

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 Transatlantikabel

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

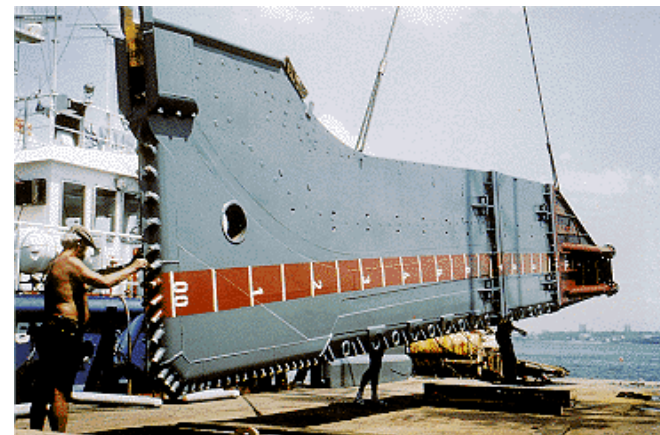
Verlegung von Seekabeln

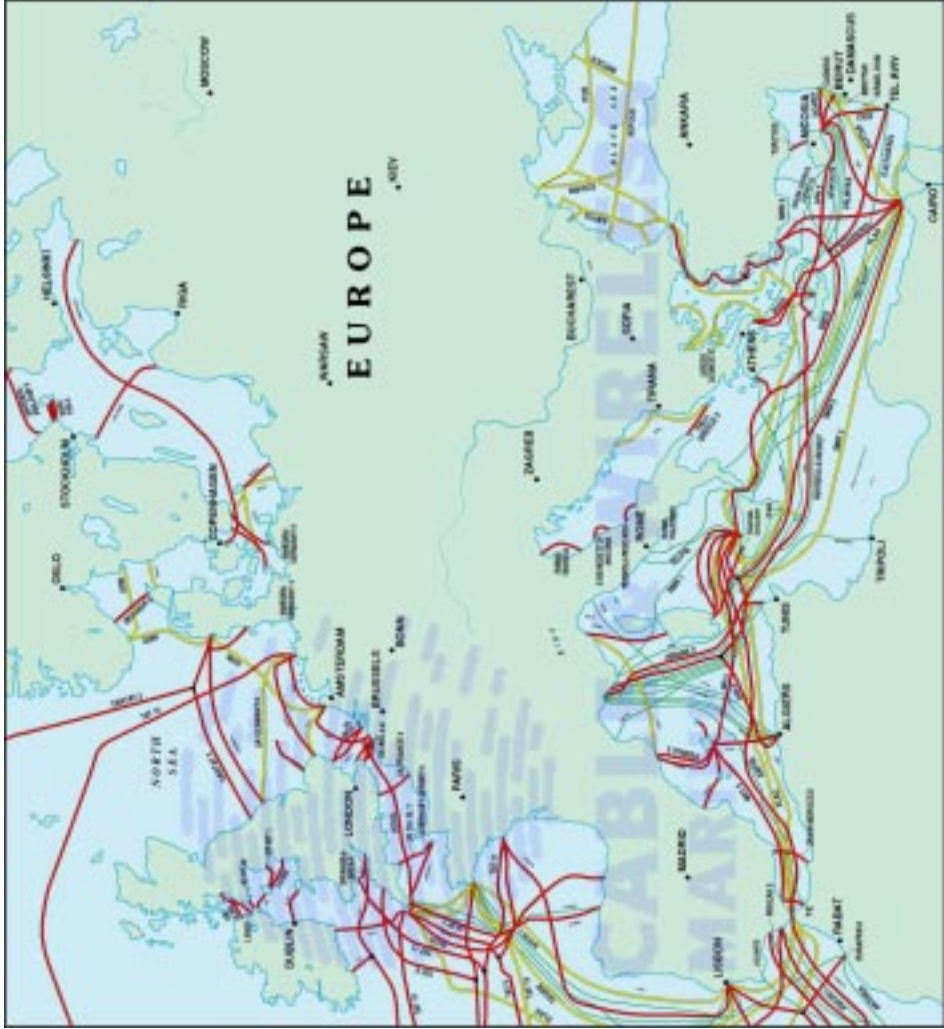


Kabelverlegegeschwindigkeit bis zu 15 km/h in Tiefen bis 7000 m.
Das Füllen eines Schiffes mit Kabel dauert i.a. mehrere Wochen.

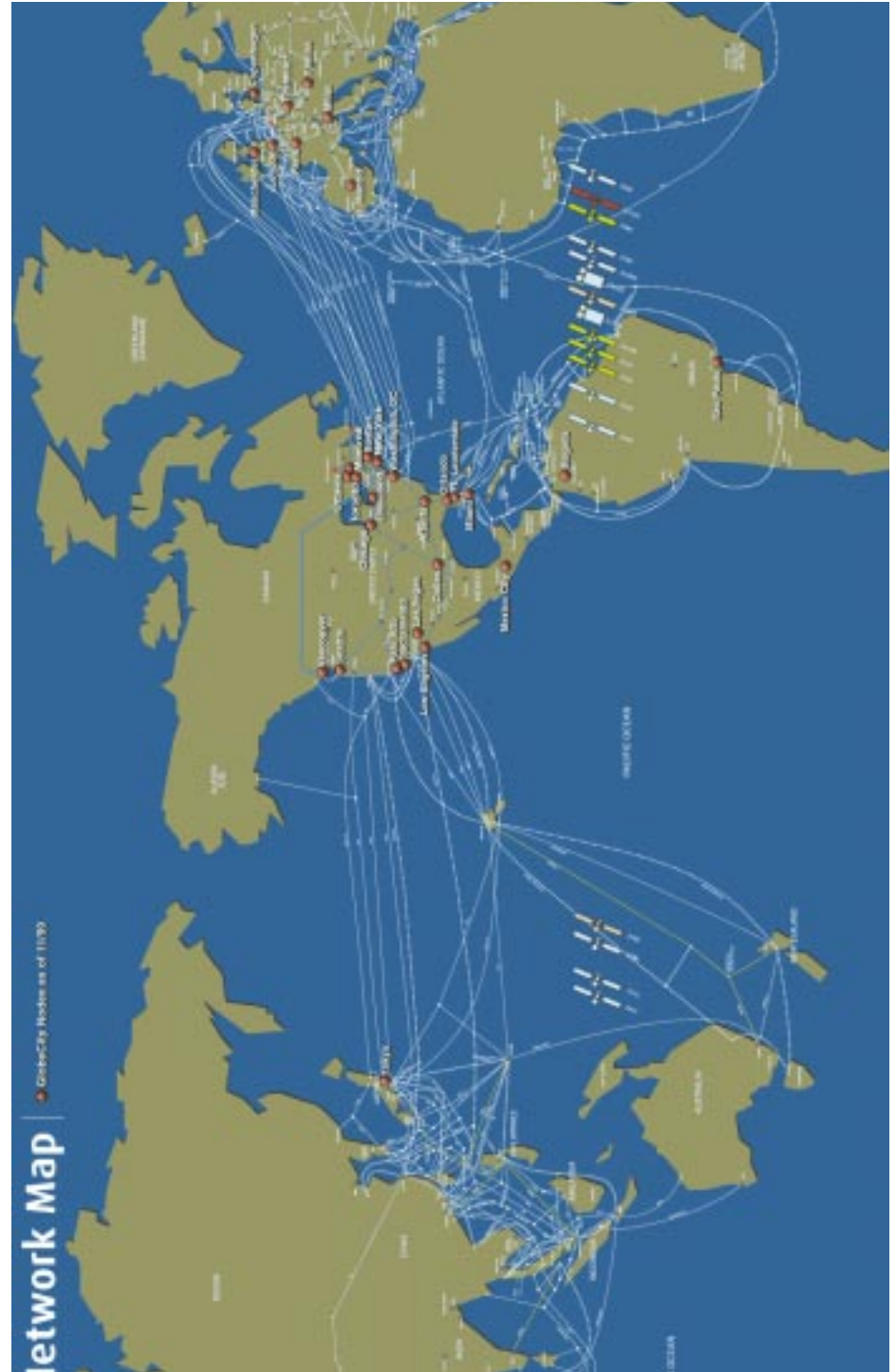


Unterwasserverstärker: 1-2 m Länge, 30-50 cm Breite, 300-500 kg,
40W, 0.5-1 Mio \$, in bis zu 7000 m Tiefe.



