



Digitaler Breitbandanschluss ADSL-Technik

Mit Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) wird die in Deutschland zur Zeit häufigste Anschluss-technik für digitale Breitbandanschlüsse für Teilnehmer (Endkunden) ins Internet [1] bezeichnet. Seine Übertragungstechniken sowie der prinzipielle Aufbau des Splitters sind Gegenstand der Betrachtungen. Einen weiteren Schwerpunkt bilden die Ausführungen zu ADSL und dem ISDN-Basisanschluss [2] auf einer Anschlussleitung.

ADSL

Asymmetric Digital Subscriber Line wird mit ADSL abgekürzt. Dabei steht A für Asymmetric. Gemeint ist damit eine unsymmetrische Übertragung, die sich auf die Datenübertragungsraten bezieht. Bei ADSL wird unterschieden zwischen der Datenrichtung vom

- Netzbetreiber zum Kunden (Downstream) und vom
- Kunden zum Netzbetreiber bzw. Internet (Upstream).

Das Standardangebot liefert dabei eine Downstream-Geschwindigkeit von 768 kbit/s und eine Upstream-Geschwindigkeit von 256 kbit/s.

Inzwischen werden von vielen Netzbetreibern bereits deutlich höhere Übertragungsraten angeboten (Downstream: 1,5 Mbit/s, 2 Mbit/s). Dabei gilt jedoch immer die Einschränkung, dass die Leitungslänge für die Übertragung bestimmte Längen nicht überschreiten darf. Oft sind vorher Messungen nötig, um die Bitraten zu realisieren. Das Standardangebot geht davon aus, dass 98 % der Teilnehmer über eine Leitungslänge von weniger als 4 km angeschlossen ist.

Die Übertragung des ADSL-Signals erfolgt über die Zweidraht-Leitung, auf der gleichzeitig ein analoger Tk-Anschluss oder ISDN geführt wird.

Übertragungstechnik

Wie bei den Tk-Anschlüssen gibt es für ADSL ebenfalls ein Referenzmodell. Im ADSL-Referenzmodell (Bild 1) verbergen sich hinter den Abkürzungen die folgenden englischen Begriffe:

- ADSL** Asymmetric-Digital-Subscriber-Line,
- ATU-R** ADSL-Transmission-Unit – Remote,
- ATU-C** ADSL-Transmission-Unit – Central Office.

Auf der Teilnehmerseite eines Anschlusses befindet sich die ATU-R, die auch als ADSL-Modem bezeichnet wird, und die Übertragungseinheit, der Splitter.

In der Vermittlungsstelle sind neben dem Vermittlungsabschluss für ADSL-Kunden die ATU-C eingerichtet, die als Zentrale der Übertragungseinheit arbeitet.

Die ATU-C sendet das Downstream Signal. Dieses wird mit einem Splitter mit dem Telefonsignal kombiniert und auf die Anschlussleitung gegeben. Beim Teilnehmer trennt ein zweiter Splitter die Signale und führt sie der ATU-R bzw. den Tk-Einrichtungen zu. Das Upstream-Signal wird entsprechend von der

ATU-R gesendet und von der ATU-C empfangen (Bild 1).

Frequenzgetrenntlage

Das Frequenzgetrenntlageverfahren bildet die Signale des Tk-Anschlusses (Analog oder ISDN) und des ADSL-Signals auf einer Leitung ab (Bild 2). Dabei liegt das Frequenzspektrum des Datensignals oberhalb des Spektrums für den Telekommunikationsanschluss. Dieses wird auch Data-over-Voice genannt. Dadurch wird es möglich, die beiden verschiedenen Signale unabhängig voneinander auf einer Leitung zu übertragen.

