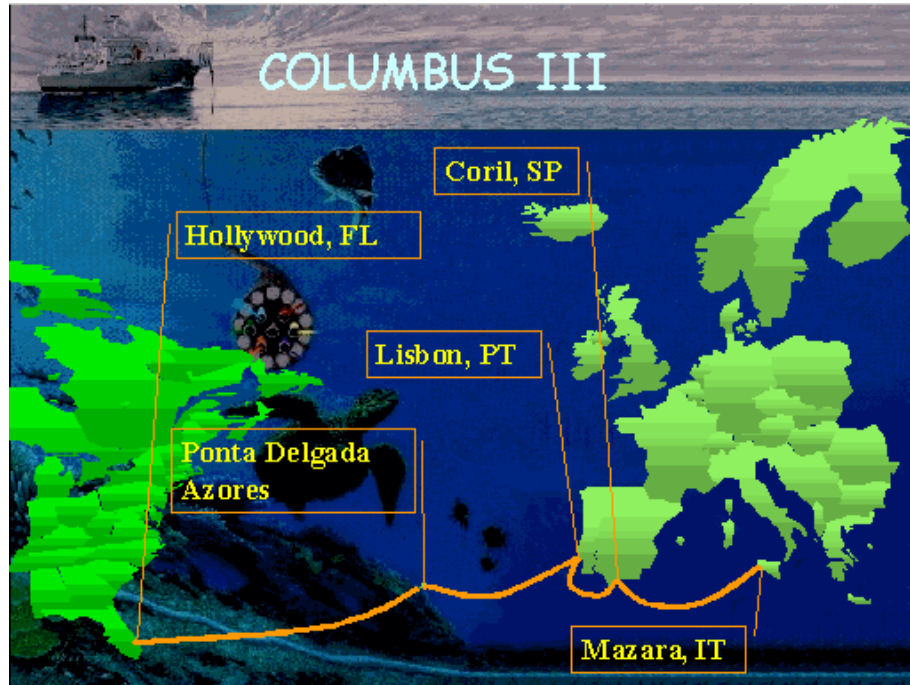


Seekabel

- 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, 2×5 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.”

Heise Newsticker - Meldung vom 21.11.2000 10:02

Weltweit längstes Internet-Unterseekabel beschädigt

Ein Schaden an einem der weltweit meistgenutzten Unterseekabel zur Datenübertragung bremst Internetsurfer auf insgesamt drei Kontinenten aus. Wie ein Sprecher der australischen Telefongesellschaft Telstra gestern mitteilte, wurde das mit 39.000 Kilometern längste Unterseekabel der Welt, das Australien mit Asien und Europa verbindet, rund 100 Kilometer vor der Küste Singapurs beschädigt. Als Schadensursache komme beispielsweise ein Schiffsanker in Frage, sagte der Sprecher. Die Reparatur könne Tage dauern.

Die normalen transkontinentalen Ferngespräche waren von dem Kabelschaden nicht berührt. Die Beschädigung des Kabels hindert rund eine halbe Million Internet-Nutzer, hauptsächlich in Australien, am Surfen. Daneben war zum Teil auch der Internet-Datenverkehr in Japan, Indonesien und Hongkong betroffen; in kleinerem Umfang mussten auch Surfer in Großbritannien und den USA mit etwas erhöhten Wartezeiten leben.

Das Kabel SEA-ME-WE 3 (South East Asia - Middle East - West Europe 3 Fiber Optic Cable Network) war erst im vergangenen Jahr für rund eine Milliarde US-Dollar gelegt worden. Es wird von rund 100 Telekommunikationsfirmen aus aller Welt betrieben und ist eines der längsten Unterseekabel der Welt. Haupteinsatzzweck von SEA-ME-WE 3 ist der Betrieb als Internet-Backbone. Telstra, Australiens größter Internet-Provider, nutzt SEA-ME-WE 3 für rund 60 Prozent seines internationalen Internet-Traffic. Um 16 Uhr (Ortszeit) am gestrigen Dienstag erreichte das Telstra-Netz nach dem Schaden am Kabel gerade noch einmal 30 Prozent seiner normalen Leistungsfähigkeit - im Laufe des Abends sank die Leistung noch weiter, da die ständigen Anfragen nach nicht erreichbaren Web-Seiten die Kapazität über das normale Maß hinaus weiter belasteten.

SEA-ME-WE 3 soll in absehbarer Zeit durch das Southern Cross Cable Network ergänzt werden. Das unterseeische Glasfaserkabelnetz, das zu 40 Prozent einer Tochter von Cable & Wireless gehört, verbindet die Ostküste Australiens mit den USA und ermöglicht eine maximale Bandbreite von 100 GBit/s, während SEA-ME-WE 3 maximal 20 GBit/s erreicht. SEA-ME-WE 3, das wie auch das neue Netz mit Wavelength Division Multiplexing arbeitet, ist Hauptbestandteil eines Netzwerks von rund 40.000 Kilometer Länge, das sich von Deutschland über Spanien, den Nahen Osten und Südost-Asien bis Japan erstreckt.

Kostenentwicklung Transatlantikkabel

Man beachte die Kostenreduktion um den Faktor 30 in den 90er-Jahren!

System	Year	Technology	Estimated Cost (\$ million)	Total 64 kbps Circuits	Usable 64 kbps Circuits	Investment Cost per Usable Circuit	Invest. Cost per Minute
TAT-1	1956	Coax Cable	49.6	44.5	40.1	213,996	2.443
TAT-2	1959	Coax Cable	42.7	49	44.1	167,308	1.910
TAT-3	1963	Coax Cable	50.6	87.5	78.8	111,027	1.267
TAT-4	1965	Coax Cable	50.4	69	62.1	140,238	1.601
TAT-5	1970	Coax Cable	70.4	720	648.0	18,773	0.214
TAT-6	1976	Coax Cable	197.0	4,000	3,200.0	10,638	0.121
TAT-7	1983	Coax Cable	180.0	4,246	3,821.4	8,139	0.093
TAT-8	1988	Fiber Optic	360.0	7,560	6,048.0	10,285	0.117
TAT-9	1992	Fiber Optic	406.0	15,120	10,584.0	6,628	0.076
TAT-10	1992	Fiber Optic	300.0	22,680	18,144.0	2,857	0.033
TAT-11	1993	Fiber Optic	280.0	22,680	18,144.0	2,667	0.030
TAT-12	1996	Fiber Optic	378.0	60,480	60,480.0	1,080	0.012
Gemini	1998	Fiber Optic	520.0	241,920	241,920.0	371	0.004
AC-1	1998	Fiber Optic	850.0	483,840	483,840.0	304	0.003

The annual investment cost per usable circuit is the annual payment rate for the life of the asset that produces a present value equal to the initial investment cost. This calculation assumes a 25 year cable life and a discount rate equal to the average cost of capital for the firm.

The investment cost per minute assumes that average activated circuits are used 8 hours per day for 365 days each year and that 50% of circuits are idle (not activated). These assumptions are consistent with the current utilization rates.