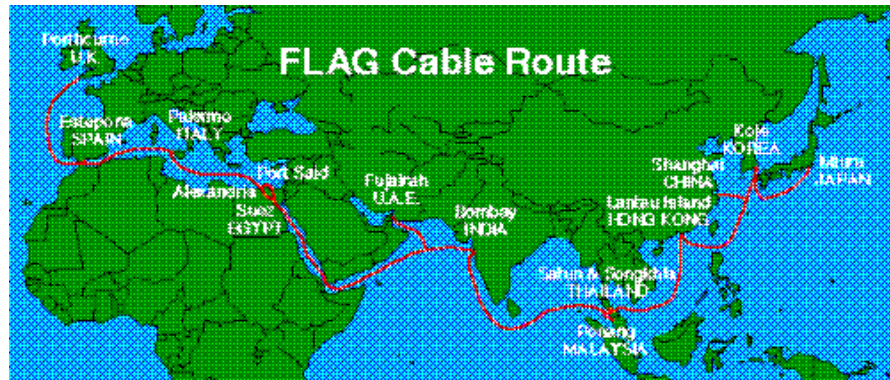


1998



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 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

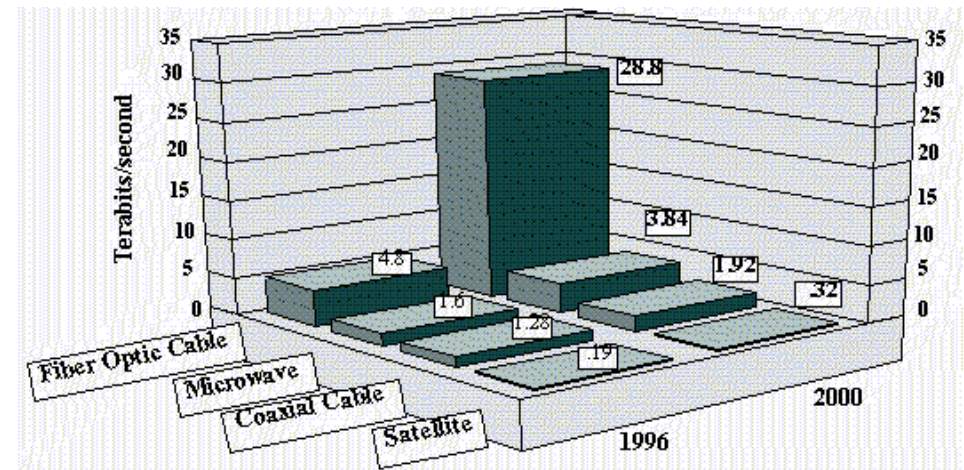
<http://www.wired.com/wired/archive/4.12/ffglass.html>

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

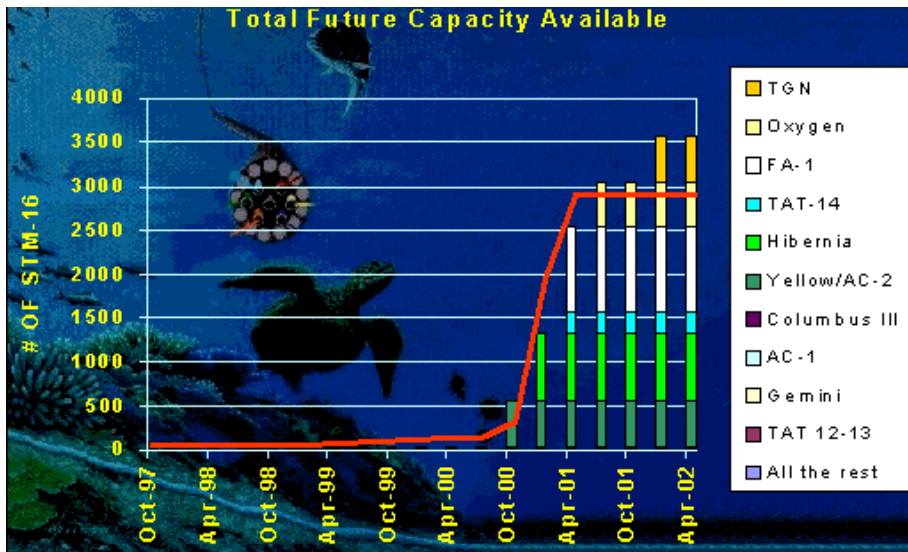
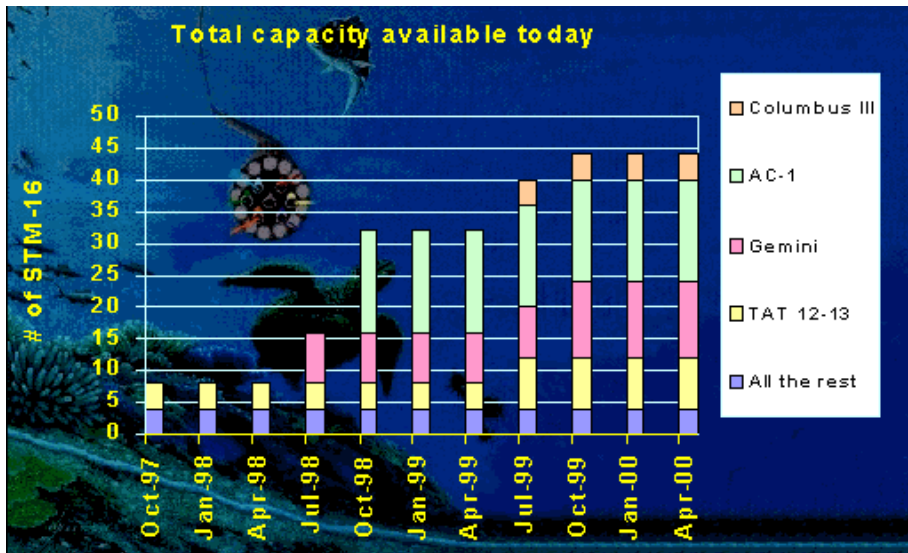
- Internationale Übertragungskapazität wächst bei Unterwasserkabeln schneller als bei Satelliten:



- 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

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

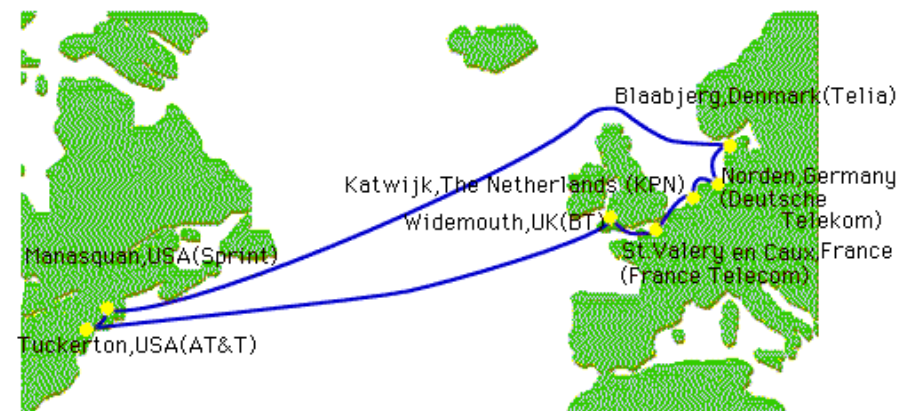
The TAT-14 cable network is a 1997 initiative of **11 carriers** - AT&T, BT, Cable & Wireless, Deutsche Telekom, France Telecom, KPN MCII, Pacific gateway Exchange, Sprint, Swisscom and Telia.

