

Breitband-Internet-Zugänge

Christian Zahler

7 Breitband-Internet-Zugänge

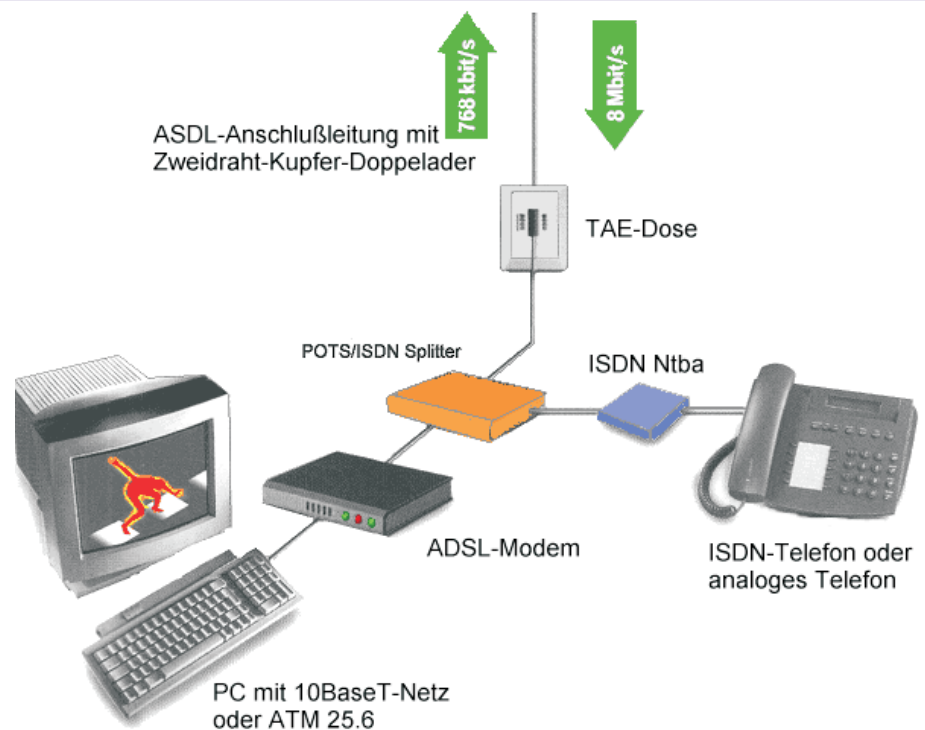
7.1 ADSL

Die Bandbreite für Modems ist selbst bei gutem Signal/Rausch-Abstand auf analogen Telefonleitungen ausgereizt. Jedoch stellen die geringen Übertragungsraten kein Problem der Kupferadern des Telefonanschlusses bis zur Vermittlungsstelle dar. Das Problem liegt im Zusammenspiel aller beteiligten Komponenten des Netzes: Der Weg vom Anschluss zur Vermittlungsstelle, die Übertragungstechnik der Vermittlungsstellen untereinander und der Weg zu dem Anschluss der angewählt wurde. Ende der 80er Jahre hat man **SDSL** (*Single Line Digital Subscriber Line*) und **HDSL** (*High Data Rate Digital Subscriber Line*) entwickelt. So war es nun endlich möglich kostengünstige 2-MBit-Systeme anzubieten. HDSL hat einige Vorteile gegenüber SDSL: Drei- bis vierfache Leitungslänge ohne Regeneratoren durch Verwendung eines anderen Leitungsprotokolls und einer leistungsstarken Echokompensation. Außerdem verursacht HDSL relativ geringe Störungen der benachbarten Adern, diese können bei SDSL wegen der starken Einstrahlung kaum für andere Anwendungen (Telefonie) verwendet werden.

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) und **VDSL** (*Very High Data Rate Digital Subscriber Line*) wurden ebenfalls Anfang der 90er Jahre entwickelt, hierdurch wird noch mehr Bandbreite zur Verfügung gestellt.