Quelle: Linda Blake, Jim Lande: Trends in the U.S. International Telecommunications Industry, Federal Communications Commission, Sep. 1999
www.fcc.gov/Bureaus/Common_Carrier/Reports/FCC-State_Link/Intl/itltrd99.pdf

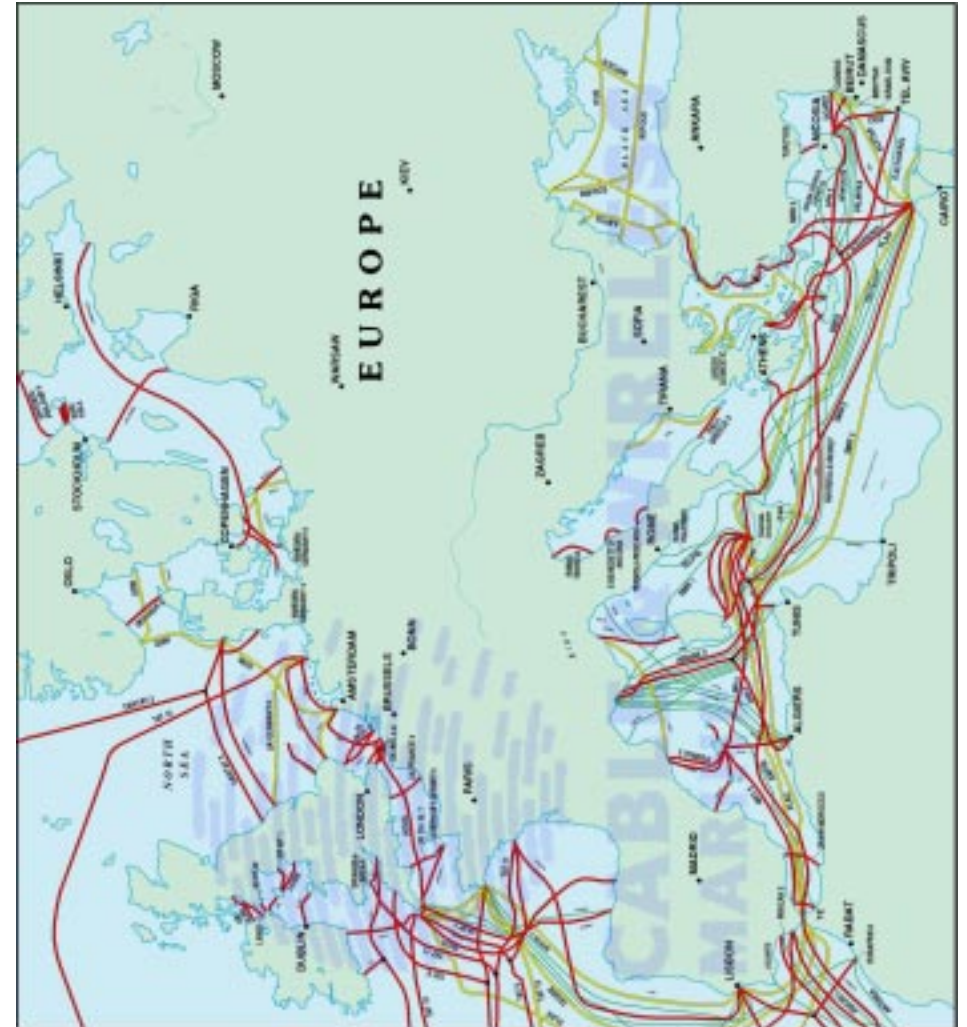
Verlegung von Seekabeln

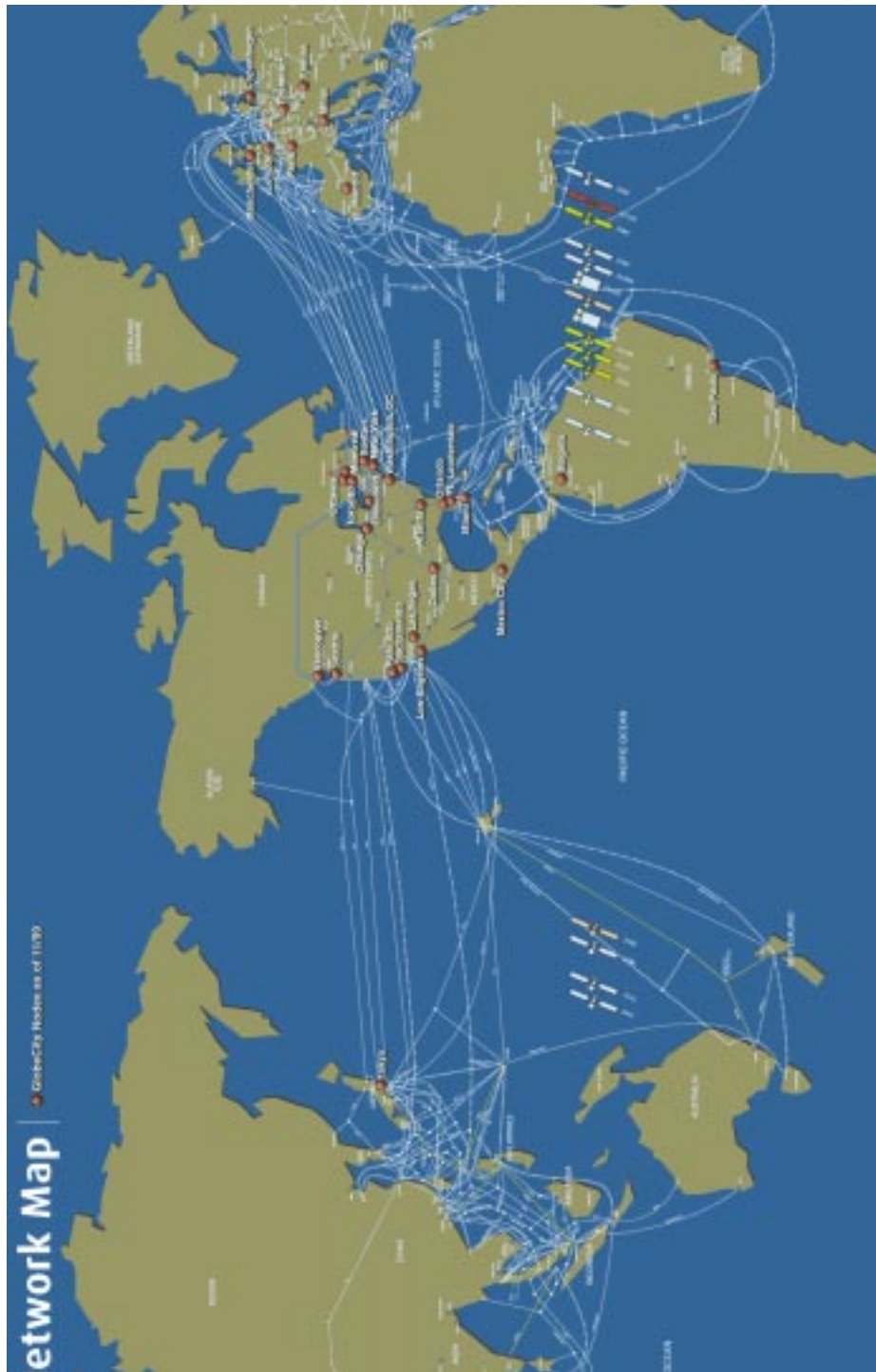


Kabelverlegegeschwindigkeit bis zu 15 km/h in Tiefen bis 7000 m. Das Füllen eines Schiffes mit Kabel dauert i.a. mehrere Wochen.