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.

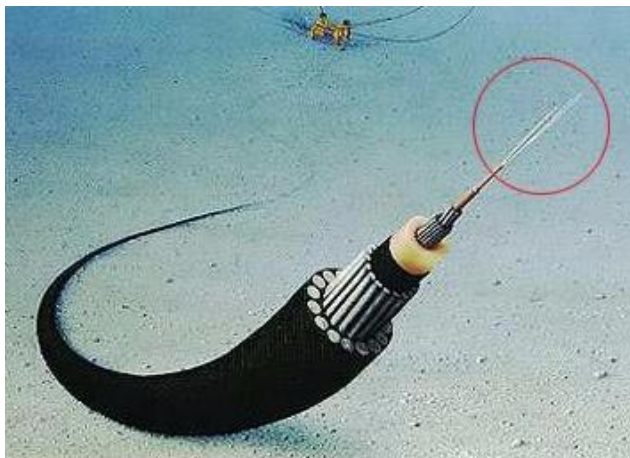
FA-1 will use laser-generated light to transmit digital information using Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM). Each cable will be capable of transporting either 200 hours of digital video, 30 million clear voice channels, or more than 2 trillion bits of IP or data traffic per second.

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.

The system is scheduled to be ready to provide unprotected services by the first quarter of **2001** and the full system is scheduled to provide fully redundant services by the end of June 2001.

http://www.flagatlantic.com/about/about_fa1.html

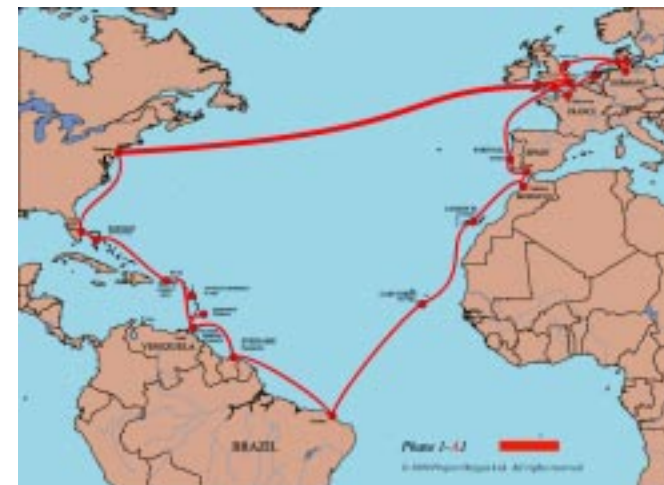


Oxygen

...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**.

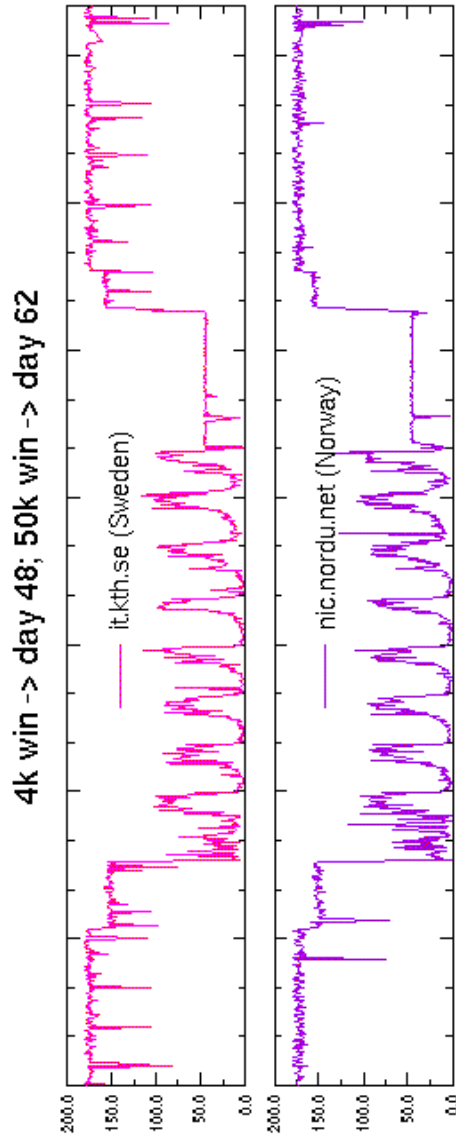
Ready For Commercial Service Schedule: June 2001: Atlantic ring; December 2001: Pacific ring; May 2002: Mediterranean ring, US terrestrial and Atlantic links; December 2002: North European, Middle East and South American rings, India-Thailand link; August 2003: Central America link, Oceania ring, additional 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:

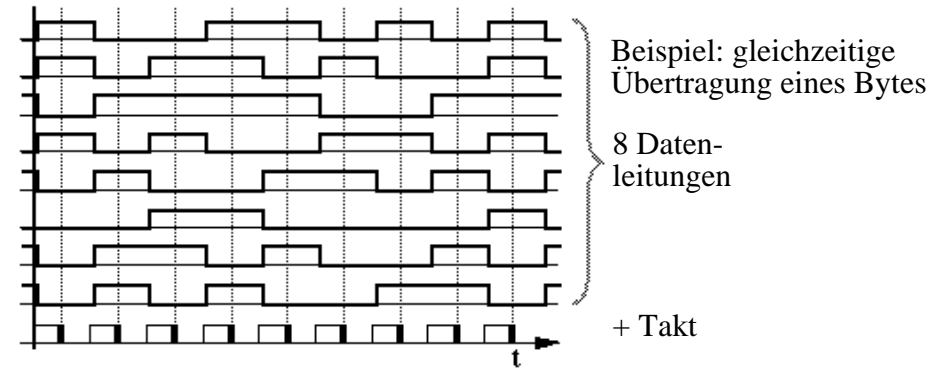
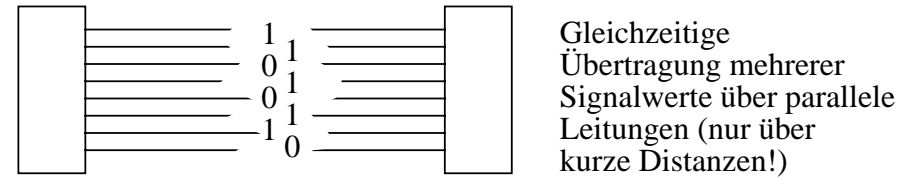
Throughput to Selected Internet Sites



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.

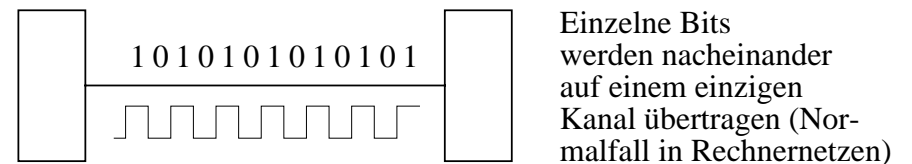
Übertragungsarten

- *Parallel:*



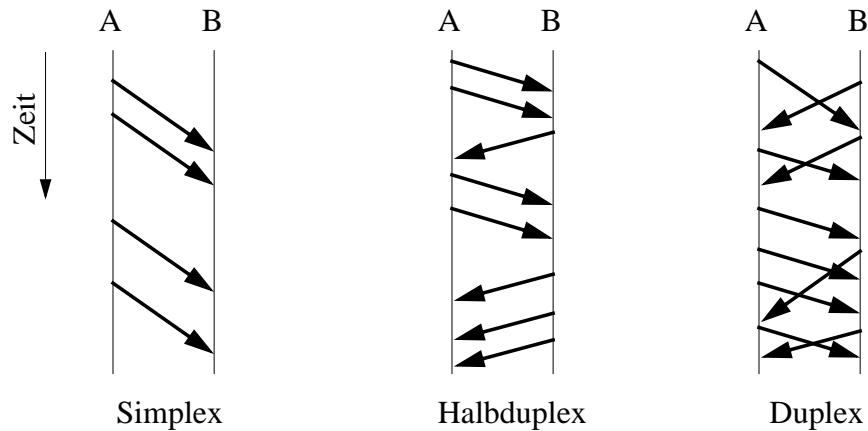
- i.a. nur innerhalb eines Rechners oder über kurze Distanzen
- Busse der Breite 8, 16, 32... für Daten + Steuerleitungen

- *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!

