

Proseminar Kommunikationsprotokolle

Internetanbindung über
analoge Telefonleitungen,
ISDN und ADSL

von
Rüdiger Heinrich
Matrikel-Nummer: 234154

Betreut durch:
Jan Kritzner

Inhalt:

1	EINLEITUNG	- 3 -
2	KLÄRUNG WICHTIGER BEGRIFFE	- 3 -
2.1	PCM.....	- 3 -
2.2	VERSCHIEDENE MODULATIONSARTEN.....	- 3 -
2.2.1	<i>Phasenmodulation (PM)</i>	- 3 -
2.2.2	<i>Amplitudenmodulation (AM)</i>	- 4 -
2.2.3	<i>Quadratur Amplituden Modulation (QAM)</i>	- 4 -
2.3	SWITCHING	- 4 -
2.3.1	<i>Circuit Switching</i>	- 5 -
2.3.2	<i>Packet Switching</i>	- 5 -
2.4	DAS OSI-SCHICHTENMODELL.....	- 5 -
3	VERSCHIEDENE MÖGLICHKEITEN DER INTERNETANBINDUNG	- 6 -
3.1	ANALOGES MODEM.....	- 6 -
3.1.1	<i>V.34</i>	- 7 -
3.1.2	<i>V.90</i>	- 7 -
3.1.3	<i>V.92</i>	- 8 -
3.1.4	<i>V.42 Fehlererkennung</i>	- 9 -
3.2	ISDN	- 9 -
3.2.1	<i>Vorteile von ISDN</i>	- 10 -
3.3	DSL.....	- 11 -
3.3.1	<i>Vorteile von DSL:</i>	- 12 -
3.3.2	<i>Nachteile von DSL:</i>	- 13 -
3.4	WEITERE MÖGLICHKEITEN DER INTERNETANBINDUNG	- 14 -
3.4.1	<i>Satellit</i>	- 14 -
3.4.2	<i>Kabelmodem</i>	- 14 -
3.4.3	<i>Mobil</i>	- 14 -
4	ZUSAMMENFASSUNG.....	- 15 -

1 Einleitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der für den Internetzugang benötigten Hardware und den entsprechenden Standards.

Dies ist möglich über die Telefonleitung (Analog, ISDN und DSL) aber auch über Fernseh-Kabel-Modems, Satellitenanschlüsse, Mobiltelefone, etc. Hier konzentriere ich mich auf die mit Telefonleitungen realisierbaren Methoden. Es werden erst einige für die Techniken wichtige Begriffe erklärt, bevor dann Aussagen zu den drei Anschlussarten kommen und die wichtigen Standards vorgestellt werden. Zuerst werden die Standards für analoge Modems vorgestellt, dann die ISDN-Technik gefolgt von DSL. Durch diese Reihenfolge, wird der Zuwachs der nutzbaren Geschwindigkeit deutlich, der mit immer besseren Techniken möglich wurde. Danach folgen noch kurze Erklärungen zu den alternativen Zugangstechniken Satellit, Kabelmodem und Mobiltelefon.

Eine wichtige Rolle in dieser Entwicklung spielt die „International Telecommunication Union“ (ITU). In dieser zur United Nations System gehörende Gesellschaft mit Sitz in Genf arbeiten internationale Behörden und Firmen zusammen, um die Arbeit von Telekommunikationsnetzen zu koordinieren und die Entwicklung von Kommunikationstechnologie voranzutreiben. Sie legten dazu Standards fest, wie die weiter unten näher erläuterten V.34 oder V.90.

2 Klärung wichtiger Begriffe

2.1 PCM

PCM ist die Abkürzung für Pulse Code Modulation und ist ein Verfahren analoge Wellen (Schall, Wechselspannungen) zu digitalisieren. Dazu wird die Welle mehrmals in der Sekunde mit einer gewissen Frequenz (Samplingfrequenz) abgetastet und die momentane Amplitude ermittelt. Dieser Wert wird in eine von 2^n Levels eingeordnet. Dadurch entsteht eine Datenrate von n Bits/Sample mal der Samplingfrequenz. Je höher dieses n und die Samplingfrequenz, desto genauer kann man die Welle nachbilden und desto mehr Informationen werden übertragen.

2.2 Verschiedene Modulationsarten

Analoge Modems können verschiedene Methoden benutzen, um Daten zu übertragen. Die wichtigsten sind Phasenmodulation (PM) und Amplitudenmodulation (AM). Quadratur Amplitudenmodulation ist die Kombination aus PM und AM.

2.2.1 Phasenmodulation (PM)

PM ist der Prozess in welchem zwei Sinuskurven gleicher Frequenz erzeugt werden, welche aber nicht notwendigerweise gleichzeitig gesendet werden, sondern kurzzeitig versetzt. Beim Empfänger werden diese beiden Sinuskurven verglichen im Bezug auf die Zeit und die Phasenverschiebung ermittelt. Das folgende Bild zeigt zum Beispiel zwei Sinuskurven mit einer Phasenverschiebung von 90° :

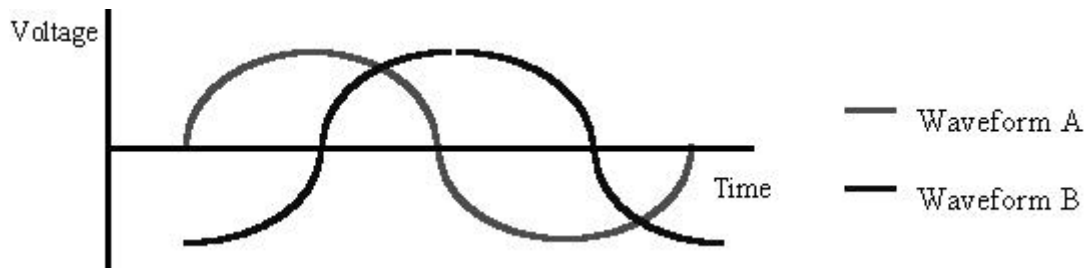


Abbildung 1 Phasenverschiebung von 90° als Beispiel der Phasenmodulation

Durch die Unterscheidung von Phasenverschiebungen von 0° , 90° , 180° und 270° kann man 2 Bit auf einmal übertragen, wenn man etwa 0° die Bits 00 zuordnet, 90° 01, 180° 10 und 270° 11.