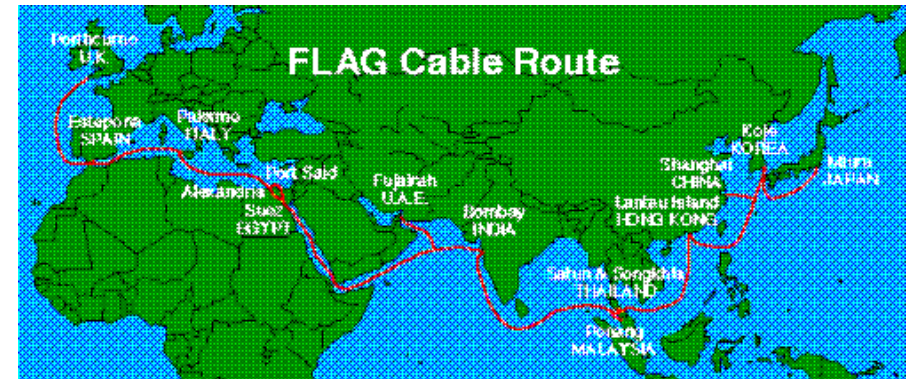
Unterwasserverstärker: 1-2 m Länge, 30-50 cm Breite, 300-500 kg, 40W, 0.5-1 Mio \$, in bis zu 7000 m Tiefe.





Fiberoptic Link Around the Globe (FLAG)

- 1997, **UK-Japan**, ca. 27300 km, 2×2.5 Gbit/s, \$1200 Mio



Porthcurno (England), Estepona (Spanien), Palermo (Italien),
Alexandria / Port Said, Rotes Meer, Dubai, Indischer Ozean, Bombay,
Ban Pak Bara (Thailand), Hong Kong, Gabelung: Shanghai / Korea - Japan

- **335 Verstärker** nach jew. 45 bis 85 km (10000 V, 0.9 A)

- Kabel enthält neben 4 Glasfasern auch Kupferdraht für Stromversorgung
- verdrehte Stahlseile als Verstärkung und Schutz
- diverse Schutzhüllen aus Plastik und Stahl (Haie, Schleppnetze...)
- ca. **\$20000 pro km**

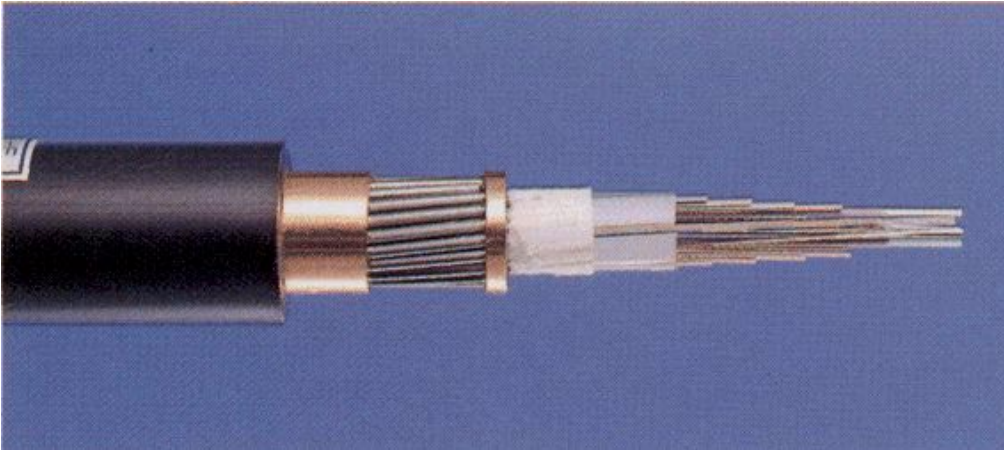


Man lese dazu den journalistisch gut geschriebenen Artikel "**Mother Earth Mother Board**" des SF-Autors **Neal Stephenson** in "Wired", Ausgabe 4.12, Dezember 1996:

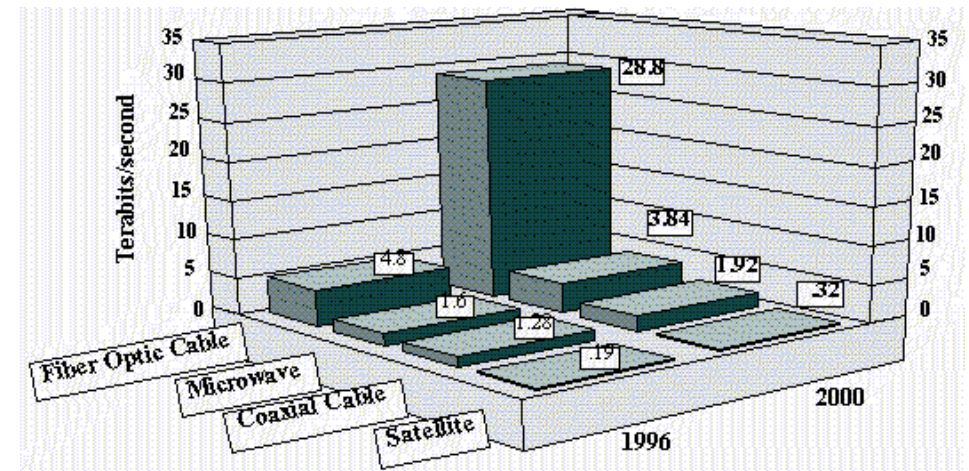
<http://econ161.berkeley.edu/OpEd/virtual/stephenson.html> oder