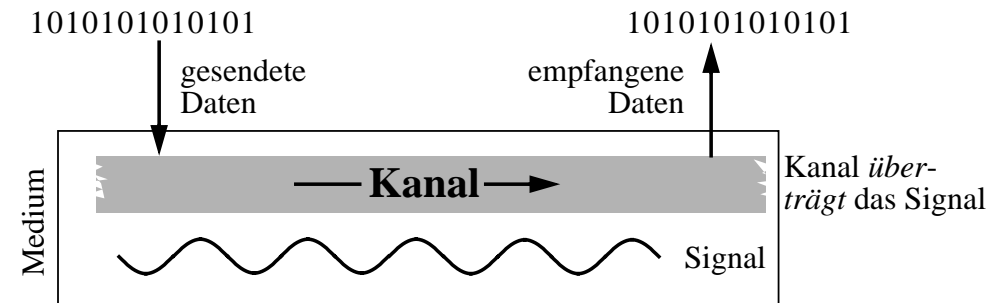
Betriebsarten



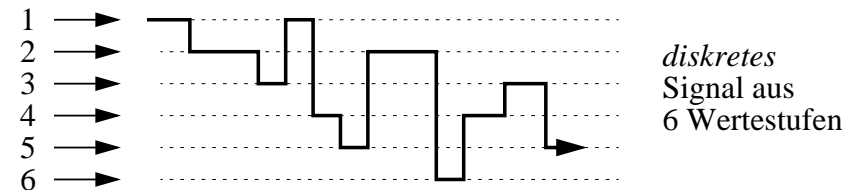
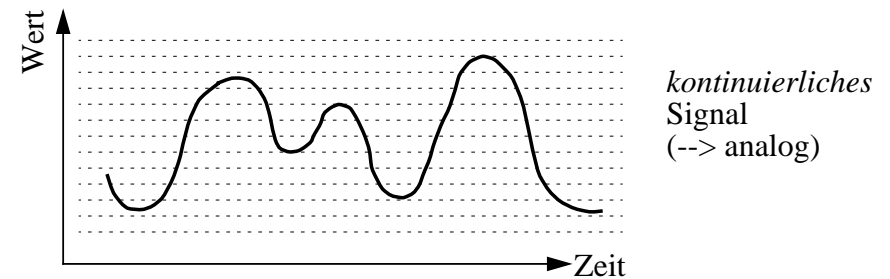
- Meistens Duplexbetrieb bei der Datenübertragung
 - dadurch effiziente Behandlung von acknowledgements etc.
- Bei Duplex existiert manchmal nur ein schmaler Rückkanal für Quittungen und Unterbrechungen ("split speed")
- Simplex z.B. bei Sensoren (Feuermelder)
- Halbduplex z.B. bei Wechselsprechanlagen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

Nachrichtentechnische Kanäle

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

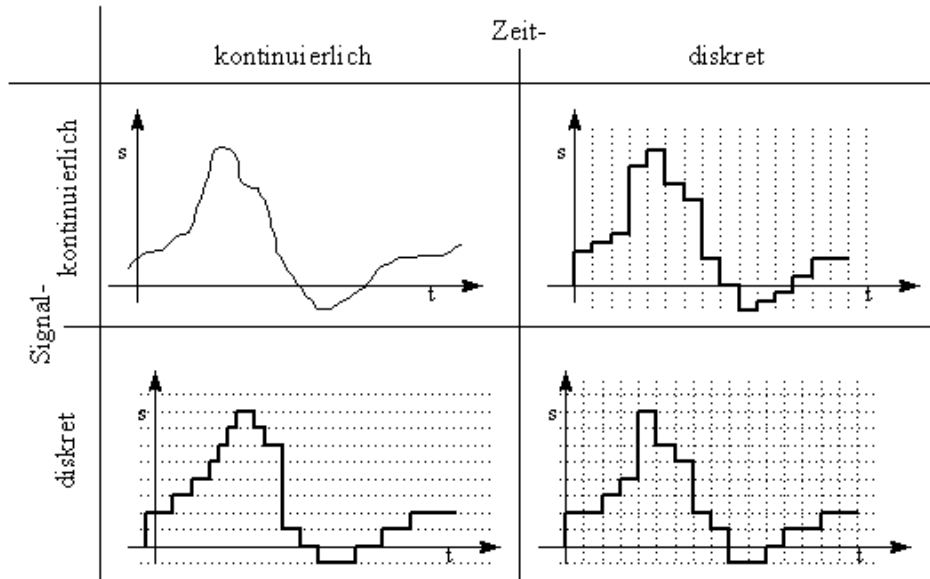


- Signale können entweder (innerhalb eines Wertebereichs) *kontinuierlich* oder nur *diskret* viele Werte annehmen



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

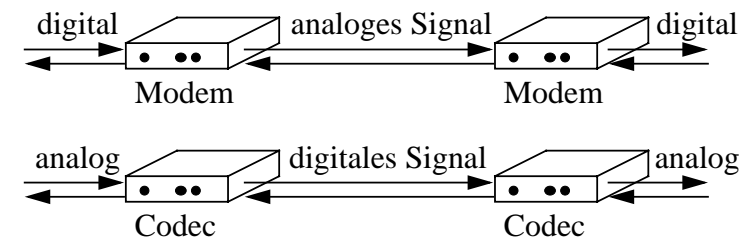
Kontinuierliche und diskrete Signale



Analog und Digital

Signalübertragung

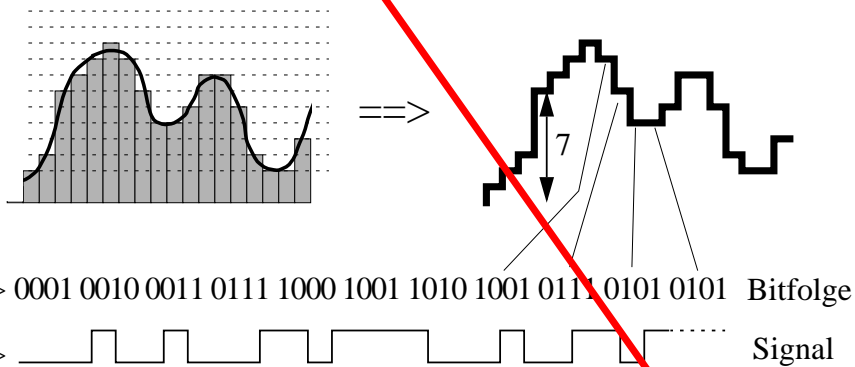
		<i>analog</i> (--> Verstärker)	<i>digital</i> (--> Repeater)
Informationscodierung	<i>analog</i>	<ul style="list-style-type: none"> - “analoges” Telefon - Rundfunk (Modulation eines niederfrequenten Analogsignals auf ein hochfrequentes sinusförmiges Trägersignal) 	<ul style="list-style-type: none"> - 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>	<ul style="list-style-type: none"> - Datenübertragung mit analogem Telefonanschluss (Modem = <u>Mod</u>ulator / <u>Dem</u>odulator) 	<ul style="list-style-type: none"> - z.B. ISDN (bzgl. digitalen Daten) - Datenübertragung (z.B. in LANs) - i.a. geeignete Darstellung (“Codierung”) der Information auf der Datenleitung wählen