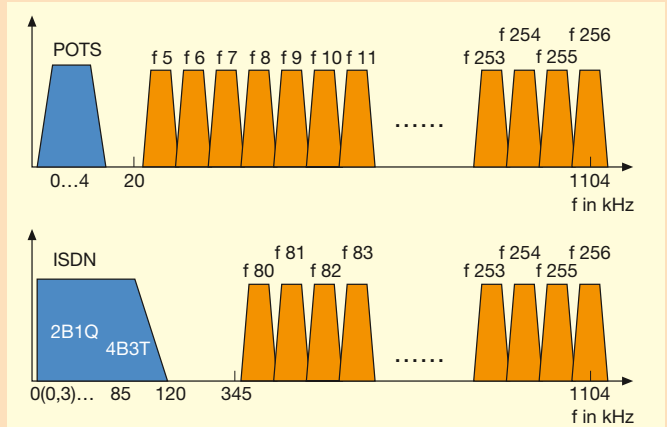
Discrete Multitone Modulation (DMT)

Die Übertragung des ADSL-Signals erfolgt nach dem Discrete-Multitone-Verfahren (DMT-Verfahren) als Leitungscode. Es hat besondere Vorteile in der Kompensation von Störsignalen durch Neben-

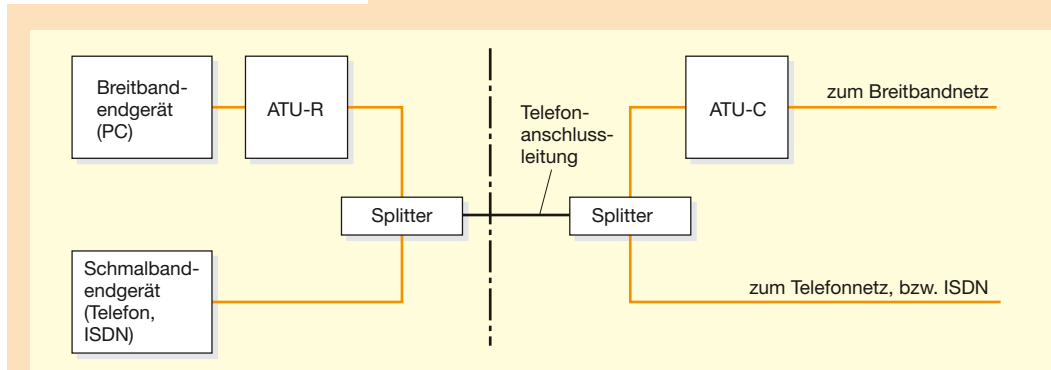
sprechen von benachbarten Leitungen. Bei dem DMT-Modulationsverfahren wird der verfügbare Übertragungsbereich in mehrere Unterkanäle (Töne) aufgeteilt. Jeder dieser Unterkanäle enthält ein eigenes QAM-moduliertes Signal mit eigener Trägerfrequenz von 20 kHz bis zu 1,04 MHz. Die Trägerfrequenzen haben dabei einen Abstand von 4,3125 kHz untereinander, was in etwa auch der Bandbreite eines DSL-Kanals entspricht. Der untere Frequenzbereich bleibt bis 20 kHz für analoge Telefonanschlüsse reserviert und kann nicht gleichzeitig von ADSL verwendet werden. Für ISDN ist für diese Schutzzone der Bereich bis 80 kHz bzw. 120 kHz reserviert.

Mit der QAM-Modulation kann jeder Kanal 32 kbit/s übertragen. Die Bitraten sind bei ADSL also in Stufen von 32 kbit/s einstellbar, d. h. alle ganzzahligen Vielfachen von 32 kbit/s sind realisierbar.

2 Data-over-Voice



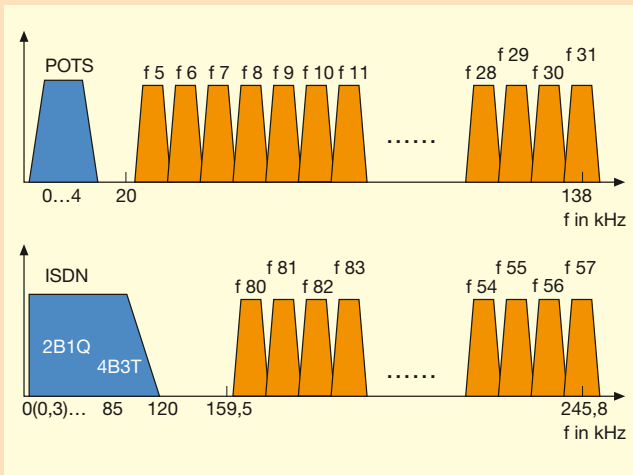
3 Frequenzspektrum für POTS und ISDN Downstream