7.1.1 Überblick xDSL

Bleiben wir bei ADSL, das für den privaten Verbraucher am interessantesten ist. Ob man per ADSL angeschlossen werden kann, hängt in erster Linie von der Beschaffenheit des Ortsnetzes ab. Führen die Kupferdrähte des Telefonanschlusses direkt in die Vermittlungsstelle, dann gibt es normalerweise kaum Probleme. Anders dagegen, wenn die Leitungen schon



vor der Vermittlungsstelle zusammengefasst werden. Diese "Digital Loop Carrier" (DLC) fassen den Daten- und Sprachverkehr von mehreren Telefonleitungen zusammen und übertragen den resultierenden Datenstrom über Breitbandleitungen oder per Glasfaser an die Vermittlungsstelle. Bei ADSL müssen beide Modems direkt mit dem Kupferkabel verbunden sein, DLCs verhindern die Datenübertragung per ADSL.

Die Telekom sieht wegen der hervorragend ausgebauten Ortsnetze beim ADSL-Regelbetrieb keinerlei Probleme: Nahezu alle Teilnehmer sind direkt angebunden und 70 bis 80 Prozent der Anschlussleitungen sind kürzer als 1,7 Kilometer. In der Vermittlungsstelle endet die Telefonleitung im so genannten DSL Access Multiplexer (DSL-AM). Er leitet den

Telefonverkehr an den Telefonnetz-Switch weiter; der Datenverkehr wird direkt dem Datennetz des Betreibers zugeführt.

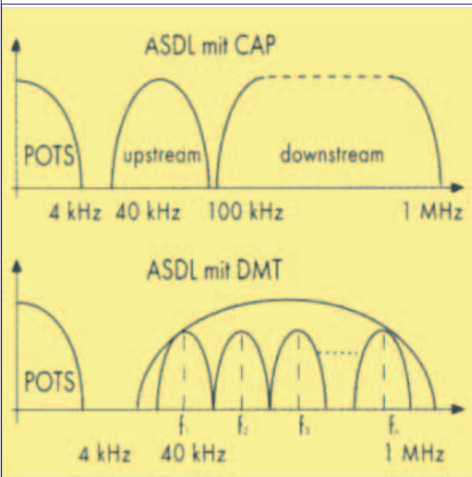
ADSL - Die Technik

ADSL ist ein asymmetrisches Datenübertragungsverfahren für Kupferdoppeladern. Im Vergleich zu herkömmlichen Modemtechnologien gibt es deutliche Unterschiede: Die von einem herkömmlichen Modem ausgesandten Signale müssen das gesamte Telekommunikationsnetzwerk eines Anbieters - inklusive Digitalisierung in den Vermittlungsstellen - unbeschadet durchqueren. Daher steht den Analogmodems nur der Sprachbereich zwischen 0 und 3,5 kHz zur Verfügung. Zwischen zwei ADSL-Modems befindet sich dagegen nur die Kupferleitung, die gesendeten Signale müssen also

Bezeichnung	ADSL	SDSL	HDSL	VDSL
Bitrate in Senderichtung (Nutzer zum Netz)	16 bis 768 kBit/s	1,544 MBit/s bzw. 2,048 MBit/s	1,544 MBit/s bzw. 2,048 MBit/s	1,5 bis 2,3 MBit/s
Bitrate in Empfangsrichtung (Netz zum Nutzer)	1,5 bis 9MBit/s	1,544 MBit/s bzw. 2,048 MBit/s	1,544 MBit/s bzw. 2,048 MBit/s	13 bis 52 MBit/s
überbrückbare Leitungslänge	2,7 bis 5,5 km	2 bis 3 km	3 bis 4 km	0,3 bis 1,5 km
benötigte Adernpaare	1	1	2 bei 1,544 MBit/s, 3 bei 2,048 Mbit/s	1
Verfügbarkeit	seit Mitte 90er Jahre	seit Anfang 90er Jahre	seit Anfang 90er Jahre	ab Ende 90er Jahre
benutzte Bandbreite	bis ca. 1MHz	ca. 240 kHz	ca. 240 kHz	bis ca. 30 MHz
POTS im Basisband	ja	nein	nein	ja
ISDN im Basisband	nein	nein	nein	ja

keine Rücksicht auf sonstiges Equipment nehmen. ADSL nimmt das Frequenzspektrum bis etwa 1,1 MHz in Anspruch. Der Bereich zwischen 0 und 4 kHz wird für den normalen Telefonbetrieb (*Plain Old Telephone Service* - POTS) freigehalten. Die Trennung zwischen dem Sprachband und dem Bereich für die Datenübertragung besorgt ein spezieller Filter, POTS-Splitter genannt.