<http://www.wired.com/wired/archive/4.12/ffglass.html>

Seekabel - weitere Planung

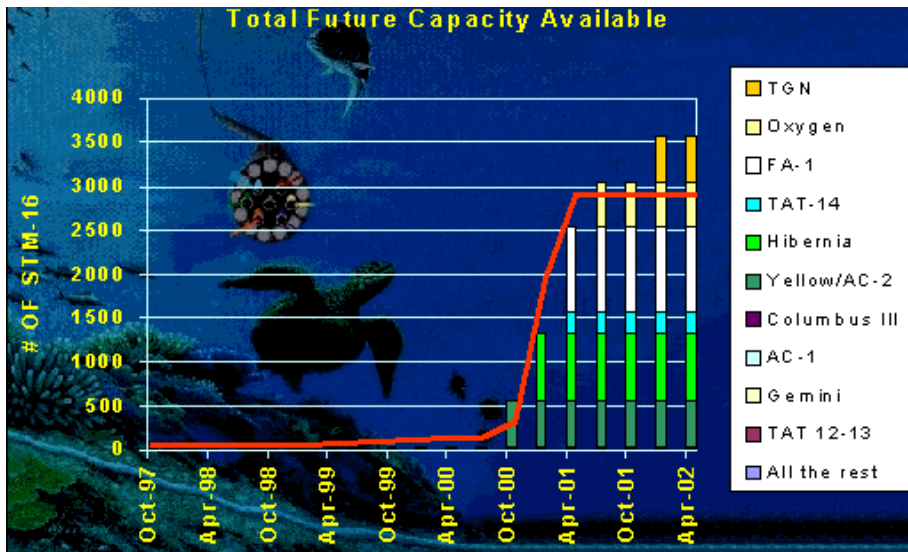
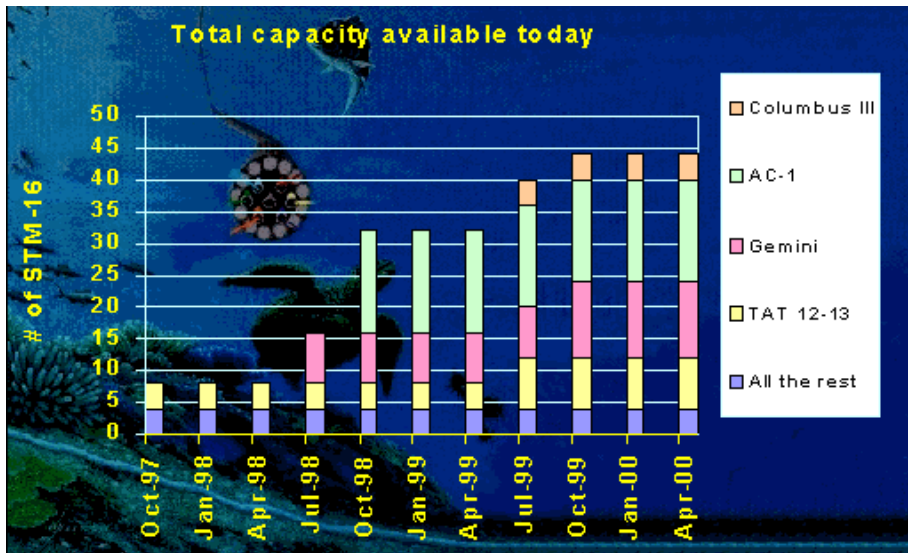


- Verhältnis Sprache zu Internet-Daten verschiebt sich schnell zugunsten von Internet-Daten
 - für 2004 wird erwartet, dass Sprache nur noch 1% des Volumens ausmacht, der Rest sind Daten, vor allem Internet-Datenpakete
- Internationale Übertragungskapazität wächst bei Unterwasserkabeln schneller als bei Satelliten:



- Frequenzmultiplex (“wave-division multiplexing”) auf existierenden TAT-12 und TAT-13: 20 statt 5 Gbit/s
- Ab 2002 (?): 40 Gbit/s um afrikanischen Kontinent (“Africa One”): 35000 km; ca. 29 Anschlusspunkte

Atlantik-Seekabel - Bandbreitenzunahme



(April 2000)

TAT-14: \$ 1.5 Billion Cable Project

(1998) A consortium of telecom operators on Wednesday signed a **\$1.5 billion** project for a new fibre-optic cable link between Europe and the U.S. in order to cut waiting time on the World Wide Web.

More than 50 telecommunications operators signed contracts for the **TAT-14** cable which will have a capacity of **640 Gb/s** and could carry about 7.7 million simultaneous telephone calls. Anfangs nur 160 Gb/s?

Some **80 percent** of its capacity will be allocated to **Internet** and multimedia traffic. \$120 Mio: drittgrösster Investor

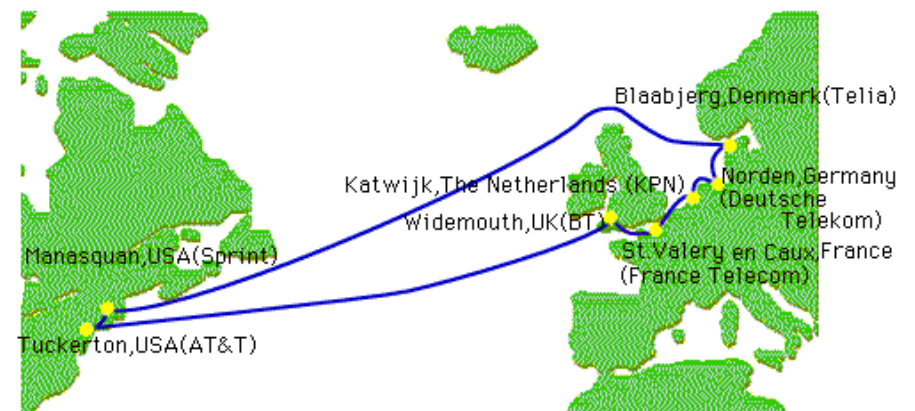
The TAT-14 cable network is a 1997 initiative of **11 carriers** - AT&T, BT, Cable & Wireless, Deutsche Telekom, France Telecom, KPN MCII, Pacific gateway Exchange, Sprint, Swisscom and Telia.

The TAT-14 cable will link five European countries - Germany, England, Denmark, France and the Netherlands - with the United States.

It will span 15,000 kilometres and is expected to be completed and in service by the **end of 2000**.

The new system, which is a ring network, will utilise the latest advances in Synchronous Digital Hierarchy (SDH), Wavelength Division Multiplexing (WDM; 16 wavelengths of 9.953 Gb/s) technology and will consist of **four pairs of optical fibre cable**.

The new system will represent **64 times the capacity of the original TAT-12/TAT-13** cable network which was put into service in September 1996.



FLAG Atlantic-1 (FA-1)

FLAG Telecom is building the world's first multi-terabit trans-Atlantic cable system, directly connecting London, Paris and New York. FLAG Atlantic-1 (FA-1) is a trans-oceanic dual-cable system designed to carry fully protected voice, high-speed data and video traffic at speeds of up to **2.4 Tbps** on each of its two cables.

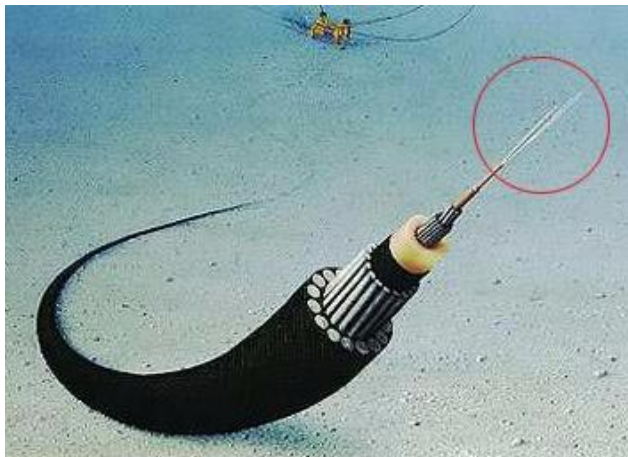
FA-1 will use laser-generated light to transmit digital information using Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM). Each cable will be capable of transporting either 200 hours of digital video, 30 million clear voice channels, or more than 2 trillion bits of IP or data traffic per second.