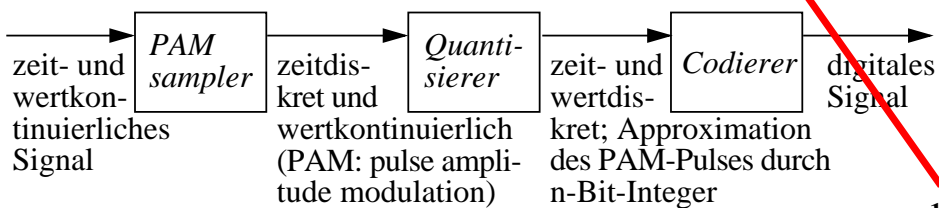
- Bei längerer Übertragungsstrecke werden *Verstärker* (im analogen Fall) oder *Repeater* (digital) eingesetzt
 - Verstärker verstärken auch Rauschen und Störgeräusche
 - Repeater empfangen das digitale Signal, entziffern die 0en und 1en und generieren ein störungsfreies verstärktes digitales Signal
 - 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

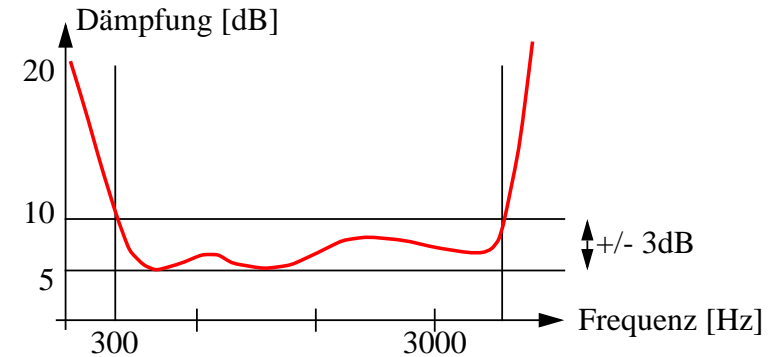


- Analog-digital-Umwandlung bei PCM:



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:

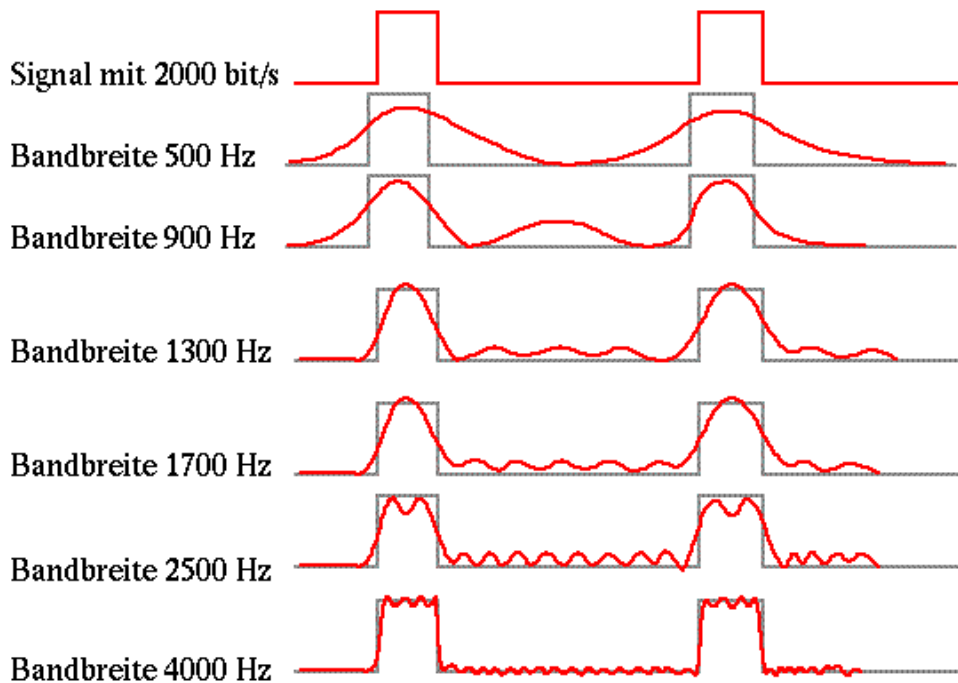


- Jedes Transportmedium (einschliesslich der im Übertragungssystem enthaltenen Filter, Verstärker usw.) überträgt stets nur ein endliches Frequenzband
- Energie auf Signalfrequenzen ausserhalb des übertragenen Bandes ist verloren; Signale müssen der Übertragungscharakteristik des Mediums angepasst werden

Bandbreite und Bitrate

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

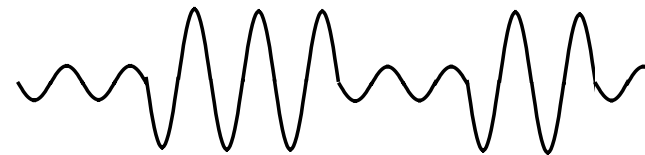
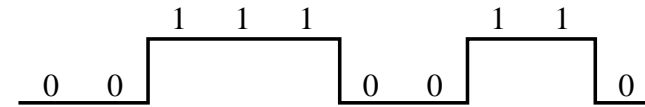
Das digitale Bitmuster: 0 1 0 0 0 0 1 0 0



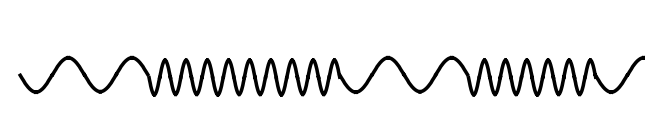
- Bei einer Übertragungsrage von w Bits/s scheinen mindestens w Hz notwendig; bei $2w$ Hz klappt es auch bei einem gewissen Rauschanteil noch

Modulationsverfahren

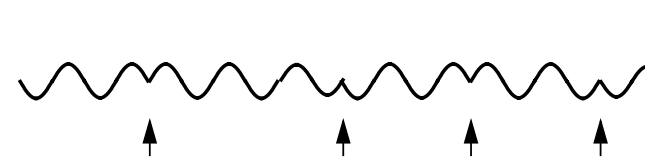
- Zweck: Übertragung digitaler Signale über analoge Kanäle



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



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



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

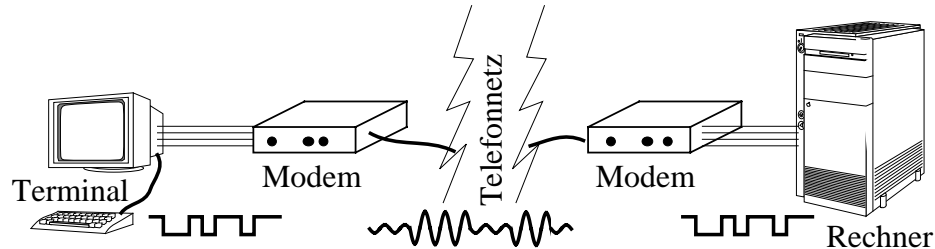
- AM --> FM --> PM zunehmend leistungsfähiger (störunanfälliger), aber aufwendiger

- 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 (seit Feb. '98): 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)