2.2.2 Amplitudenmodulation (AM)

Variiert man die Amplitude einer Sinuskurve, so kann man auch dadurch Informationen übertragen. Legt man sich auf 2 Spannungsniveaus fest, ist dies 1 Bit, ersichtlich im folgenden Bild:

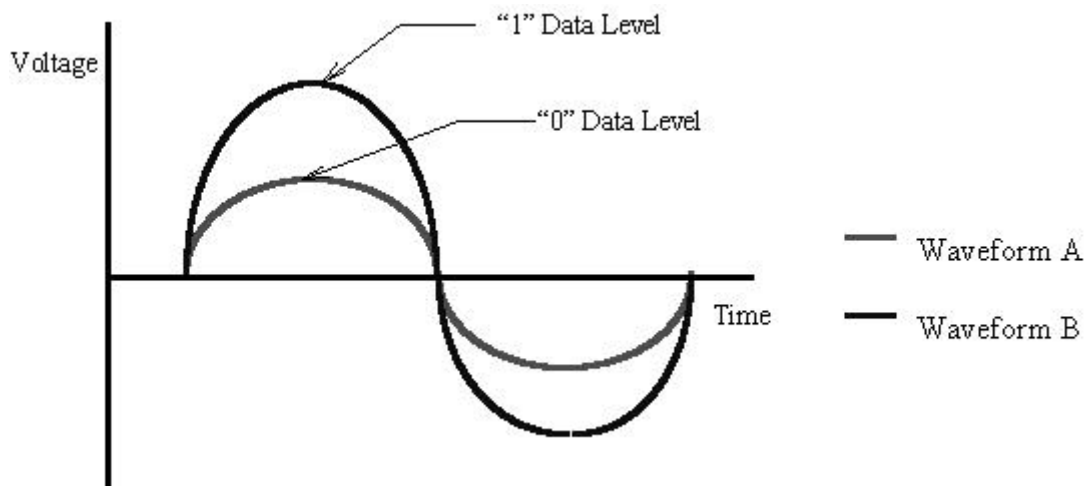


Abbildung 2 Amplitudenmodulation mit 2 Spannungsniveaus

2.2.3 Quadratur Amplituden Modulation (QAM)

QAM kombiniert die PM und AM und macht es so möglich 3 Bits an Informationen zu Übertragen. Für jede mögliche Phasenverschiebung gibt es 2 mögliche Spannungsniveaus.

Mit noch mehr möglichen Phasenlagen und Spannungsniveaus kann man noch mehr Informationen übertragen, jedoch gelangt man durch Störungen an eine Grenze, an der verschiedene Punkte nicht mehr voneinander unterschieden werden können. ^[1]

2.3 Switching

Der Vorgang, Verbindungen zwischen zwei Netzteilnehmern herzustellen, heißt Switching. ISDN unterstützt zwei Arten des Switching: Circuit Switching und Packet Switching

2.3.1 Circuit Switching

Beim Circuit-Switching werden Daten von einem Punkt zum anderen geschickt, indem eine dedizierte Verbindung aufgebaut wird. Diese wird solange aufrechterhalten, wie Daten fließen. Einfachstes Beispiel dafür ist eine Telefonverbindung. Dieses Verfahren hat zum Vorteil, dass keine Verzögerungen bei der Übertragung auftreten, da keine anderen Netzteilnehmer die Verbindung stören können. Nachteilig ist aber, dass nie die maximale Bandbreite genutzt wird, da die menschliche Stimme diese nicht ausreizt und auch die Switches exklusiv für diese Verbindung zur Verfügung stehen.

2.3.2 Packet Switching

Statt wie bei der vorhergehenden Methode werden hier die Daten in Pakete verpackt, die über das Netzwerk verschickt werden. Das heißt, dass kein kontinuierlicher Datenstrom existiert und es dadurch zu Verzögerungen während der Übertragung kommen kann. Es können Pakete aus mehreren logischen Verbindungen so über die gleiche Leitung verschickt werden. Die zur Verfügung stehenden Leitungen und Switches werden dynamisch verwaltet. Durch die benötigten Zusatzinformationen über Absender und Empfänger entsteht allerdings ein Overhead an Daten, die Bandbreite der Leitungen und Switches wird dadurch aber besser genutzt. Diese Methode kommt bei verschiedenen Netzwerkprotokollen zur Verwendung. Es eignet sich aber nicht für Telephonie, da dort die zeitrichtige Ankunft der Daten von größter Bedeutung ist. ^[2]

2.4 Das OSI-Schichtenmodell

Das OSI-Schichtenmodell ist ein Modell einer Netzwerkverbindung und besteht aus insgesamt 7 Schichten/Layern. Es gibt 3 Network Service Layer:

- **1. Physical Layer:**
Bestimmt die physikalische Übermittlung der Informationen und über welches Medium diese übertragen werden (Kabelart, Stecker, Infrarot, etc.). Bsp.: 10 BASE-T, Fiber Optic,
- **2. Data Link Layer:**
Diese Schicht regelt die Verbindung zum physikalischen Verbindungsmedium, sie verbindet zwei Punkte innerhalb einer Verbindung und stellt Blöcke von Daten zusammen, die die eigentlichen Daten und Kontrollinformationen enthalten und übertragen werden. Datenpakete können allerdings verloren gehen. Bsp.: PPP(Point-to-Point Protocol), Ethernet, FDDI (Fiber Distributed Data Interface 100Mbps)
- **3. Network Layer:**
Dieser Layer stellt eine Ende zu Ende-Verbindung her. Benutzt den Data Link Layer zur fehlerfreien Datenübertragung und einzigartige Quell- und Zieladressen um die Dateneinheiten (Pakete) zu „routen“. Es werden betriebssystemspezifische Netzwerkprotokolle definiert. Bsp.: IP (Internet Protocol), IPv6, X.25 (Packet Layer Protocol)

Da drüber stehen die 4 höheren Layer, welche dem Endbenutzer Funktionen bereitstellen:

- **4. Transport Layer**
Die vierte Ebene des Modells stellt den kommunizierenden Anwendungen eine gesicherte und transparente Punkt - zu - Punktverbindung zur Datenübertragung bereit. Des weiteren hat sie eine verbindende Funktion

zwischen den unteren und oberen drei Schichten.

Bsp.: TCP, Transport Control Protocol

- **5. Session Layer**

Diese auch als Verbindungssteuerungsschicht bezeichnete Ebene hat die systemunabhängige Kontrolle des durch Schicht 4 bereitgestellten logischen Kanales zur Aufgabe.