Ab etwa 30 kHz beginnt ADSL mit der breitbandigen Datenübermittlung. Für die Trennung zwischen Up- und Downstream gibt es zwei Möglichkeiten. Die Echokompensation ist von der konventionellen Modemtechnologie gut bekannt: Up- und Downstream teilen sich den Frequenzbereich zwischen 30 kHz und 1,1 MHz. Das gesendete Signal stört zwar das ankommende, doch da der Transceiver genau weiß, welche Signale seine Sendestufe aussendet, kann er sie recht genau aus dem Empfangssignal herausrechnen. Die zweite Variante - *Frequency Division Multiplexing* (FDM) - teilt die Frequenzen oberhalb 30 kHz nochmals in zwei Bereiche auf.



Zwischen 30 und etwa 130 kHz findet die Übertragung des Upstream statt, die darüberliegenden Frequenzen werden für den Downstream benutzt. Welches Modulationsverfahren für ADSL eingesetzt werden soll, ist in der Industrie noch umstritten. Drei Leitungscodes stehen zur Auswahl: die Quadraturamplituden-(QAM), die damit eng verwandte *Carrierless Amplituden/Phasenmodulation* CAP und die für bereits mehrere Standards ausschlaggebende Diskrete Multiton-Verfahren DMT. DMT teilt den für die Datenkommunikation verfügbaren Frequenzbereich in über 250 schmale Frequenzbänder auf, die jeweils etwa 4 kHz umfassen. Die Mittenfrequenzen dieser Bänder sind die Träger, auf die die zu übertragenden Daten mittels QAM aufmoduliert werden. Die Standardisierungsgremien ANSI und ETSI legen in ihren ADSL-Standards fest, dass jede Trägerfrequenz maximal 15 Bit pro Signalwechsel transportiert. Diese Anzahl muss nicht für jede Frequenz gleich sein. Die beiden an der Übertragung beteiligten Modems testen die zwischen ihnen liegende Kabelstrecke und erstellen eine Bitzuweisungstabelle (*Bit loading table*), die für jede Trägerfrequenz die optimale Modulation festlegt. Sie hängt in erster Linie vom

Dämpfungsverhalten der Leitung und von den vorhandenen Störeinflüssen auf der Übertragungsstrecke ab. Diese Bitzuweisungstabelle erlaubt es dem ADSL-Anbieter, die maximal verfügbare Bandbreite vorab einzustellen. So kann er die angebotenen Datendienste differenzieren und zu unterschiedlichen Preisen anbieten - alles auf Grundlage einer einheitlichen Hardware.

Wie groß die maximale Datenrate bei einem ADSL-Anschluss ist, hängt vom Zustand und vor allem von der Länge der Leitungen ab. Je länger die Leitung ist, umso größer ist die Dämpfung, die die Signale erfahren - vor allem die im oberen Frequenzbereich. Entfernungen bis zu drei Kilometer erlauben Datenraten zwischen 6 und 8 Mbit/s. Je weiter der Teilnehmer von der Ortsvermittlung entfernt ist, umso kleiner ist die maximal erreichbare Datengeschwindigkeit.