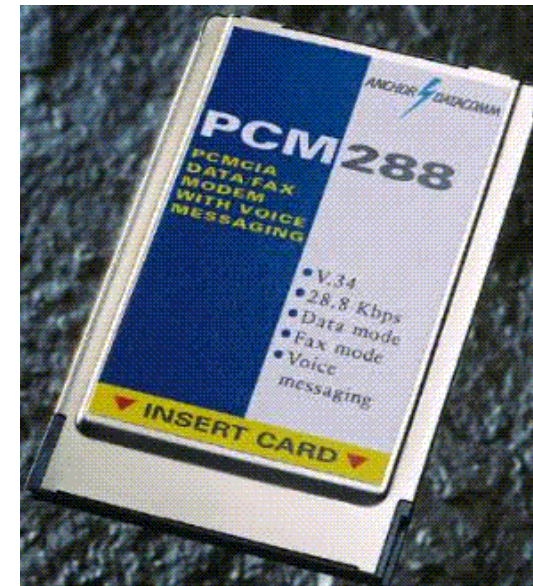
Modems - gestern und heute

- 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
- es gibt auch interne, in einen PC eingebaute Modems

Übertragungsrate bei Modems

- Analoges Telefonnetz hat "Bandpasscharakteristik": Bandbreite von 300 Hz - 3400 Hz
 - ausreichend für verständliche Sprache
- Informationstheoretisches Theorem von Shannon:

$$C = B \log_2(1 + S/N)$$

mit C = Kanalkapazität (in b/s)
 B = Kanalbandbreite (in Hz)
 S/N = Signal-Geräuschabstand ("Rauschabstand")

- Theorem gilt unabhängig von der Codierung!
- Beim (analogen) Telefonsystem ist B = 3100 Hz und typw. S/N = 1000 (d.h. 30 dB)

Dezibel als Masseinheit entspricht $10 \log_{10} S/N$

$$C = 3100 \log_2(1+1000) = 30894 \text{ b/s}$$

das wäre immerhin ca. 10 Bits pro Hz!

- D.h es kann nicht mehr als ca. 30Kb/s über analoge Telefonleitungen übertragen werden!
 - ohne Berücksichtigung von Störungen (z.B. Übersprechen) und Dämpfung!
 - 28.8Kb/s- bzw. 33.6kb/s-Modem ist also kaum noch zu übertreffen!
 - ausser der Rauschabstand verbessert sich wesentlich (aber wieso?)
 - oder man wendet Tricks wie Datenkompression an
 - bei digitaler Telefonie (ISDN etc.) wird die Übertragungsrate durch die verwendete Abtastnorm für Sprache (ITU G.711) begrenzt ==> 34882 b/s in der Praxis ("Quantisierungsrauschen")
 - die V.90-Modems umgehen die G.711-Quantisierung in einer Richtung ("downstream" vom Internet-Provider zum Kunden): Internet-Provider schiebt seine Daten "direkt" in das ISDN-Netz

56 Kbps Analog Modems

©1997 Compaq Computer Corporation (Excerpt!)

How do 56K modems achieve higher data rates? I thought 33.6kbps was the theoretical limit for analog modems.

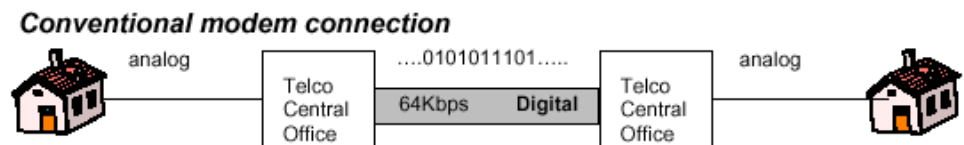
The process of digitizing the analog signal is called "quantization" and introduces "quantization noise" onto the pure analog signal. The amount of noise is small for voice calls, but for very high speed modems, it imposes a theoretical limit on data transmission using analog techniques to about 35kbps. This is aside from any noise on the telephone wire itself, which generally lowers the modem throughput even further.

A 56K modem... uses a completely different form of encoding the data, as a series of bits which the end-user's central office converts to voltage pulses on the line. With a single analog link in the connection, both modems are able to synchronize exactly with the generation of each voltage pulse by the central office, allowing the end-user's modem to detect the pulse levels accurately. If there were two analog connections in the link, the lack of coordination between the timing of the two separate analog to digital conversions would destroy the digital channel and introduce excessive quantization noise.

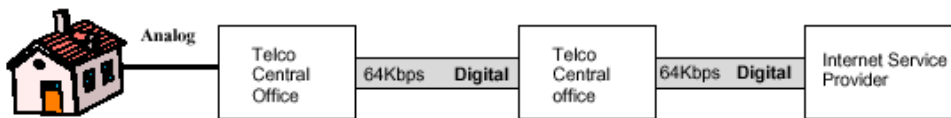
On September 10, 1996, Rockwell Semiconductor Systems surprised the computer industry with its announcement of a new modem technology enabling transmission speeds of up to 56kbps over standard phone lines. On September 11, US Robotics Corporation announced plans to pursue a 56 kbps modem of their own. Lucent Technologies followed with a press announcement on October 16 with their plans to incorporate 56 kbps technology into their modem products...

Lets first examine the "communication path" between two modems over conventional analog telephone lines using current 28.8kbps and 33.6 kbps technology. These are the standard modems in use today. With these modems, at least two analog portions in the communication path are analog. One portion, the link between central offices, is usually digital. Data transmitted from one house to the other is converted twice from analog to digital and digital to analog.

Now lets focus in and look at the modems. The modems at each end of the connection do not realize that there is a digital link between them. Even though faster digital lines compose most of the path, because of their design, all they recognize is the analog portions of the communication path. When these modems send and receive data to each other they have to do so through an underlying level of interference; what engineers call "noise". On average, analog lines inherently produce about 36dB (decibels) of noise or "static" when in use. (The noise level varies depending on the quality of the phone lines). The greater the amount of noise, the harder it is for the modems to receive information, and the slower they are able to operate.



56 Kbps modem connection



One well-known theorem on modem speeds and line noise is the Hartley-Shannon Theorem or, as it is sometimes called, Shannon's Limit. Shannon's Limit states that the maximum theoretical speed for analog modems peaks at 33.6 kbps. The reason is that because of the noise level present on analog lines (36dB), modems would never be able to negotiate through this interference fast enough to operate over 33.6kbps.

Unlike the 28.8 and 33.6 kbps modems, which view the communication path as entirely analog, these new 56 kbps modems recognize the path as entirely digital, that is, they "ignore" the one analog line. To do this, the modem in the home must synchronize with the modem at the central office.

By synchronizing the users modem with that of the central office, the signal becomes "cleaner" (i.e. less noise). With less noise interference, more data is successfully transferred, thus modem speeds increase. This increase in speed, however, does not mean that Shannon's Theorem was incorrect. Rather, the theory is still correct when modems are operating on an analog line with a signal to noise ratio (SNR) of 30dB. Synchronizing the modems helps to reduce this noise to achieve better throughput. This is not to say, however, that line noise will cease to be a problem.

The A/D conversion performed by each codec adds a small amount of random noise. This noise is caused by the codec when it samples each of the analog signal's 256 discrete quantization levels. The noise introduced by the A/D conversion is referred to as "quantization noise".

Existing analog modems (V.34, V.32bis, etc.) view the PSTN as an analog system. In other words, analog modems have no indication that portions of the communication path are digital. Under the network impairments of limited bandwidth (300-3500 Hz) and limited SNR (36 dB), the maximum rate for the V.34 modulation standard is 33.6 kbps.

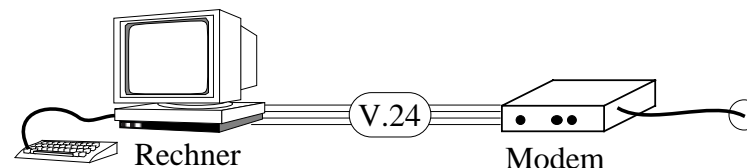
With one modem digitally terminated, both modems are capable of synchronizing to the phone network. By synchronizing to the network, specifically the codec in the CO, 56K modems are able to reduce the quantization noise introduced by the codec itself. A lower noise floor is equivalent to a "cleaner" communication path, and therefore enables a higher speed data rate. The quantization noise is no longer treated as a random noise source, but a deterministic impairment that can be compensated for.