The DWDM equipment allows FA-1 to provide **40 channels on a single fibre pair**. The Technology used in the SDH equipment allows the transmission of **10 Gbps per channel**. Based on 40 Channels per fibre pair, that gives 400 Gbps of protected capacity per fibre pair. The FA-1 network is a **six fibre pair system**, giving a total of 6 x 400 Gbps or 2.4 Terabits per second (Tbps) of protected capacity. This is the equivalent of all the newspapers throughout the world for the last 300 years being transmitted across the Atlantic in one second.

The project's entire **\$1.2 billion** initial cost has been fully funded.

<http://www.flagatlantic.com/>

LONDON, 3 October 2001 - FLAG Telecom today announced that its multi-terabit, transatlantic cable system, FLAG Atlantic-1 (FA-1) has entered into full service.



Oxygen

...global undersea optical fiber cable network. The project will be constructed in two phases. Phase 1 will cost more than **US\$10 billion**, and consist of **169,000 km** of cable, with more than 155,000 km undersea and the rest terrestrial. It will have 97 landing points in 76 countries and locations. The major trans-Atlantic and trans-Pacific links of Phase 1 will be in place in **2001**, and Phase 1 will be complete in mid-**2003**.

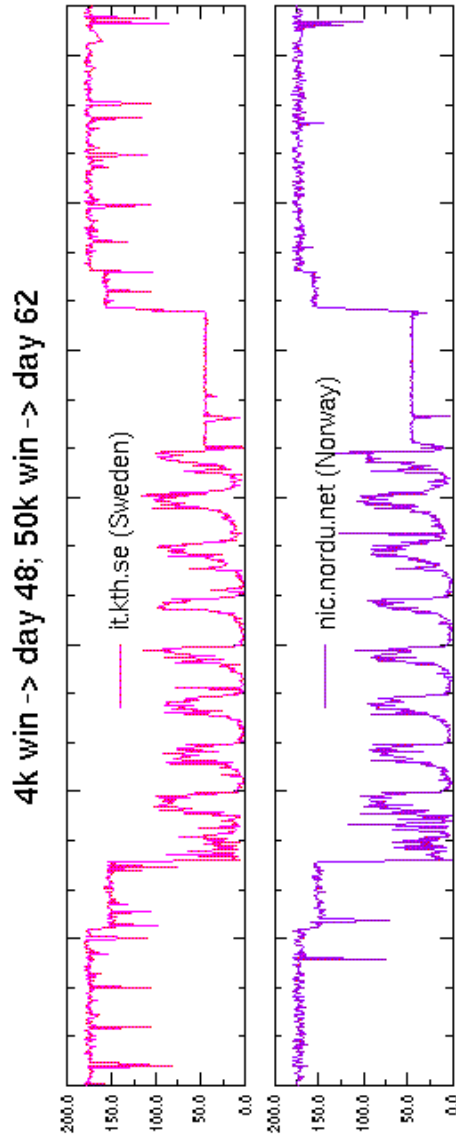
Ready For Commercial Service Schedule: June 2001: Atlantic ring; December 2001: Pacific ring; May 2002: Mediterranean ring, US terrestrial and Atlantic links; December 2002: North European, Middle East and South American rings, India-Thailand link; August 2003: Central America link, Oceania ring, additional Atlantic and Pacific links; Beyond 2003: Start of Phase 2 - Ubiquitous coverage, including Africa.

Capacity of links in Phase 1A1 will increase to as many as eight pairs, and each of these pairs will carry 32 independent light wavelengths. Each of these wavelengths will carry an STM-64 (10 Gbit/s) traffic stream so each cable segments will carry up to 256 STM-64 traffic streams, or 2,560 Gbit/s (**2.56 Tbit/s**). [1999]



Beginning on Saturday, 8/19/95 13:56:25 PST we saw a dramatic change in the throughput to the Scandinavian sites. As it turns out, this phenomenon was due to a fishing boat which snapped a transatlantic cable:

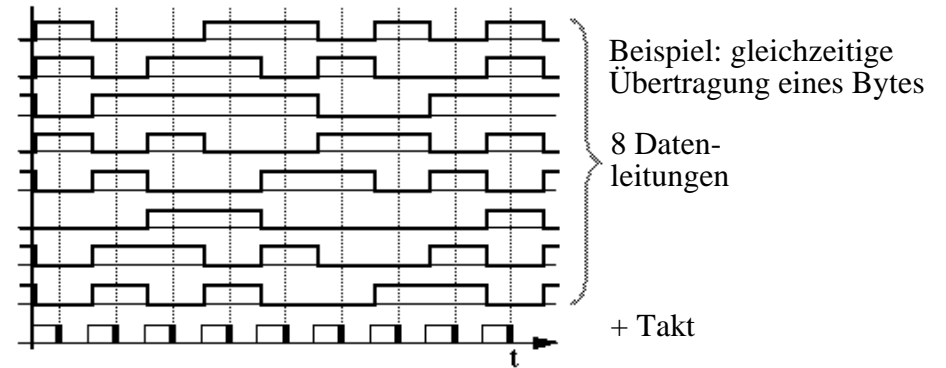
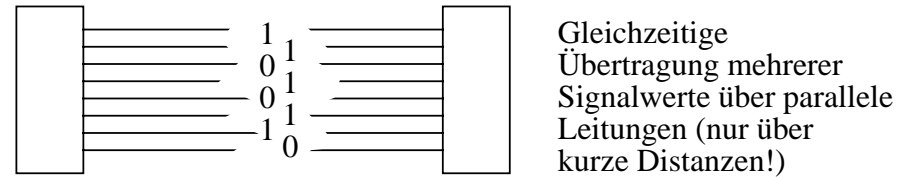
Throughput to Selected Internet Sites



From smd@icp.net Mon Aug 28 15:26:16 1995
 PTAT-1 got cut by a fishing trawler last week and is being repaired; ETTR 3 more days. Meanwhile, we got the OK to go with (*VERY* expensive) satellite restoration of the T3 to the UK.