Wer ADSL anbietet, muss dafür sorgen, dass beim Kunden ein POTS-Splitter installiert wird. An und für sich keine große Sache, im Prinzip genau das gleiche Vorgehen, das wir vom NTBA für den ISDN-Anschluss gewohnt sind. Doch die Marktführer Compaq, Intel und Microsoft sehen darin offensichtlich ein größeres Problem, dass ihrer Meinung nach die schnelle Verbreitung von ADSL-Anschlüssen verhindern oder zumindest verlangsamen könnte. Aus diesem Grund soll mal wieder ein Süppchen am Rande der weltweiten Standardisierung gekocht werden, die sogenannte *Universal ADSL Working Group* UAWG. Neben den meisten großen nordamerikanischen Netzbetreibern wie AT&T oder MCI und der japanischen NTT, sind seit kurzem auch die wichtigsten europäischen Telekommunikationsunternehmen der UAWG beigetreten - auch die Deutsche Telekom. Erklärtes Ziel der UAWG ist es, eine einfache ADSL-Variante zu entwickeln. Dieses Universal-ADSL, auch als UDSL bezeichnet, soll ohne POTS-Splitter auskommen, so dass der Anbieter keinerlei Installationsarbeiten beim Kunden ausführen muss. Zudem sollen weitere technische Vereinfachungen dafür sorgen, dass ADSL-Modems billiger hergestellt und verkauft werden können. So muss ein UDSL-Modem zum Beispiel statt der vom ANSI und ETSI festgelegten 15 lediglich 8 Bit pro Zustandswechsel auf die Trägerfrequenzen aufmodulieren können. Der Preis: UDSL erzielt Datenraten von max. 1,5 Mbit/s im Downstream und 512 kbit/s im Upstream. Die Telekom will in der UAWG dafür Sorge tragen, dass bei der Spezifikation des Universal-ADSL auf ISDN Rücksicht genommen wird. Sie ist mit der splitterlosen Lösung nicht glücklich und präferiert eine saubere Trennung zwischen den Verantwortungsbereichen "Kunde" und "Netzbetreiber" - ähnlich wie beim ISDN-NTBA. Ob sich die UAWG letztendlich durchsetzen kann, ist fraglich. Die in der UAWG vertretenen Unternehmen wollen ihre Ergebnisse der Studiengruppe 15 der *International Telecommunication Union* ITU vorlegen, die sich mit der Standardisierung von ADSL befasst. Die UAWG-

Vorschläge bilden somit die Grundlage für den ITU-Standard G.Lite.

Probleme mit ISDN

Standard-ADSL verträgt sich nicht mit ISDN. ADSL hält den Frequenzbereich zwischen 0 und etwa 30 kHz für normale Telefondienste (*Plain Old Telephone Service* - POTS) frei. Fast überall in der Welt belegt ISDN aber den Frequenzbereich bis etwa 80 kHz, in Deutschland benötigt ISDN aufgrund des speziellen Leitungscodes 4B3T sogar 120 kHz. Beim ADSL-Pilotprojekt versorgt die Telekom die Teilnehmer mit speziellen ADSL-Modems, die ADSL auch am ISDN-Anschluss bereitstellen. Normalerweise verwendet man für die ISDN-Übertragung den sogenannten 2B1Q-Leitungscodes, der zwei zweiwertige (binäre) Informationen in ein vierstufiges (quaternäres) Symbol umsetzt. Der Bandbreitenbedarf für die Übertragung von 160 kbit/s beträgt somit 80 kHz. Die Deutsche Telekom geht bei ISDN aber einen Sonderweg: Nicht 2B1Q wird eingesetzt, sondern 4B3T: Hier werden vier binäre Symbole auf drei dreiwertige (ternäre) Symbole abgebildet. Dies hat zur Folge, dass man für eine Datenmenge von 160 kbit/s das Spektrum bis 120 kHz belegt. Es gibt zwei Wege, ISDN und ADSL miteinander zu kombinieren. Bei der Inband-Methode werden die ISDN-Daten in den ADSL-Datenstrom integriert, in der Vermittlungsstelle wieder aussortiert und in das Telefonnetzwerk eingespeist. Diese Methode kann ohne Änderung des ADSL-Standards angewandt werden, hat aber den Nachteil, dass die gesamte Kommunikation über das ADSL-Modem läuft. Fällt es einmal aus, ist auch keine Telefonie oder schmalbandige Datenübertragung mehr möglich. Zudem entsteht durch die Integration der ISDN-Daten in den ADSL-Datenstrom eine Verzögerung von 2 ms - ISDN lässt nur 1,25 ms zu. Die Out-of-Band-Methode dagegen ist schwieriger zu implementieren. Es genügt nicht, den POTS-Splitter auf eine höhere Trennfrequenz einzustellen und mit diesem "ISDN-Splitter" dafür zu sorgen, dass ADSL die Frequenzen bis 120 kHz nicht nutzt. Laut ADSL-Standard findet im unteren Frequenzbereich der Austausch von Handshake- und anderen Signalen statt, die für die Kontaktaufnahme und Aufrechterhaltung zwischen zwei ADSL-Modems notwendig sind. Diese Signale müssen wegen ISDN in den höheren Bereich verlegt werden. Die Deutsche Telekom, die verhindern will, dass ihre ISDN-Kunden beim Thema ADSL benachteiligt sind, trat Anfang Mai der UAWG bei. Sie will dafür sorgen, dass in der UAWG auch genügend Rücksicht auf die Besonderheiten der europäischen Te-