Bsp.: DNS, Domain Name Server

- **6. Presentation Layer**

Wegen Ihrer Aufgabe der Dateninterpretation für die höhere Schicht 7 wird diese Ebene auch als Anpassungsschicht genannt.

Bsp.: IP NetBIOS

- **7. Application Layer**

Dies ist die oberste Schicht des OSI Modelles. Sie definiert die Schnittstelle für die eigentlichen Anwendungen. Sie ist somit auch die Schnittstelle zwischen Programm und Anwender.

Bsp.: FTP, http, IRC ^[3]

3 Verschiedene Möglichkeiten der Internetanbindung

3.1 Analoges Modem

Die einfachste Art der Internetanbindung ist auf Basis der POTS (Plain Old Telephony Service), des analogen Telefonnetzes aus Kupferleitungen möglich. Die Technik wurde im Laufe der langen Zeit, die sie jetzt schon existiert, immer weiter entwickelt, so dass es jetzt mehrere Standards gibt, die kompatibel sind, einige proprietäre Lösungen wurden durch internationale Standards abgelöst. Zum Beispiel wurden die konkurrierenden Standards K56flex und X2 in den ITU-T V.90 Standard überführt.

Einige Modem Standards:

V.21	300 Bit/s Modem Standard
V.22	1200 Bit/s Modem Standard
V.22bis	2400 Bit/s Modem Standard
V.23	1200/75 Bit/s Modem Standard
V.32	2400 - 9600 Bit/s Modem Standard
V.32bis	4800 - 14400 Bit/s Modem Standard
V.34	2400 - 28800 Bit/s Modem Standard
V.42	Standard zur Fehlerbehebung
V.42bis	Standard zur Datenkompression
V.44	Neuerer Standard zur Datenkompression, genutzt in V.92
V.90	Max. 54 kBit/s Modem Standard
V.92	Max. 54 kBit/s Modem Standard, Verbesserung von V.90

Tabelle 1 Modemstandards^[4]

Ein wichtiger Standard ist V.34:

3.1.1 V.34

V.34 ist der erste Modemstandard, der sich selbstständig an die Gegebenheiten der Leitung anpassen kann. Dazu passt er die Trägerfrequenz, die Datenrate und Übertragungsspannung an.

Mit dem V.34 Standard wurde eine neue Art des „Handshaking“ eingeführt. Der V.34 handshake ist in vier Phasen aufgeteilt:

- a) V.8 handshake
- b) line probing
- c) equalizer and echo canceller training
- d) V.8 final handshake

V.8 wurde zusammen mit V.34 eingeführt, um die lange Phase des Erprobens der Leitung zu verkürzen. V.8 benutzt den V.21 Standard mit 300 Bit/s um Informationen über

- Verfügbare Modulationsarten (s.o.)

- Art der Fehlerbeseitigung

mit dem anderen Modem auszutauschen.

In der zweiten Phase sendet das Modem Töne im Abstand von 150 Hz die ganze Frequenzbandbreite hinauf. Die Töne werden jeweils zweimal gesendet auf bekannten Spannungslevels.

Aufgrund der Störungen in der Leitung wird jeder der Töne unterschiedlich gestört. Dies erlaubt die optimale Datenbandbreite zu ermitteln und, da die Töne zweimal gesendet werden, das optimale Spannungslevel. Am Ende von Phase 2 senden sich die 2 Modems die Ergebnisse dieser Phase gegenseitig mit dem V.8 „Info1“ Sequenz zu.

In der dritten Phase stellen sich die Receiver Equalizer auf die Leitung ein und der Echo Canceller wird gestartet. Dieser verhindert, dass das Modem wegen der Reflexionen/Echos in der Telefonleitung seine eigenen Signale hört, was es wohl beträchtlich stören würde.'

In der letzten Phase werden noch weitere Modulations- und Encoding- Parameter ausgetauscht. ^[5]

Eine Erweiterung ist der V.90 Standard:

3.1.2 V.90

V.90 beendete 1998 die Konkurrenz zweier konkurrierender Lösungen für 56 kBit/s: X2 von 3Com/U.S. Robotics und k56flex von Rockwell, die untereinander nicht kompatibel waren.

Der Standard arbeitet auf Grund der Tatsache, dass nur die letzte Meile der Telefonleitung analog übertragen wird und die Verbindung vom ISP (Internet Service Provider – Anbieter eines Internetanschlusses) über das Telefonnetz bis zur Vermittlungsstelle („Central Office“ (CO)) digital ist, wie im nachstehenden Bild deutlich wird.

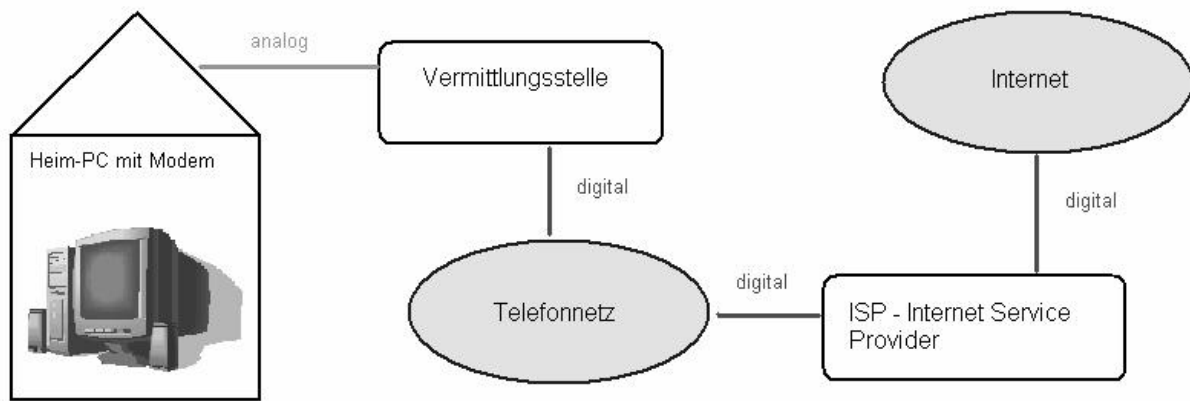


Abbildung 3 Nur eine DA-Wandlung im Signalweg

Bei der Datenübertragung aus dem Internet bis zum Telefonanschluss im Haus findet also nur eine Digital Analog Wandlung statt und zwar in der Vermittlungsstelle. Und das geschieht über eine Pulse Code Modulation (PCM) mit 8 Bit und 8000 Samples pro Sekunde, woraus 64000 Bit/s resultieren würden. Es wird also eine Welle mit $2^8 = 256$ verschiedenen möglichen Höhen an 8000 verschiedenen Zeitpunkten pro Sekunde erzeugt. Im Endeffekt sind es aber auf Grund von Störungen, Interferenzen und Bestimmungen, die die maximale Spannung auf den Telefonleitungen beschränken theoretisch maximal 54 kBit/s, die tatsächlich erreichten Geschwindigkeiten liegen aber nur zwischen 40 und 50 kBit/s ^{[6] [7]}.