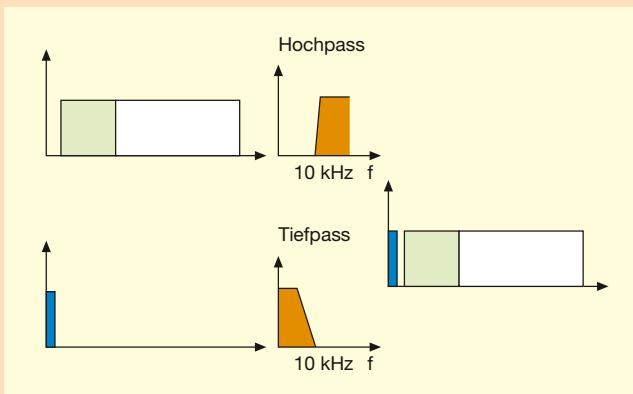
1 ADSL-Referenzmodell

Autor

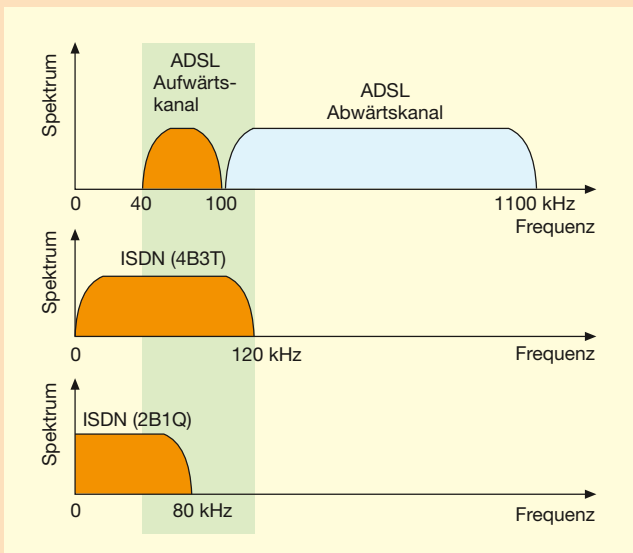
Dipl.-Ing. Rainer Holtz leitet die Abteilung Informationstechnik am Bundestechnologiezentrum für Elektro- und Informationstechnik e. V. (bfe) in Oldenburg.



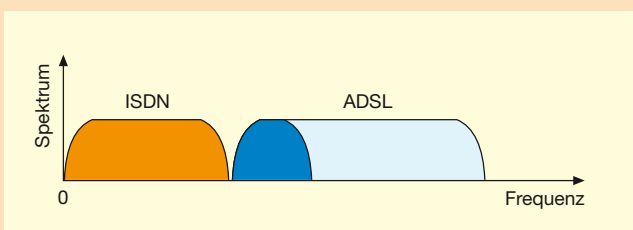
4 Frequenzspektren für POTS und ISDN Upstream



5 Funktion eines POTS-Splitters



6 Überlappung der Frequenzbereiche von ISDN und ADSL



7 Spektrum von ISDN mit ISDN kompatiblen ADSL

Tafel 1 ADSL-Normen

(Quelle: Wikipedia)

Norm	Name	Empfangsrate	Senderate
ANSI T1.413 Issue 2	ADSL	6 Mbit/s	0,6 Mbit/s
ITU-T G.992.1	G.dmt	6 Mbit/s	0,6 Mbit/s
ITU-T G.992.2	G.lite	1,5 Mbit/s	0,5 Mbit/s
ITU-T G.992.3/4	ADSL2	12 Mbit/s	1,0 Mbit/s
ITU-T G.992.3/4 Annex J	ADSL2	12 Mbit/s	3,5 Mbit/s
ITU-T G.992.5	ADSL2+	24 Mbit/s	1,0 Mbit/s
ITU-T G.992.5 Annex L	ADSL2+	24 Mbit/s	3,5 Mbit/s

Down- und Upstream

Aus der QAM-Modulation lässt sich folgendes ableiten:

Downstream: 768 kbit/s ergeben sich, wenn 24 der beschriebenen Kanäle 32 kbit/s übertragen.

Upstream: 256 kbit/s ergeben sich, wenn 8 ADSL-Kanäle 32 kbit/s übertragen.