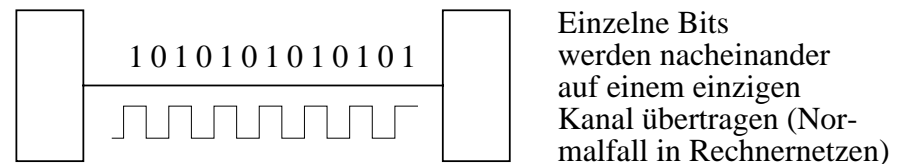
Übertragungsarten

- *Parallel:*



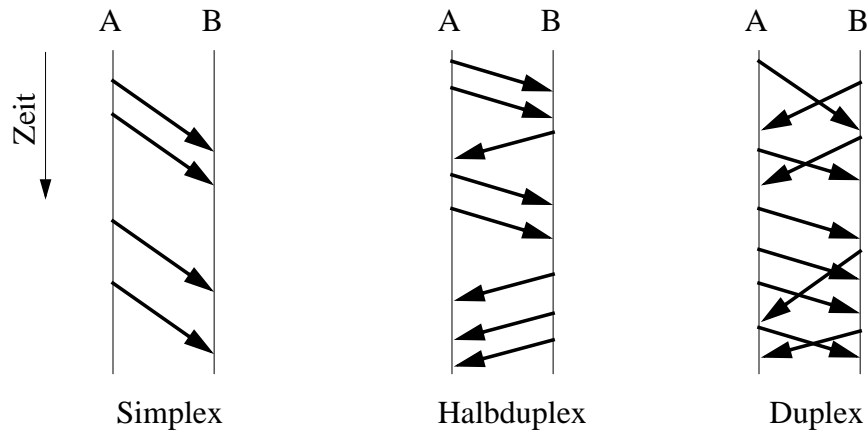
- i.a. nur innerhalb eines Rechners oder über kurze Distanzen
- Busse der Breite 8, 16, 32... für Daten + Steuerleitungen

- *Bitseriell:*



- Empfänger muss im richtigen Moment abtasten (Sender und Empfänger müssen gleich schnell sein)
- dazu Takt (in "versteckter" Weise) mitübertragen: Typischerweise Rückgewinnung des Taktes aus den 0/1-Signalübergängen
- dann müssen aber genügend 0/1-Wechsel stattfinden!

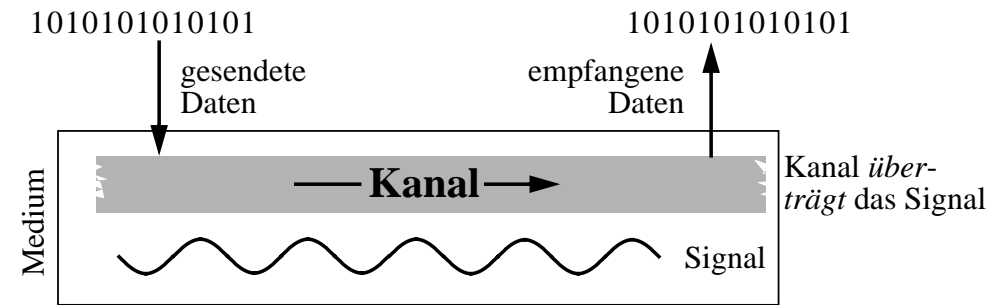
Betriebsarten



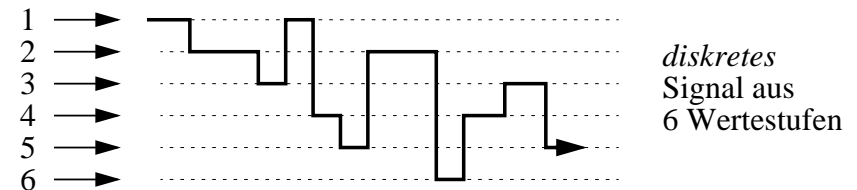
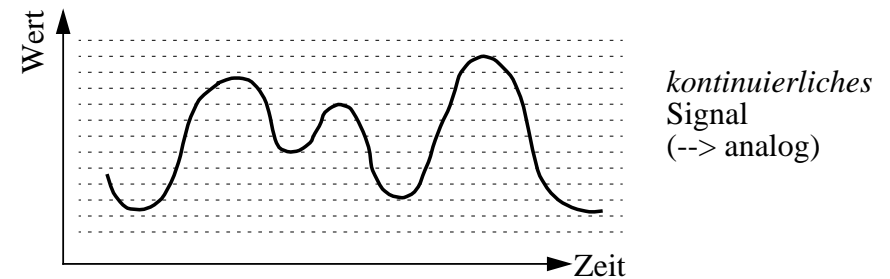
- Meistens Duplexbetrieb bei der Datenübertragung
 - dadurch effiziente Behandlung von acknowledgements etc.
- Bei Duplex existiert manchmal nur ein schmaler Rückkanal für Quittungen und Unterbrechungen ("split speed")
- Simplex z.B. bei Sensoren (Feuermelder)
- Halbduplex z.B. bei Wechselsprechanlagen (im Unterschied zu *Gegensprechanlagen* im Duplexbetrieb)

Nachrichtentechnische Kanäle

- Digitale Daten (Bitfolge) werden in elektrische (oder optische) *Signale* umgewandelt (und zurückgewandelt)

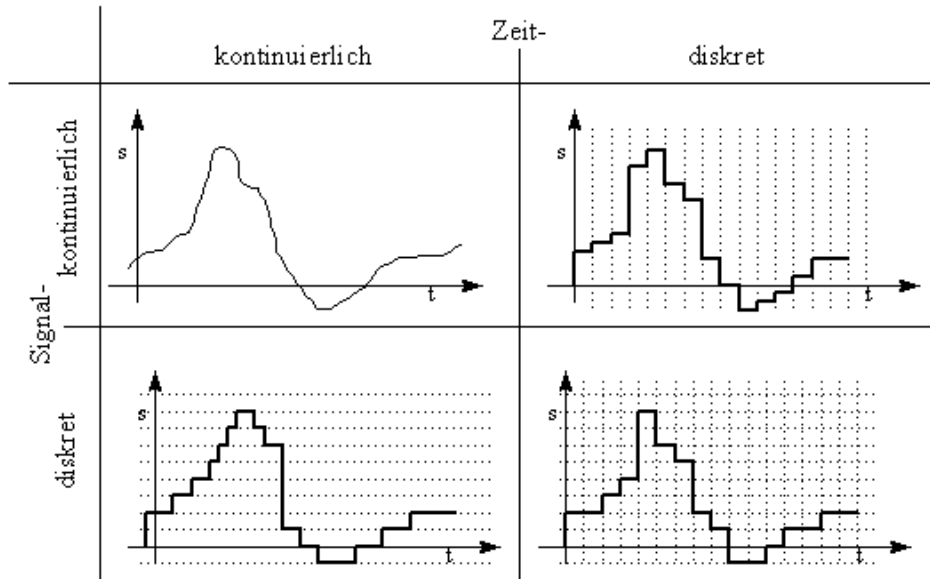


- Signale können entweder (innerhalb eines Wertebereichs) *kontinuierlich* oder nur *diskret* viele Werte annehmen