If 56k modems could discriminate between all 256 levels, then the achievable data rate would match the network rate of 64 kbps. In practice, it's only possible to utilize a maximum of 128 levels, resulting in 7 bits of data per sample. With 7 bits/sample and 8000 samples/sec the data rate is $8000 \text{ samples/sec} * 7 \text{ bits/sample} = 56000 \text{ bits/sec}$.

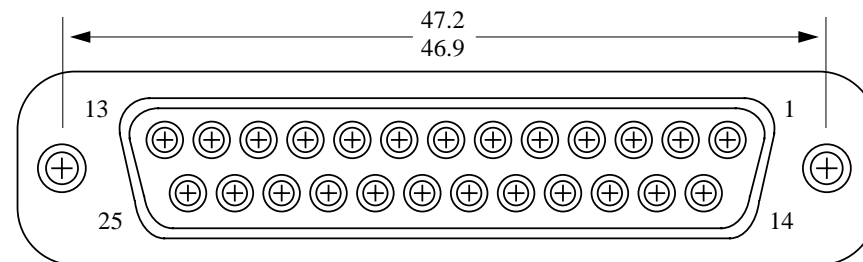
In principle, it's possible to apply the same method in the other direction, and achieve similar data rates in the up stream channel (customer to ISP). However, due to additional complexities in the up stream direction, first generation 56k modems are likely to limit the up stream data rate to 40 kbps.

V.24 bzw. RS-232-C

- Beispiel für ein (klassisches) Protokoll des physical layers

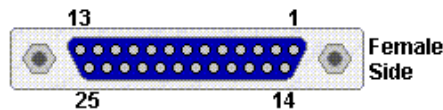
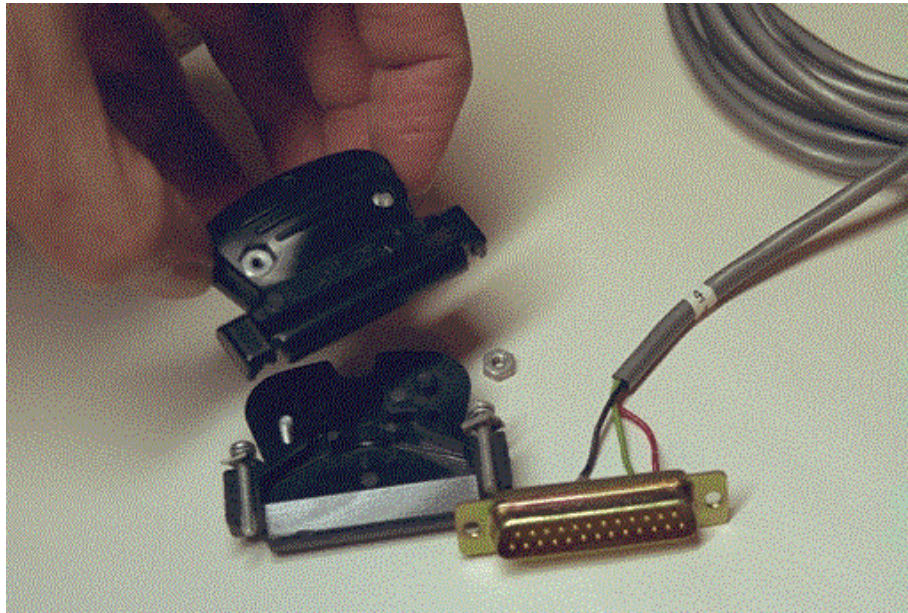


- Spezifikation der elektrischen Signale zwischen Rechner und Modem sowie der funktionellen und prozeduralen Einzelheiten
- auch oft für sonstige Datenverbindungen (max 15m) geringer Bitrate (max. 20kb/s) zwischen Rechner und zeichenorientiertem Peripheriegerät
- Spannungsgesteuert: Signalwert = bestimmte Spannung auf einer Leitung (-15 bis -3V = "1"; +3V bis +15V = "0"); festgelegt in V.28

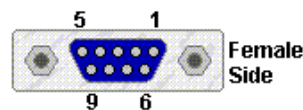


- 25-poliger Stecker (selten mehr als 9 Leitungen verwendet, daher oft auch 9-polige Stecker, insbes. bei PCs!)
- der Stecker wird oft auch für andere Zwecke eingesetzt
- i.a. Flachband- bzw. Mehraderkabel; bitserielle Übertragung (manchmal nur Zweidrahtleitung trotz 25-poligem Stecker!)

RS-232-Stecker

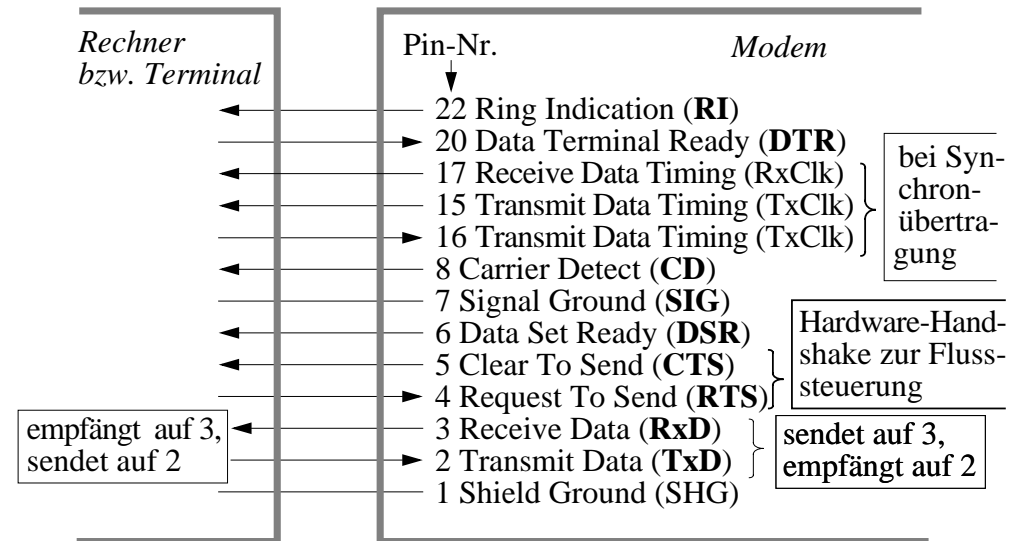


Sub-D 25 ("DB 25")



Sub-D 9 ("DB 9")

V.24 / RS-232-C: Signaldefinitionen



- Wichtigste Signalleitungen (andere selten benutzt):

- DTR = 1, wenn Rechner bzw. Terminal initialisiert wird
- DSR = 1, wenn Modem initialisiert wird
- CD = 1, wenn Modem einen Träger auf der Leitung entdeckt
- RTS = 1, wenn Rechner etwas senden möchte
- CTS = 1, wenn Modem Daten von Rechner entgegennehmen kann
- TxD = gesendete Daten
- RxD = empfangene Daten
- SIG = Erdung
- RI = 1 bei ankommendem Ruf

Diese 9 Leitungen sind auf den 9-Pin-Steckern realisiert; oft genügen sogar noch weniger

- Prozedurale Spezifikation legt erlaubte Abfolge von Ereignissen fest (oft Aktion/Reaktion)

- z.B.: Sendeaufforderung (RTS) wird durch CTS beantwortet
- Aktions-/Reaktionsdiagramm bzw. Zustandsdiagramm zur Spezifikation

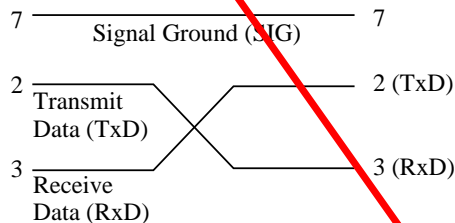
Nullmodem

- Koppelung zweier Rechner (z.B. PCs) *ohne* dazwischenliegendes Modem über die RS-232-Schnittstelle

- durch "Emulation" eines Modems
- Problem: Wer sendet bzw. empfängt auf Leitung 2 oder 3?