Theoretisch können im ADSL 251 Kanäle genutzt werden. Daraus würde sich eine Übertragungsrate von $251 \times 32 \text{ kbit/s} = 8032 \text{ kbit/s}$ ergeben. Dazu müsste die Leitungslänge jedoch fast unendlich kurz sein. In der Realität werden durch diverse Faktoren die einzelnen Kanäle unterschiedlich stark gestört. Daher gilt, je weniger Kanäle benötigt werden, desto sicherer kann die Datenrate gewährleistet werden. Technisch bedingt verschlechtern sich die Übertragungseigenschaften mit steigender Frequenz ohnehin.

ADSL entspricht (bildlich) einer Anordnung von 251 Modems, die mit steigender Frequenz ihr Datensignale nebeneinander auf eine Leitung bringen. ADSL wird tatsächlich analog übertragen. In den Bildern 3 und 4 sind die unterschiedlichen Frequenzspektren dargestellt. Bild 3 zeigt die Frequenzspektren für POTS und ISDN beim Downstream. Im Bild 4 sind sie beim Upstream zu sehen.

Prinzipieller Aufbau des Splitters

Der Splitter des ADSL-Systems dient zur Trennung von Schmalband- und ADSL-Signal. Er besteht aus einer Kombination aus Tief- und Hochpaß (Bild 5). Das vom ADSL-System gesendete Signal liegt oberhalb von 20 kHz und gelangt somit ungestört durch den Hochpaß auf die Anschlussleitung.

Das analoge Telefonsignal wird entsprechend ungestört durch den Tiefpaß übertragen. In umgekehrter Richtung entfaltet der Splitter dann seine eigentliche Wirkung. Das Signal auf der Anschlussleitung liegt sowohl an dem Hochpaß als auch an dem Tiefpaß an. Der Hochpaß lässt nur das höherfrequente ADSL-Signal zum ADSL-Empfänger gelangen, der Tiefpaß hingegen leitet das analoge

Telefonsignal zum analogen Telefon.

Der Splitter wird in passiver Realisierung gewählt, damit hier kein zusätzlicher Stromverbrauch nötig wird. Der hier beschriebene Splitter ist aufgrund seiner niedrigen Grenzfrequenzen jedoch nicht für den Einsatz in Deutschland geeignet. Ein spezielles Problem stellt der 16-kHz-Gebührenimpuls dar, der von dem gezeigten Splitter unterdrückt werden würde. Auch das Signal des ISDN-Basisanschlusses benötigt einen breiteren Durchlassbereich.

ADSL und ISDN auf einer Leitung

Ein ADSL-System gemäß dem bestehenden ANSI-Standard kann nicht zusammen mit einem ISDN-Basisanschluss auf derselben Anschlussleitung betrieben werden. Es wird ein Frequenzbereich von beiden Systemen benötigt (Bild 6). Für die Übertragung eines analogen Telefonsignals (POTS) werden von ADSL 20 kHz im Basisband freigelassen. ISDN benötigt jedoch einen größeren Bereich im Basisband. Der Grund dafür sind unterschiedliche Leitungscodes für das U_{ko} -Signal in Europa. In Deutschland wird das 4B3T-System [2] eingesetzt, welches eine Bandbreite von 120 kHz benötigt. Der Euro-ISDN-Standard empfiehlt für die U_{ko} -Übertragung das 2B1Q-Signal, welches mit der geringeren Bandbreite von 80 kHz auskommt.

Bei ETSI wurde eine Spezifikation für ein ISDN-kompatibles ADSL-System erarbeitet, die vorsieht, den ADSL-Aufwärtskanal im Frequenzbereich von 138 kHz bis 276 kHz zuzuordnen (Bild 7). Diese Spezifikation wird in die ITU-Empfehlung G.992.2 (Tafel 1) und wahrscheinlich später auch in die dritte Version des ANSI-ADSL-Standards aufgenommen.

Literatur

- [1] Holtz, R.: Komponenten und Adressierung in Datennetzen. Elektropraktiker Berlin 59(2005)11, S. 883 bis 885.
- [2] Holtz, R.: ISDN-Technik. Elektropraktiker Berlin 59(2005)12, S. 970 bis 973.