Der Upstream entspricht immer noch dem V.34 Standard und ist entsprechend langsamer als der Downstream.

Vorteil dieser Technologie ist natürlich die gestiegene Geschwindigkeit im Vergleich zu älteren Standards und der günstige Preis der Modems und des Anschlusses; man braucht keine besondere Hardware wie Splitter etc. bei DSL und auch keinen besonderen Telefonanschluss, wie bei ISDN. Damit verbunden ist auch eine hohe Verfügbarkeit. Wegen diesen Vorteilen ist ein Modem in fast jedem PC und Notebook bereits eingebaut.

3.1.3 V.92

Der V.92 Standard bringt keine Verbesserungen in der Download-Geschwindigkeit, aber in der Benutzbarkeit und Funktionalität. Einige Details wurden verbessert. Der *Upstream* wird beschleunigt, da auch hier jetzt wie beim Downstream PCM benutzt wird. Die maximale Übertragungsrate zwischen Benutzer und ISP beträgt jetzt 48 kBit/s. Der PCM Upstream benötigt natürlich die gleichen Hardwarevoraussetzungen, wie der PCM Downstream, die oben beschrieben sind. ^[8] Der *Handshake* wird verkürzt. Um dies zu erreichen, werden die Informationen über die Telefonleitung, die beim normalen Handshake gewonnen werden (siehe V.34), gespeichert. Soll eine Verbindung aufgebaut werden, so testet das Modem, ob das Modem auf der anderen Seite der Leitung auch V.92 unterstützt. Wenn ja, wird der beschleunigte Handshake gestartet. Dies bedeutet einen 30 – 40% schnelleren Verbindungsaufbau. ^[9]

Die V.44 *Datenkompression* wird eingeführt. Diese erreicht im Gegensatz zum bis dahin benutzten V.42bis 10 bis 230% bessere Kompressionsraten (im Durchschnitt 26%), was gleichzeitig ebenso hohe Geschwindigkeitsverbesserungen bedeutet, allerdings nur bei „gut komprimierbaren“ Dateien.

Datenkompression ist der einfachste Weg, die nutzbare Bandbreite der Verbindung zu erhöhen. Dazu müssen natürlich beide Seiten die gleichen Methoden beherrschen und benutzen. Diverse Standards wurden entwickelt, V.42bis war am weitesten verbreitet. Um die Kompression am besten auszunutzen, wird sie im OSI-Schichtenmodell möglichst weit unten angesetzt, direkt über der Link-Schicht. Dadurch profitieren alle Anwendungen von der Komprimierung, ohne sie selbst implementieren zu müssen. Der Komprimierungsalgorithmus wurde also direkt auf dem Modem implementiert, wo er einige Bedingungen erfüllen muss:

- Er muss einfach zu berechnen sein,
- wenig Speicher beanspruchen und
- sehr schnell zu berechnen sein, damit kurze Latenzen realisiert werden. Diese werden von V.42bis und V.44 erfüllt, im Gegensatz zu anderen Algorithmen wie beispielsweise Winzip, die zwar effektiver komprimieren, dafür aber viel Zeit und Speicher brauchen.^[10]

Modem-on-hold (MOH) wurde in V.92 mit aufgenommen, da je nach Konfiguration Modems die Verbindung beenden, sobald ein Anruf eingeht. Dies mag von einigen Benutzern erwünscht sein, sorgt aber auch für Ärger bei den Kunden, die dies nicht wollen. MOH erlaubt es dem Client-Modem wenn ein Anruf eingeht das Server-Modem für eine kurze Zeit (einige Minuten) auf Wartestellung zu bringen. In dieser Zeit kann der Benutzer das Telefonat führen und danach die Internetverbindung wieder beschleunigt herstellen.^[11]

3.1.4 V.42 Fehlererkennung

Ein wichtiges Thema bei der Datenübertragung ist die Fehlerfreiheit der Daten. Um diese bei analoger Übertragung sicherzustellen gibt es zum Beispiel den V.42 Standard. Bei diesem werden die Daten in Pakete mit einer Sequenznummer und einer Checksumme verpackt, bevor sie versandt werden. Erhält der Empfänger das Paket intakt, bestätigt er den Empfang. Wenn das Paket beschädigt war, so kann es noch mal angefordert werden.

3.2 ISDN

Die Abkürzung ISDN steht für **I**ntegrated **S**ervices **D**igital **N**etwork. „Integrated Services“ steht dafür, dass mehrere unterschiedliche Anwendungen ISDN nutzen können, „Digital Network“ weist darauf hin, dass ISDN ein digitales Telefonnetz ist, welches Direktverbindungen zwischen den Teilnehmern herstellen. Sprache und Daten werden über „bearer channels“ (B channels) mit einer Daten rate von 64 kBit/s übertragen. Ein Datenkanal (D channel) überträgt vom Dienst abhängig zwischen 16 und 64 kBit/s; ‚k‘ bedeutet hier übrigens 10^3 und nicht 2^{10} wie sonst üblich im Computer-Bereich.

Im OSI-Schichtenmodell (siehe oben) können die D-Kanäle nur im Layer 2 (Sicherheit) oder 3 (Vermittlung) angesiedelt werden, sie können also vom Benutzer nicht für die Datenübertragung genutzt werden, sondern übertragen nur Steuersignale. Auf den B-Kanälen werden natürlich auch Daten übertragen, welche sich auf den höheren Schichten bis zu Layer 7 befinden.