Raster bzgl. der Signalwerte, jedoch nicht unbedingt bzgl. der Zeitdimension

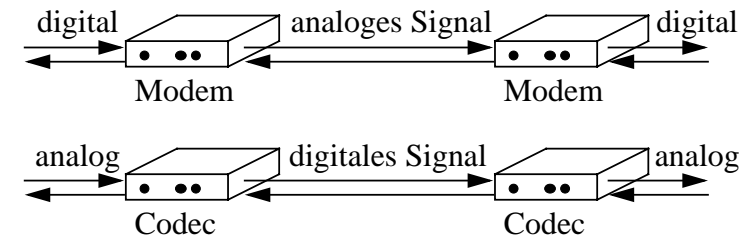
Kontinuierliche und diskrete Signale



Analog und Digital

Signalübertragung

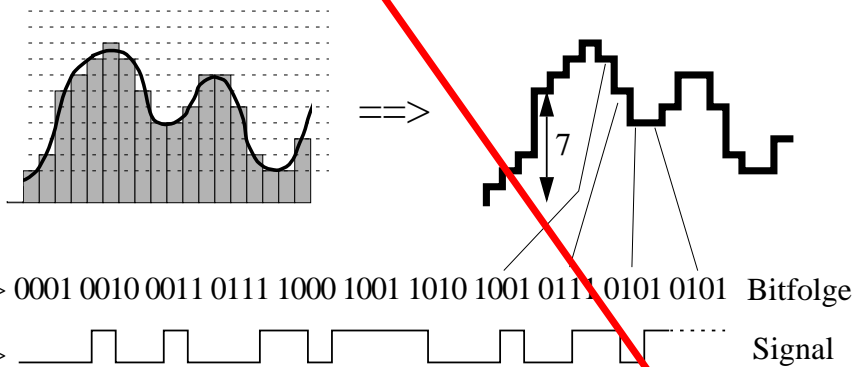
		<i>analog</i> (--> Verstärker)	<i>digital</i> (--> Repeater)
Informationscodierung	<i>analog</i>	- klass. "analoges" Telefon - Rundfunk (Modulation eines niederfrequenten Analogsignals auf ein hochfrequentes sinusförmiges Trägersignal)	- z.B. ISDN (bei Sprachübertragung) - Codec (Codierer / Decodierer) ("Sampling" des Analogsignals; z.B. ISDN: 8 kHz Abtastrate, 8 Bits pro Sample --> 64000 b/s Datenrate)
	<i>digital</i>	- Datenübertragung mit analogem Telefonanschluss (Modem = <u>M</u> odulator / <u>D</u> emodulator)	- z.B. ISDN (bzgl. digitalen Daten) - Datenübertragung (z.B. in LANs) - i.a. geeignete Darstellung ("Codierung") der Information auf der Datenleitung wählen



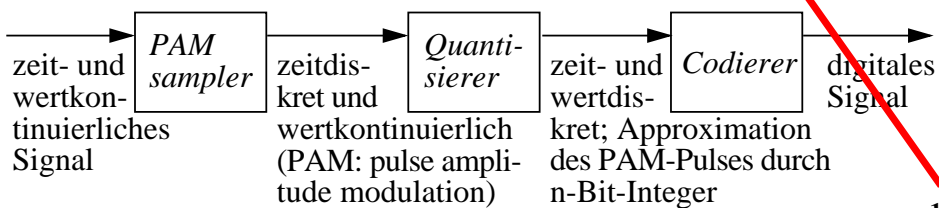
- Bei längerer Übertragungsstrecke werden *Verstärker* (im analogen Fall) oder *Repeater* (digital) eingesetzt
 - Verstärker verstärken auch Rauschen und Störgeräusche
 - Repeater empfangen das digitale Signal, entziffern die 0en und 1en und generieren ein störungsfreies verstärktes digitales Signal
 - Auch bei analoger Übertragung werden u.U. Repeater eingesetzt (Demodulator-Repeater-Modulator), z.B. bei terrestrischen Mikrowellen
 - Vorteile digitaler Signale: längere Distanzen (-->Repeater); einfache kryptographische Verschlüsselung; Zeitmultiplex
 - U.U. mehrfache Umwandlung: analoge Sprache digitalisieren (ISDN/PCM); für Mikrowellenübertragung in analoges HF-Signal umwandeln

Sampling analoger Signale

- Wertebereich des Analogsignals wird in eine endliche Anzahl von *Quantisierungsintervallen* eingeteilt, denen jeweils ein fester diskreter Wert zugeordnet wird
- *Quantisierungsfehler*: allen in ein Intervall fallenden Analogwerte wird der gleiche diskrete Wert zugeordnet
 - beim Empfänger wird ein Analogwert rückgewandelt, der dem in der Mitte des Quantisierungsintervalls liegenden Analogwert entspricht
- **Sampling von Sprache (PCM = Pulse Code Modulation):**
 - Häufigkeit der Abtastung und Anzahl der Werte (*Quantisierung!*) festlegen
 - i.a. leise Werte feiner unterteilen als laute (logarithmische Skalierung)
 - weitere Datenreduktion ggf. durch *Differenz* zwischen zwei Werten

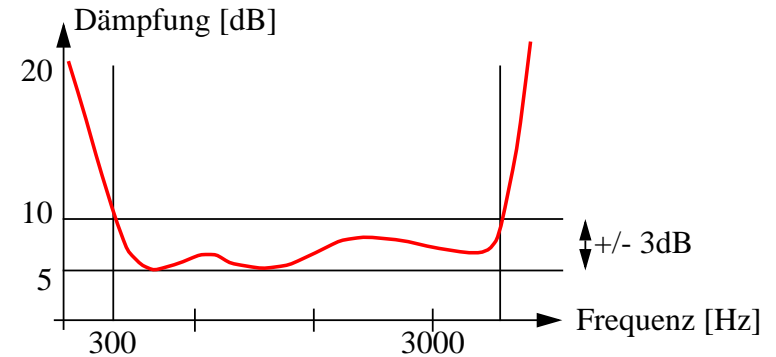


- Analog-digital-Umwandlung bei PCM:



Bandbreite analoger Kanäle

- **Bandbreite**: Intervall zwischen unterer und oberer Grenzfrequenz; dazwischen etwa gleichmässige Dämpfung
 - Telefonleitung: 300-3400 Hz; HiFi: 30-20000 Hz; Fernsehkanal 7 MHz
- **Beispiel analoge Telefonfernleitung:**

