



### 7.1.3 Überblick DSL-Technologien

Grundsätzlich erhöht sich die Leitungsdämpfung mit steigender Entfernung zur Vermittlungsstelle, was die verfügbaren Datenraten und die Abdeckung mit DSL geographisch begrenzt.

#### ADSL

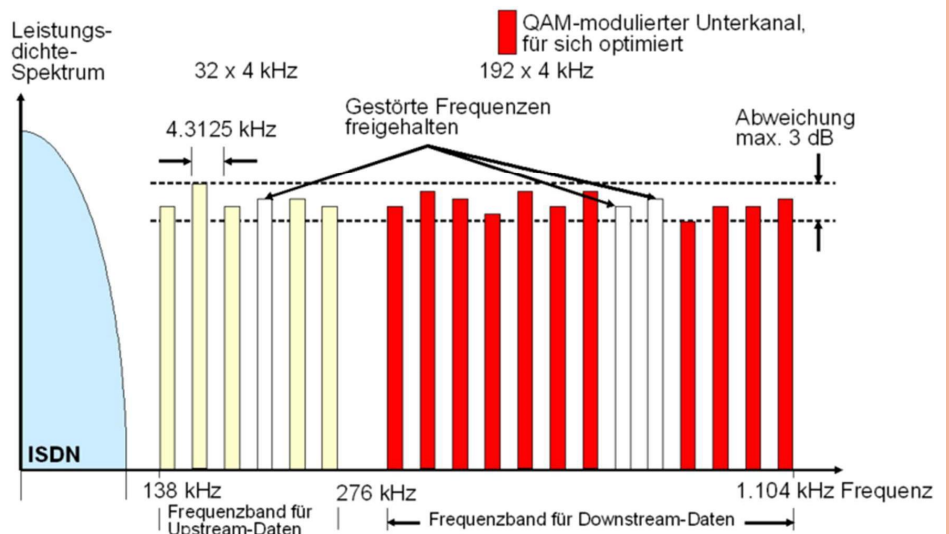
ADSL ist ein asymmetrisches Datenübertragungsverfahren für Kupferdoppeladern. Im Vergleich zu herkömmlichen Modemtechnologien gibt es deutliche Unterschiede: Die von einem herkömmlichen Modem ausgesandten Signale müssen das gesamte Telekommunikationsnetzwerk eines Anbieters - inklusive Digitalisierung 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 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 Leitungscode stehen zur Auswahl:

- Quadraturamplitudenmodulation (QAM)
- Carrierless Amplituden/Phasenmodulation (CAP), eng verwandt mit QAM
- 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.

| Bezeichnung                                   | ADSL                  | ADSL2+                 | VDSL2          | G.fast               |
|---|-----------------------|------------------------|----------------|----------------------|
| Bitrate in Senderichtung (Nutzer zum Netz)    | 0,6 – 1 Mbit/s        | 1 Mbit/s               | 100 Mbit/s     | 520 Mbit/s           |
| Bitrate in Empfangsrichtung (Netz zum Nutzer) | 8 – 10 Mbit/s         | 24 Mbit/s              | 100 Mbit/s     | 520 Mbit/s           |
| überbrückbare Leitungslänge                   | 2,7 bis 5,5 km        | 2 bis 3 km             | 0,3 bis 1,5 km | bis 250 m            |
| benötigte Adernpaare                          | 1                     | 1                      | 1              | 1                    |
| Verfügbarkeit                                 | seit Mitte 90er Jahre | seit Anfang 90er Jahre | ab 2015        | ab 2016              |
| benutzte Bandbreite                           | bis ca. 1MHz          | ca. 240 kHz            | bis ca. 30 MHz | 106 MHz bzw. 212 MHz |



Quelle: Wikipedia

Harald Helcher - WB Erlangen

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.

Der DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*, deutsch etwa „DSL-Vermittlungsstelle“) ist das Gegenstück zum Modem. Der DSLAM legt in der Trainingsphase (Synchronisationsphase) mit dem Modem fest, welche Frequenzen für die DSL-Übertragung genutzt werden können. Da es in einem Kabel durch unterschiedliche Anschlüsse zu Beeinflussungen kommt, können unter Umständen nicht alle Frequenzen genutzt werden. In der Trainingsphase werden alle Frequenzen (bei ADSL nach ITU-T G.992.1 Annex B geht das Frequenzspektrum von 138 kHz bis 1100 kHz) getestet und die Frequenzen, bei denen fehlerhafte Pakete ankommen oder die gar nicht ankommen, als nicht benutzbar „markiert“. Diese Trainingsphase ist wichtig, um einen qualitativen DSL-Anschluss zu gewährleisten, der frei von Synchronisationsverlusten und Abbrüchen ist. Im DSLAM ist weiterhin ein Profil hinterlegt, in dem gespeichert wird,