Auf welcher Ebene man die B-Kanäle selber einordnet hängt von der Benutzung ab. Werden sie zur Datenübertragung benutzt, benutzt sie das PPP als physikalische Schicht. Benutzt man den B-Kanal als Telefonleitung, so wird eine Ende zu Ende-Verbindung hergestellt, der B-Kanal bietet dann also Schicht 3 Funktionalität. Die ISDN B-Kanäle benutzen Circuit Switching, während die D-Kanäle Packet Switching verwenden (s.o.).

Obwohl in der Summer der Kanäle beim BRI (s.u.) 144 kBit/s übertragen werden, endet das Frequenzspektrum von ISDN bei 120 kHz. Dies ist möglich, wegen der verwendeten 4B3T Kodierung: Bei dieser werden 4 Bits auf 3 ternäre Signalwerte (Spannung senken, gleich bleiben oder steigen lassen) abgebildet, 16 Bits also auf 27 Signalwerte. In drei Takten werden so 4 Bits übertragen, Für eine Datenrate von 160 kBit/s braucht man dann nur eine Signalwertrate von 120 kBaud. ^[12]

Für den B-Kanal gibt es ein besonderes Übertragungsprotokoll: X.75. Der X.75 Standard hat den Namen: „Packet-switched signalling system between public networks providing data transmission services“. Es beschreibt ein paketvermitteltes Signalisierungssystem zwischen paketvermittelten öffentlichen Datennetzen nach ITU-T X.25. Damit schafft X.75 die Voraussetzungen für den Verbund von X.25-Netzen. Es könne eine oder mehrere Leitungen benutzt werden, um Pakete zu verschicken; X.75 SLP (Single Link Procedure) wird für den Datenaustausch über eine einzelne physikalische Leitung benutzt. Bei parallelen physikalischen Leitungen zwischen zwei X.25-Knoten wird das Protokoll X.75 MLP (Multi Link Procedure) verwendet. ^[13]

Es gibt zwei verschiedene Typen von ISDN Services: Basic Rate Interface (BRI) und Primary Rate Interface (PRI).

BRI besteht aus zwei B-Kanälen mit 64kBit/s und einem 16kBit/s D-Kanal. Insgesamt also 144kBit/s, was privaten Benutzern reicht.

PRI gibt es für Benutzer mit größeren Anforderungen an die Kapazität, wie beispielsweise Firmenkunden. In Europa besteht PRI aus 30 B Kanälen, woraus 1984kBit/s resultieren. International außerhalb Europa aber nur aus 23 B-Kanälen und einem 64kBit/s D-Kanal für insgesamt 1536 kBit/s

E Klassen (Europa) oder H Kanäle (international) bieten die Möglichkeit an, mehrere B Kanäle zu bündeln.

- E0=64 kBit/s (normaler ISDN-Basiskanal)
- E1=2 MBit/s (S2M-Primärmultiplexanschluss)
- E2=8 MBit/s
- E3=33 MBit/s
- E4=136 MBit/s
- H0=384 kBit/s (6 B Kanäle)
- H10=1472 kBit/s (23 B Kanäle)
- H11=1536 kBit/s (24 B Kanäle)
- H12=1920 kBit/s (30 B Kanäle) ^[14]

3.2.1 Vorteile von ISDN

Das Modem ermöglicht den Datenaustausch durch Konvertierung der digitalen Informationen in analoge Signale, welche über das öffentliche Telefonnetz verschickt werden. Es gibt aber eine obere Schranke für die Geschwindigkeit der Übertragung: zurzeit 56 kBit/s bidirektional (Seit V.92 Standard), bei schlechten Übertragungsbedingungen auch nur 30-50kBit/s. Bei ISDN entfällt diese Digital-Analog Wandlung. ISDN ermöglicht die gleichzeitige Benutzung mehrerer digitaler Kanäle über dieselbe Leitung, die auch für die analoge Übertragung genutzt wurde. Dadurch erreicht man bei BRI ISDN mit Kanalbündelung 128kBit/s plus Bandbreite für Overhead und Signale. Ferner sind die Wartezeiten im Vergleich zu DSL und die Zeit bis zum Verbindungsaufbau im Vergleich zu analogen Modems wesentlich kürzer. Dies ermöglicht kurze Antwortzeiten, die man z.B. bei Online-Spielen, Videokonferenzen oder anderen interaktiven Anwendungen braucht.

Ein weiterer Vorteil von ISDN gegenüber analoger Verbindung ist die Möglichkeit, dass sich mehrere Geräte dieselbe Leitung teilen. Anstatt für mehrere Geräte jeweils eine Leitung zu legen, könne sich so z.B. Computer mit Internetanschluss und Telefon eine Leitung teilen und gleichzeitig genutzt werden. Dies wird ermöglicht durch die digitale Übertragung. Sie ermöglicht die gleichzeitige Übertragung und das korrekte Weiterleiten der Datenpakete an die Endgeräte. Die digitale Übertragung macht es auch leichter, Störungen und Interferenzen zu verhindern, welche bei analoger Übertragung schnellere Datenraten verhindern.

Des Weiteren ist noch die Art des Zustandekommens einer Verbindung zu nennen. Die Telefongesellschaft sendet keine Klingel Signalspannung über die Leitung, sondern schickt ein digitales Paket auf dem D-Kanal ("Out-of-Band signal"). Dieses stört keine vorhandenen Verbindungen, benötigt keine Bandbreite von Datenkanälen und ist sehr schnell: Statt 30-60 Sekunden, wie bei analogen Modems, dauert der Verbindungsaufbau bei ISDN nur ca. 2 Sekunden. Das liegt daran, dass bei ISDN-Verbindungen die Datenrate nicht beim Aufbau der Verbindung ausgehandelt werden muss. Das Signal zeigt auch an, wer anruft und welche Nummer gewählt wurde. ISDN Telefonanlagen könne damit intelligente Entscheidungen treffen, wohin das Signal weitergeleitet wird.^[15]

3.3 DSL

Die Abkürzung DSL steht für "Digital Subscriber Line" (auf deutsch: digitale Teilnehmeranschlussleitung).

DSL bietet Hochgeschwindigkeits-Internetanschlüsse über herkömmliche Kupfer-Telefonleitungen an, also über die gleichen Leitungen, über die man auch noch gleichzeitig telefonieren kann. Dazu wird das zur Verfügung stehende Frequenzspektrum der Telefonleitung aufgeteilt: Frequenzen unter 4 kHz bei POTS- bzw. 120 kHz bei ISDN-Telefonanschlüssen sind für Sprache reserviert, die Frequenzen darüber für Daten Up- und Downstream, wie im folgendem Bild ersichtlich wird, welches die verschiedenen Frequenzbänder zeigt.