lekommunikationsnetze, wie zum Beispiel eben ISDN, genommen wird.



Bild: ADSL Modem von ASUS (Quelle: ASUS Homepage)

Arten von DSL

- **ADSL Lite** steht für *Asymmetric Digital Subscriber Line Lite* und ist eine ADSL-Variante mit einer geringeren Übertragungsrate.
- **HDSL** steht für *High Data Rate Digital Subscriber Line* und überträgt bis maximal 2 MBit/s auf zwei Kupferdoppeladern. Neue Systeme arbeiten auf einer Kupferdoppelader. HDSL wird auch als Ersatz für Mietleitungen verwendet.
- **SDSL** steht für *Symmetrical High Speed Digital Subscriber Line* und erreicht maximal 2,3 MBit/s bis maximal 4,5 km (*upstream* = *downstream*).
- **VDSL** bedeutet *Very High Speed Digital Subscriber Line*. VDSL ist eine Technologie mit sehr hohen Übertragungsraten für kurze Übertragungswege und erreicht zirka 10 MBit/s *downstream* und etwa 1,5 MBit/s *upstream* bis zirka 1,5 km.

Technische Randbedingungen in Österreich (Quelle: Telekom Austria)

Die nächste Vermittlungsstelle darf derzeit höchstens 3 km Luftlinie entfernt sein. Bei einer größeren Entfernung von der Vermittlungsstelle können die technischen Parameter der Datenverbindung nicht mehr garantiert werden.

Hinweis: ISDN kann parallel zu ADSL verwendet werden (für Telephon, Fax usw.).

Unter der WWW-Adresse <http://v-liste.i-plus.at> kann überprüft werden, ob ein Telefonanschluss für die Einrichtung von ADSL geeignet ist.

7.2 PLC (Power Line Communication) – "Internet übers Stromnetz"

Powerline Communication (PLC) wurde alternativ zum Telefonnetz und anderen Zugangstechnologien entwickelt und nutzt die vorhandenen Niederspannungsnetze für die Übertragung von Daten und Sprache.

Beim Powerline-System werden zusätzlich zur Netzfrequenz von 50Hz weitere Frequenzen auf die Leitung gepackt, über die Sprache und Daten übertragen werden.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Bisher gibt es nur Normungen für die Datenübertragung über Energieleitungen bei niederen Frequenzen. Hier in Europa trifft dafür die Cenelec EN 50065-1 zu, die die Frequenzbereiche und Sendepiegel wie folgt definiert:

Frequency range [kHz]	Band designation	Max. transmission voltage [dBµV]	User
9 - 95	A	134	Utilities
95 - 125	B	116	free
125 - 140	C	116	free
140 - 148,5	D	116	free

Der in diesem Frequenzband wichtigste Bereich ist das A-Band. In diesem Band sollen die zukünftigen Mehrwertdienste der Elektro-Versorgungs-Unternehmen realisiert werden. Innerhalb dieser Grenzen wird man langfristig etwa 200 Kbps erreichen können.