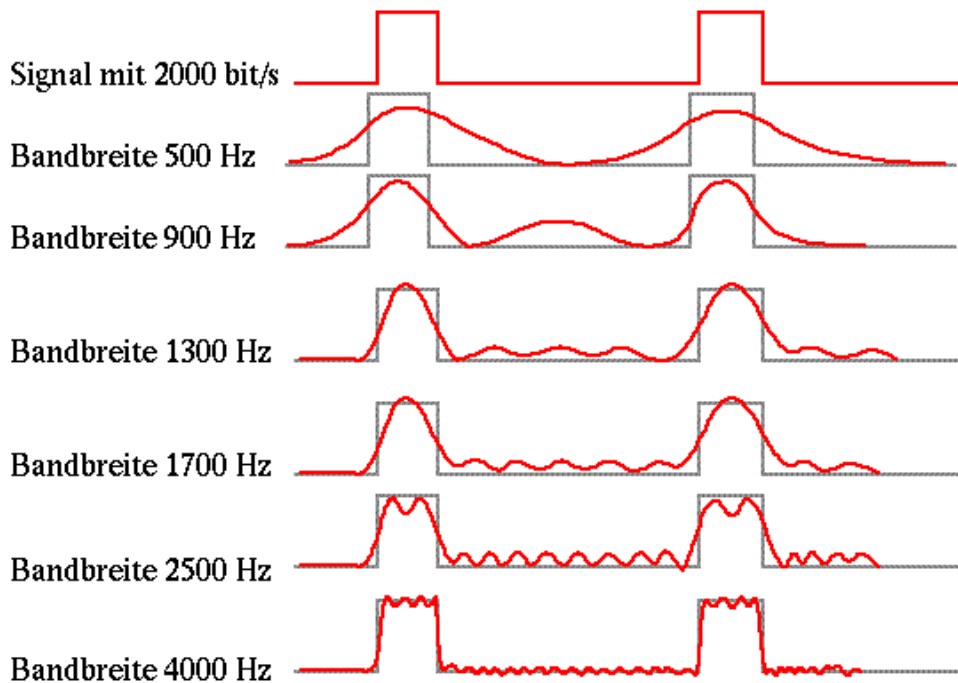


- Jedes Transportmedium (einschliesslich der im Übertragungssystem enthaltenen Filter, Verstärker usw.) überträgt stets nur ein endliches Frequenzband
- Energie auf Signalfrequenzen ausserhalb des übertragenen Bandes ist verloren; Signale müssen der Übertragungscharakteristik des Mediums angepasst werden

Bandbreite und Bitrate

- Rechtecksignale als unendliche Summe von Sinuswellen
 - höherfrequentigere spielen eine immer geringere Rolle
- Bandbreite des Kanals ist jedoch begrenzt
 - hochfrequente Anteile werden nicht übertragen
 - Rechtecksignal wird "zitterig"
 - Rechteckimpulse dürfen nicht zu dicht aufeinanderfolgen
 - daher: Bitrate ist begrenzt!

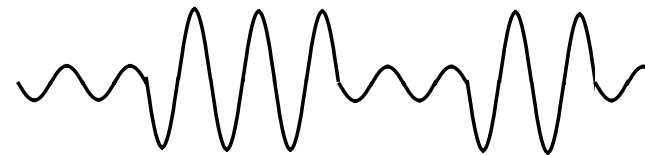
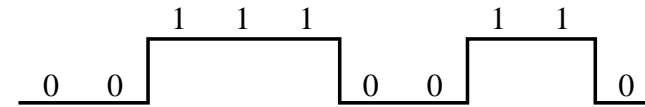
Das digitale Bitmuster: 0 1 0 0 0 0 1 0 0



- Bei einer Übertragungsrate von w Bits/s scheinen mindestens w Hz notwendig; bei $2w$ Hz klappt es auch bei einem gewissen Rauschanteil noch

Modulationsverfahren

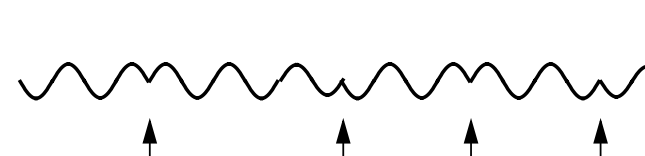
- Zweck: Übertragung digitaler Signale über analoge Kanäle



Amplitudenmodulation (AM)
Bsp.: "0" = niedriger Amplitude



Frequenzmodulation (FM)
Bsp.: "0" = niedriger Frequenz

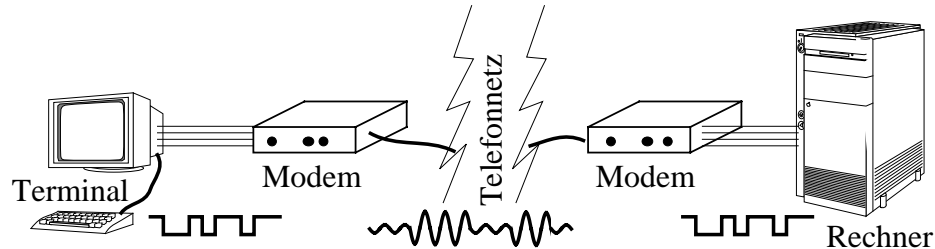


Phasenmodulation (PM)
Bsp.: Phasensprung bei Änderung des Signalwertes

- AM --> FM --> PM zunehmend leistungsfähiger (störunanfälliger), aber aufwendiger
- Leistungsfähige Modems kombinieren mehrere Verfahren
 - unterschiedliche Trägerfrequenzen
 - unterschiedliche Amplitudensignale (z.B. 4 oder 8)
 - zusätzlich Phasenmodulation mit z.B. 90° Sprüngen (Beispiel: Quadratur-Amplitudenmodulation QAM)

Modems

- Modulator / Demodulator



- Übertragung über das (analoge) Telefonnetz

- geringe Übertragungsrate (ca. 10^4 b/s)
- relativ hohe Fehlerquote (ca. 10^{-5})
- Sinusträger von 1 - 2 kHz
- heute oft in PC integriert oder auf PCMCIA-Karte

- Normen: Industriestandard (Bell) oder ITU (“V.xx”)

- z.B. V.21: 300 b/s; V.32: 9600 b/s; V.32 bis: 14400 b/s; V.34: 28800 b/s
- V.34+: 33600 b/s (Features mit V21 bei Verbindungsaufbau aushandeln)
- V.90: max. 53 kb/s “downstream”, 33600 b/s “upstream”
- V.110: “langsame” Verbindungen via ISDN

- Zusatzfunktionen (zu Modulation / Demodulation)

- automatisches Wählen; call-back
- Konfiguration von Parametern über einfache Kontrollsprache
- Aushandeln der Bandbreite
- Absenkung der Datenrate bei schlechter Leitungsqualität
- Fehlerkorrektur
- Datenkompression (z.B. Lauflängenkompresseion oder Ziv-Lempel)

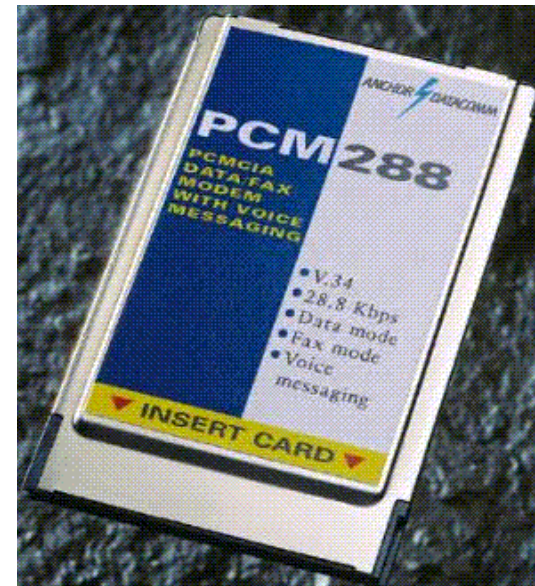
Modems - gestern und heute

- Modems 1960:



- klassische Modems werden über eine V24/RS232-Schnittstelle an den Rechner angeschlossen

- Modems passen heute auf eine “PC-Karte”: (Format etwa einer Scheckkarte; insbes. für Laptops)



- keine V24/RS232-Schnittstelle, sondern “PC -Card”-Schnittstelle
- oft auch interne, in einen PC / Laptop eingebaute Modems