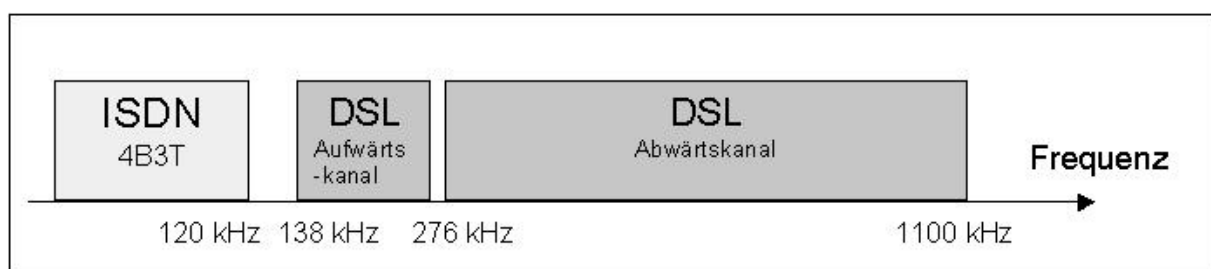


Abbildung 4 Frequenzspektrum DSL

Die verschiedenen Frequenzbänder werden beim Anwender durch einen Splitter auf das DSL-Modem und den normalen Telefonanschluss (analog oder ISDN-NTBA) aufgeteilt. Es stehen dann drei Informationskanäle zur Verfügung: Ein Hochgeschwindigkeits- Downstream Kanal, ein Duplex- Kanal mit mittlerer Geschwindigkeit und ein „POTS“- oder ISDN-Kanal. Zur Verwendung von DSL ist also ein ISDN Anschluss nicht erforderlich, auch wenn die Kombination DSL mit analogem Telefonanschluss aus Marketing-Gründen oft nicht angeboten wird oder der Aufpreis für DSL dann wesentlich höher ist.

Bei DSL hängen die Übertragungsraten stark von den Eigenarten der Leitungen

(Länge, Widerstand, Interferenzen) ab.

Bei der Übertragung werden den Datenpaketen mehrere Bits hinzugefügt mithilfe derer Fehler bei der Übertragung erkannt, einige sogar behoben werden können. Da Fehler meistens nicht gleichmäßig, sondern in Störimpulsen („Bursts“) auftreten, werden mehrere Pakete ineinander verschachtelt („interleaving“). Gibt es jetzt einen Störimpuls, so verteilen sich die Bitfehler auf mehrere Pakete und könne so mit einer größeren Wahrscheinlichkeit behoben werden, da die Bitfehlerzahl pro Datenblock geringer ist. Allerdings dauert es mit dieser Technik länger, bis ein Datenpaket komplett zum Empfänger gelangt ist, da die Übertragung etwas später beginnt und das Datenpaket „in die Länge gezogen“ wird. Aus diesem Grund ist es möglich dieses „Interleaving“ genannte Verfahren auszuschalten, aus dem „Interleaved Path“ wird dann ein „Fast Path“, die kürzeren Latenzzeiten bezahlt man dann mit einer höheren Fehlerrate. ^[16]

Von DSL gibt es mehrere Varianten, welche in ihrer Allgemeinheit auch als xDSL bezeichnet werden, da sich bei den Bezeichnungen nur der erste Buchstabe ändert. Es gibt symmetrische Varianten, bei denen der Upstream genauso schnell ist, wie der Downstream, dies wird mit SDSL bezeichnet. Die Hochgeschwindigkeitsvariante davon heißt SHDSL (Symmetric High-Speed Digital Subscriber Line). Interessant ist auch der Standard IDSL, was für „Integrated Services Digital Network DSL“ steht. Er bietet 144 kBit/s an, genau wie ISDN in der Summe der drei Kanäle beim BRI, hat aber im Gegensatz dazu „always on“ Funktionalität. ^[17]

Die Asymmetrische Variante von DSL heißt ADSL, hier ist der Downstream schneller als der Upstream. Auch hier gibt es eine High-Speed Alternative:

VDSL – Very high speed Digital Subscriber Line, welche es in verschiedenen Geschwindigkeitskategorien A bis D gibt.

Typ	Downstream	Upstream
A	51,84 MBit/s	19,44 MBit/s
B	51,84 MBit/s	1,62 MBit/s
C	25,92 MBit/s	1,62 MBit/s
D	12,96 MBit/s	1,62 MBit/s

Diese Geschwindigkeiten hängen stark von der Leitungslänge ab, die maximale Geschwindigkeit in der Klasse A von 51 MBit/s ist nur bei Wegen bis 300 Meter Länge möglich, die 12 MBit/s in Klasse D immerhin noch bis zu 1500 Meter. Daher ist VDSL kein Ersatz für ADSL, sondern nur eine Erweiterung für kurze Distanzen, welche ebenso symmetrisch und asymmetrisch angeboten werden wird. VDSL ist aber noch in der Definitionsphase. ^[18]

3.3.1 Vorteile von DSL:

Theoretisch sind Geschwindigkeiten von 6MBit/s möglich, was 140-mal schneller ist, als die Geschwindigkeit analoger Modems mit 56 kBit/s. Hier eine Grafik zum Geschwindigkeitsvergleich:

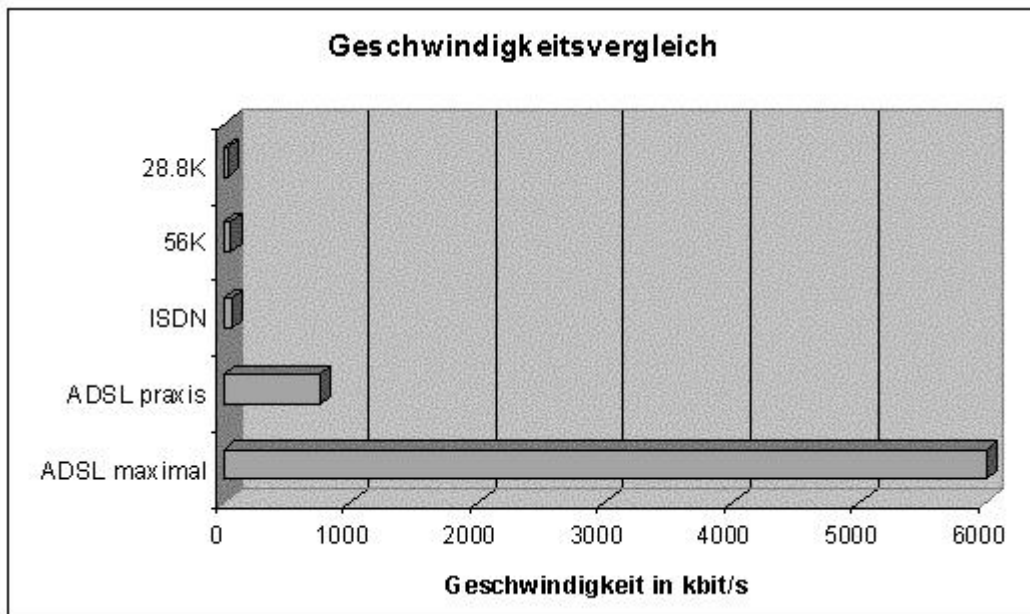


Abbildung 5 Geschwindigkeitsvergleich DSL, ISDN, analog

Ein weiterer Vorteil ist, dass man sich nicht in das Internet einwählen muss, wie bei analogen oder ISDN Verbindungen. Man kann "always on" sein und muss nicht auf die Einwahl warten. Lässt man eine Modemverbindung so lange bestehen, so werden in dieser Zeit die Switches in der Vermittlungsstelle belegt, was bei starker Benutzung die Kapazität schnell senken würde. Dies ist ein Grund, warum keine Flatrates für Modems/ISDN mehr angeboten werden. Außerdem belegt die Internetverbindung über DSL keine Telefonleitung, so dass man die eine (analog) oder beide (ISDN) Leitung(en) zur Verfügung hat, während man Online ist. Außerdem hat man als Benutzer eine eigene/dedizierte Leitung ins Internet und muss sich nicht wie bei anderen Hochgeschwindigkeitsanschlüssen (Kabelmodem, Satellit) die Bandbreite mit anderen Benutzern teilen. Deshalb hängt die Geschwindigkeit, mit der man das Internet benutzen kann, nicht von den Nachbarn oder anderen DSL Benutzern ab, sondern wird begrenzt durch die Kapazität der Server und der maximalen Bandbreite.

DSL ist verfügbar in verschiedenen Geschwindigkeiten und Tarifmodellen in Europa, Asien, USA und Kanada. 63% der schnellen Internetzugänge weltweit durch DSL realisiert und das obwohl es schon eine längere Zeit Kabelmodems gibt.^[19] Es besteht auch noch erhebliches Wachstumspotenzial, da Breitbandtechniken in Europa staatlich gefördert werden.

3.3.2 Nachteile von DSL:

Die Verfügbarkeit von DSL ist eingeschränkt: da DSL über Kupfertelefonleitungen übertragen wird, sind die Haushalte ausgeschlossen, die über Glasfaseranschlüsse verfügen, das sind in Deutschland 1,8 Millionen.^[20] Dazu kommen die 2 Millionen Telefonkunden, die über vier Kilometer von der Vermittlungsstelle entfernt wohnen und die, bei der der Telefonanbieter die nötige Hardware in den Vermittlungsstellen nicht installiert, etwa weil in dem Gebiet zu wenig Kunden wohnen und ein Ausbau deshalb nicht lukrativ genug wäre.

Außerdem braucht man zur Nutzung von DSL zusätzliche Hardware (Splitter), welche auch zusätzliche Kosten verursacht.

3.4 Weitere Möglichkeiten der Internetanbindung

3.4.1 Satellit

Der große Vorteil der Satellitentechnik ist die sehr hohe Verfügbarkeit. Sobald man freies Sichtfeld auf den Satelliten hat, ist der Empfang möglich, unabhängig vom Telefonanschluss und der Entfernung zur Vermittlungsstelle. Allerdings verlangen die meisten Angebote, nach einer zusätzlichen Internetanbindung über das Telefonnetz, welche für den Upstream gebraucht wird. Es gibt aber auch Angebote, bei welchen der Anwender auch den Upstream über den Satellit sendet. Dafür benötigt er aber Hardware, die leicht mehr als 1000€ kostet. Die möglichen Geschwindigkeit im Downstream liegen zwischen 400 kBit/s und 8000kBit/s.

Nachteilig ist, dass die auf dem Satelliten zur Verfügung stehende Bandbreite mit den anderen Benutzern geteilt werden muss, im Gegensatz zu den Anschlüssen über Telefonleitung.

3.4.2 Kabelmodem

Kabelmodems bieten die Möglichkeit des sehr schnellen (mehrere MBit/s) Internetzugangs über das Fernsehkabel. Leider ist die Verfügbarkeit in Deutschland schlecht, ein Kabelanschluss und ein ISP, der diese Möglichkeit bietet sind nur an wenigen Orten vorhanden. Die Preise sind aber im Vergleich zu anderen Highspeedanschlüssen eher gering, wie folgende Grafik zeigt:

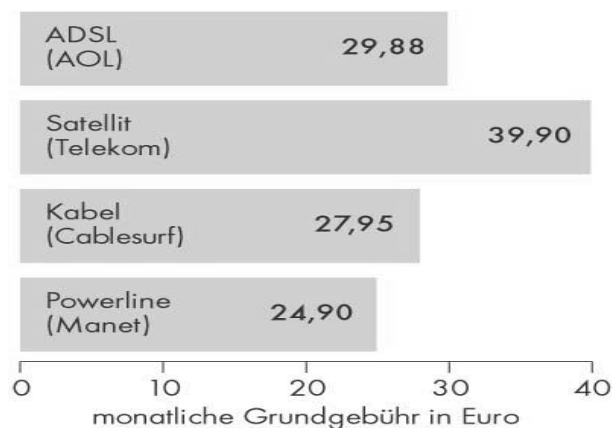


Abbildung 6 Preisvergleich^[21]

Nachteilig wirkt sich auch hier aus, dass man die Bandbreite des ISP mit den anderen Kabelanschluss-Benutzern teilen muss und deshalb die Übertragungsraten bei starker Nutzung kleiner werden können.