All die Systeme, die derzeit Datenraten von 1 Mbps proklamieren, arbeiten außerhalb dieses Bereiches und benötigen noch eine Regulierung. Der von den Herstellern angepeilte Frequenzbereich liegt im Bereich von 1 MHz bis 30 MHz.

Quelle: www.powerline.at (EVN AG)

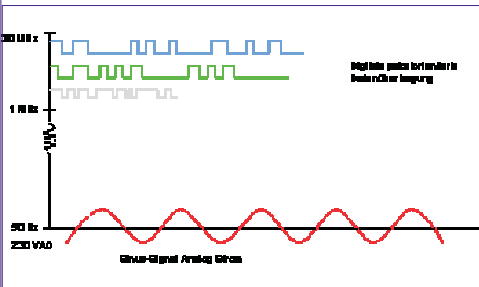
Dieser Frequenzbereich ist jedoch sehr umstritten, da in diesem Bereich derzeit schon verschiedene andere Dienste tätig sind, wie etwa die Amateurfunker.

Vehemente Gegner der Powerline-Technik sind die Amateurfunker, da sie in dieser neuen Technik ein erhebliches Störpotential sehen.

Siehe: www.nein-zu-powerline.de

Vor- und Nachteile: PLC

- + gute Performance
- + Permanent online
- + Netz überall verfügbar
- noch im Entwicklungsstadium
- keine installierte Basis
- eventuell Probleme in vermaschten Netzen



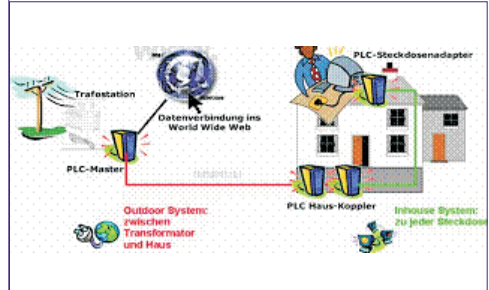
Leistungsmerkmale

Netto Datenraten	
Feldtestgeräte	bis 2 MBit/s
Seriengeräte	bis 10 MBit/s
Distanzen	
Outdoor (ohne Repeater)	bis 300 m
Indoor	bis 100 m

Technik

Die Netzstruktur ab dem letzten Trafo ist bei einer 400 V-Verteilung als Baum ausgelegt und versorgt durchschnittlich 150 – 200 Haushalte.

Um Powerline nutzen zu können, benötigt man außer Telefon, PC und Steckdose noch einen Adapter und eine Netzwerkkarte. Diese bilden die Schnittstelle zum Niederspannungs-Stromnetz, über das die Sprach- und Datensignale zur nächsten Trafostation übertragen werden. Das PLC-System ist modular aufgebaut. Für den Outdoorbereich wird das Signal in der Trafostation in das Niederspannungsnetz eingespeist. Die Anbindung zum Telekommunikationsnetz erfolgt über Lichtwellenleiter. Im Bereich des Zählers wird der PLC-Haus-Koppler installiert, dieser stellt die Verbindung zum Inddoorsystem her und sendet das Signal verstärkt mit einer anderen Frequenz in den Hausbereich. Beim Kunden kommt ein PLC-Steckdosenadapter zum Einsatz, die Anbindung des PCs erfolgt über eine Ethernet-Schnittstelle. Das Inddoorsystem kann auch abgekoppelt betrieben werden, um beispielsweise PC und Drucker zu vernetzen.



Quelle: www.powerline.at (EVN AG)

Das Stromnetz ist das Netz mit der größten Anzahl von Störungen. Große Probleme bei Powerline ergeben sich durch die diversen Störungen im Amplitudenspektrum durch die verschiedensten Geräte welche am Stromnetz angeschlossen sind bzw. durch die Umwelt entstehen.

Derzeit arbeiten verschiedene Firmen an der Bewältigung der diversen Probleme, welche bei PLC auftreten.

<http://www.siemens.de/plc>

PLC in Österreich

Nach erfolgreichen Feldversuchen mehrerer Betreiber (TIWAG, EVN, UTA) wird die EVN PLC-Zugänge für einen begrenzten Teilnehmerkreis ab Herbst 2001 anbieten.