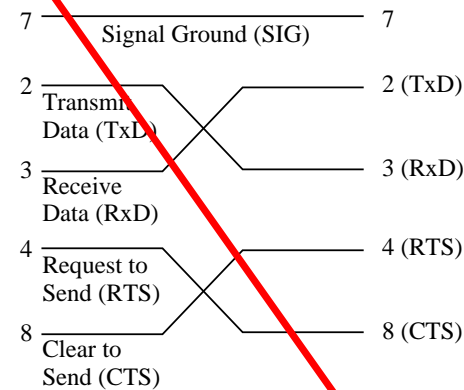


- Nullmodem: Kurzes Drahtstück, bei dem gewisse Leitungen gekreuzt sind z.B. (Sendeleitung des einen --> Empfangsleitung des anderen)



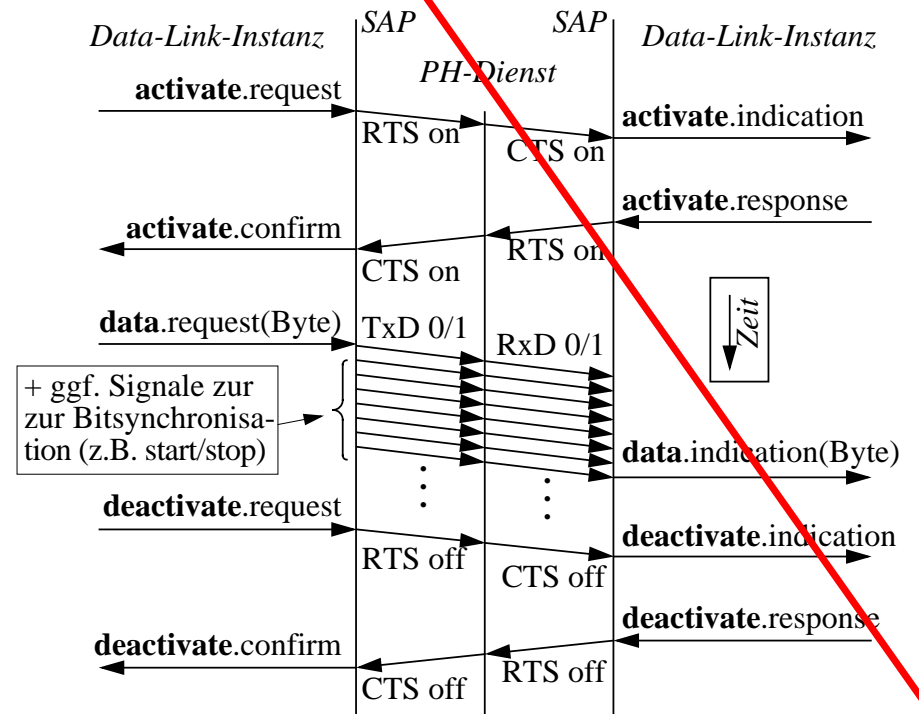
- RS-232-C-Schnittstelle in Rechnern zum direkten Anschluss von Druckern etc. "enthält" oft bereits ein Nullmodem

Protokoll bei Nullmodem-Betrieb



Exemplarisch ein Protokoll mit Diensten "activate", "deactivate" und "data" der Ebene 2 (Data Link) unter Nutzung von Diensten der Ebene 1 (Physical Layer: "PH")

Hier verwendet als "handshake" zum Auf-/Abbau einer Verbindung

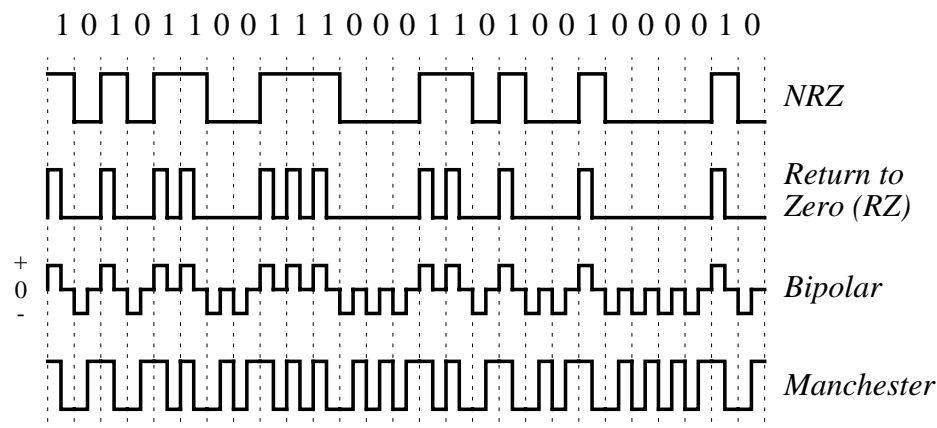


Digitale Übertragungscode

Auch bei digitalen Daten und digitaler Signalübertragung muss i.a. die *Codierung der Daten* in eine für die Übertragung zweckmässige *Codierung des Signals* umgewandelt werden (‘Leitungscodierung’ oder ‘Signalcodierung’), z.B. Unempfindlichkeit gegenüber Störungen

- Code = Abbildung zwischen Zeichenwert (z.B. ‘0’ oder ‘1’) und Signalwert (z.B. ‘-3V’ oder ‘+3V’)
- Codes haben unterschiedliche Eigenschaften, z.B.
 - Fähigkeit zur Resynchronisation oder Taktrückgewinnung aus der ankommenden Signalfolge
 - Redundanz (zur Fehlereerkennung / -korrektur auf Signalebene)
 - Signalwechsel auch ohne Information (--> Leitungsüberwachung)

- Hier einige Beispiele:



- Es gibt noch viel mehr Übertragungscode...

- z.B. *Differential Manchester* als Variante von Manchester

Übertragungscode (2)

- Non-Return-to-Zero (NRZ)

- Einfacher Code: Jedem Bit ein binäres Signal (z.B. versch. Spannung)
- Viele gleiche Bits --> u.U. hoher Gleichspannungsanteil
- Keine Taktrückgewinnung möglich

konstante Spannung lässt sich i.a. schlecht übertragen (Hochpassseigenschaft des Mediums)

- Return-to-Zero (RZ)

- Signal kehrt stets wieder zum Pegel für das 0-Signal zurück
- Pulsbreiten von halber Bitdauer (--> halbe Bandbreite ‘verschenkt’!)
- Signal ändert sich nicht bei längeren 0-Folgen
- Keine sichere Taktrückgewinnung möglich (ggf. Variante, bei der nach einigen Nullen eine 1 erzwungen wird, die vom Empfänger wieder entfernt wird)

- Bipolar

- Drei Signalwerte (z.B. ‘+’, ‘0’, ‘-’) notwendig
- Pulsbreiten von halber Bitdauer
- Taktrückgewinnung möglich (‘self clocking’)

- Manchester

- Bitperiode in zwei Hälften aufspalten
- ‘1’: Übergang ‘high’ --> ‘low’ in der Mitte; bei ‘0’ umgekehrt
- Taktrückgewinnung dadurch möglich
- Gleich lange ‘high’ / ‘low’-Anteile --> kein Gleichspannungsanteil
- Verwendung in lokalen Netzen (Ethernet)