3.4.3 Mobiltelefon

Auch mit Mobiltelefonen ist es möglich, sich ins Internet einzuwählen. Allerdings musste man bis 1999 mit 9,6 kBit/s auskommen, die durch CSD (Circuit Switched Data, siehe auch Circuit Switching) bereitgestellt wurden. Zur Steigerung der

Geschwindigkeit gibt es Techniken wie GPRS (General Packet Radio Service, siehe auch Packet Switching) und HSCSD (High Speed CSD) und den neuen Mobilfunkstandard UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), der mit 384 kBit/s^[22] in der Praxis, theoretisch sogar maximal ca. 2000kBit/s^[23], mehr Geschwindigkeit bietet, als z.B. ISDN. Die Infrarotschnittstelle oder der Nahfunk Bluetooth ermöglichen angeschlossenen PCs, Notebooks oder PDAs den Internetzugang über das Mobiltelefon.

HSCSD erhöht die pro CSD-Kanal nutzbare Bandbreite auf 14,4 kBit/s und bietet bis zu vier Kanäle an. Das Handy verhält sich bei HSCSD wie ein normales Festnetzmodem mit 57,6 kBit/s. Abgerechnet wird von den Mobilfunkanbietern im Minutentakt unabhängig von der übertragenen Datenmenge.

GPRS bündelt ebenso mehrere Kanäle mit je 13,4 kBit/s; theoretisch bis zu 10, bei aktuellen Geräten bis zu 4, die Mobilfunkanbieter bieten 8 Kanäle. Im Endausbau sollen bis zu 21,4 kBit/s pro Kanal angeboten werden, was bei acht Kanälen 171,2 kBit/s entsprechen würde. GPRS arbeitet, wie der Name bereits vermuten lässt, paketorientiert: Bandbreite wird also nur belegt, falls Daten übertragen werden, danach wird sie wieder frei gegeben. Das Mobiltelefon steht in ständiger Verbindung zum GPRS-Netz. Der Kunde bezahlt nur für tatsächlich übertragene Datenmengen, nicht für die Online-Zeit.^[24]

4 Zusammenfassung

Meiner Meinung nach ist es erstaunlich, welche Geschwindigkeiten auf der normalen Telefonleitung möglich gemacht wurden. Selbst mit herkömmlicher Technik hat sich die Geschwindigkeit und der Komfort immer weiter erhöht, wobei man doch eigentlich immer den Eindruck hatte, das noch höhere Geschwindigkeiten nicht möglich sind und diese dann doch ermöglicht wurden. Dies hörte bei 56kBit/s nicht auf und auch nicht bei 64kBit/s: ADSL bringt 768 kBit/s oder auch 1,5 MBit/s an nutzbarer Bandbreite, was sich vor 10 Jahren wohl noch kein „Privatmensch“ vorstellen konnte. Nicht nur die Geschwindigkeit hat sich erhöht, auch die Verbreitung in der Gesellschaft ist gewachsen, so dass jetzt über 40% der Bevölkerung in Europa einen Internetanschluss zu Hause hat.

Die Entwicklung geht natürlich immer weiter:

Die ITU stellte zwei neue Standards für ADSL vor (G.992.3 und G.992.4), welche zusammen ADSL2 genannt werden. Im Januar 2003 kam dann noch G.992.5 dazu, welcher ADSL2plus genannt wird. Diese Standards ermöglichen neue Features wie einen Stromsparmmodus für den Empfänger und erhöhen die Reichweite und Datenrate noch weiter.^[25]

-
- [¹] „How V.34 and V.32 Work“; <http://www.v90.com/howv34.htm>
- [²] Nicolas Furrer, Thomas Thomi, Philipp Andris: „Seminararbeit ISDN“; <http://www.ifi.unizh.ch/ikm/Vorlesungen/KommSeminar00/KommSeminar00/Documents/ISDN.pdf>
- [³] Übersichtsbild „Network Communication Protocols“ von Agilent Technologies
- [⁴] Daniel Wesemann: „ITU Modem Standards“; http://www.wesi.ch/home/itu_t_v.html
- [⁵] Daniel Wesemann: „V.34“; http://www.wesi.ch/home/v_34.html
- [⁶] Colvin Technologies, Inc.; <http://www.56k.com/cons/noisy.shtml>
- [⁷] Copper Pair Communications, Inc.: „How V.90 does its Magic“; <http://www.v90.com/v90magic.htm>
- [⁸] „About V.92“; <http://www.v92.com/about/pcmupstream.html>
- [⁹] „About V.92“; <http://www.v92.com/about/handshake.html>
- [¹⁰] „About V.92“; <http://www.v92.com/about/v44compression.html>
- [¹¹] „About V.92“; <http://www.v92.com/about/modem-on-hold.html>
- [¹²] „4 Binary, 3 Ternary (4B3T)“; <http://einstein.informatik.uni-oldenburg.de/rechnernetze/4b3t.htm>
- [¹³] http://www.telekom.de/dtag/tklex/tklex_cda_index/1,13403,13024,00.html
- [¹⁴] Ralph Becker: „ISDN Definitions“; <http://www.ralphb.net/ISDN/defs.html>
- [¹⁵] Ralph Becker: „Advantages of ISDN“; <http://www.ralphb.net/ISDN/advs.html>
- [¹⁶] Robert Schlabbach: „Fastpath und Interleaving: Erklärung und Stellungnahme eines DSL Experten“; <http://www.onlinekosten.de/news/artikel/4441>
- [¹⁷] DSL Forum: „DSL "Glossary"“; http://www.dslforum.org/PressRoom/DSL_Glossary523.html
- [¹⁸] DSL Forum: „VDSL Tutorial“; http://www.dslforum.org/aboutdsl/vdsl_tutorial.html
- [¹⁹] <http://www.heise.de/newsticker/data/tol-23.04.03-002/>
- [²⁰] <http://www.heise.de/ct/02/07/132/default.shtml>
- [²¹] <http://www.heise.de/ct/02/07/132/bild1.jpg>
- [²²] http://www.t-mobile.de/geschaeftskunden/faqs/1,2912,4420-_,00.html
- [²³] „Was ist UMTS?“ http://www.umts.de/was_ist_umts.html
- [²⁴] Rudolf Opitz: „Taschen-Surfstationen“; <http://www.heise.de/ct/02/02/066/>
- [²⁵] „ADSL2 AND ADSL2plus –THE NEW ADSL STANDARDS“ http://www.dslforum.org/aboutdsl/ADSL2_wp.pdf