



# Netzwerke und Internettechnologien 2





# Weitverkehrsnetze und DSL (Digital Subscriber Line)

Netzwerke und Internettechnologien 2



# Lernziele



1

Weitverkehrsnetze



2

Digital Subscriber Line  
(DSL)



# Weitverkehrsnetze

## Netzwerke

- bilden die Infrastrukturgrundlage für die Übertragung beliebiger Informationen. Die modernen Telekommunikationsnetze sind heute fast alle digitalisiert. Die Informationen werden als digitale Daten übertragen.
- Vermittlungsarten:
  - **Leitungsvermittelt** - Für die Dauer der Verbindung wird eine Leitung fest durchgeschaltet.
  - **Paketvermittelt** - Übertragen von Daten in genormten Paketen. Größere Datenmengen werden in einzelne Pakete aufgeteilt.

# Weitverkehrsnetze

## *Analoganschluss*

### Analoge Übertragung

- Die klassische Übertragung in Festnetzen erfolgt durch analoge Signale. Solche Netze und ihre Dienste werden auch als „Plain Old Telephone Service“ (POTS) bezeichnet.
  - Analoge Telefonnetze finden praktisch nur noch Verwendung beim Anschluss einzelner Geräte an die Ortsvermittlungsstelle und beim Betrieb in Nebenstellenanlagen.
  - Betrieben werden analoge Netze auf zweiadrigen Kupferleitungen. Das genutzte Frequenzband umfasst den Bereich von 300 Hz bis 3,4 kHz.
- Reine Analoganschlüsse gibt es in Deutschland schon seit Ende der 1990er Jahre nicht mehr. Nach der vollständigen Umstellung auf digitale Vermittlungstechnik werden auch klassische Telefonate digital übertragen.

# Weitverkehrsnetze

## Analoganschluss

### Telekommunikations- Anschluss-Einheit (TAE)

- Diese ist über eine zweiadrige Leitung angeschlossen. Die erste TAE-Dose wird auch NTA (Network Termination Analog) genannt.
  - Anders als die anderen TAE-Dosen enthält diese Einheit einen passiven Prüfabschluss in Form einer Reihenschaltung aus einem Widerstand und einer Diode.
  - Das F steht für Fernsprechen und ist für Telefone vorgesehen.
  - Die Kodierung N steht für nicht Fernsprechen und damit für alle Endgeräte außer Telefonen.

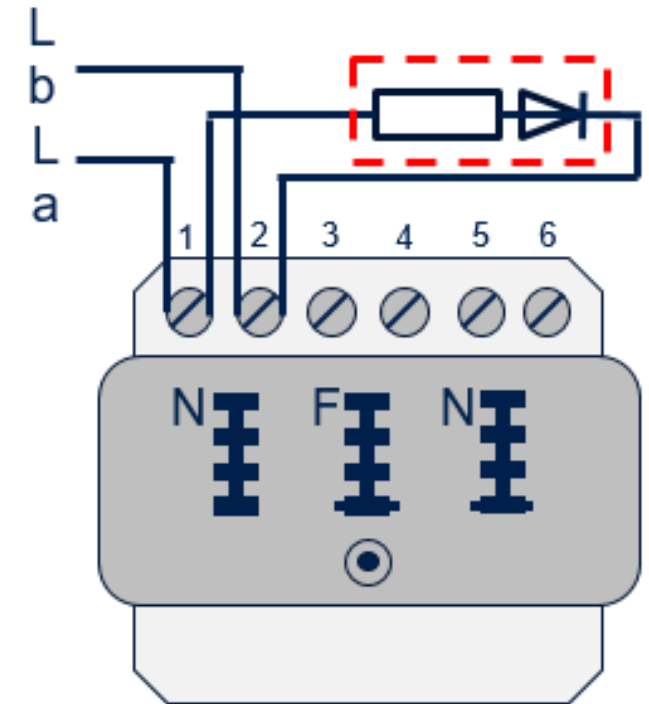


Abbildung 1: TAE (eigene Darstellung)

# Weitverkehrsnetze

## *ISDN - Integrated Services Digital Network*

- Ist ein digitales Telekommunikationsnetz und wurde Im Jahr 1989 durch die damalige Deutsche Bundespost in Deutschland eingeführt. Das gesamte Telefonnetz wurde bis 1997 auf die digitale Technik umgestellt.
- Die Telekommunikationsdienste Sprache, Daten, Text und Bilder werden zusammengefasst und über eine Anschlussleitung digitalisiert übertragen. Verschiedenartige Endgeräte können den gleichen ISDN-Anschluss parallel nutzen.
- Die Telekom hat 2020 die letzten ISDN-Anschlüsse abgeschaltet. Spätestens 2022 soll es auch bei den anderen Anbietern keine ISDN-Anschlüsse mehr geben.

# DSL (Digital Subscriber Line)





# DSL-Technologien

## *DSL (Digital Subscriber Line) und ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)*

- Bei diesen Technologien handelt es sich um ein Übertragungsverfahren für einen Breitband-Internet-Anschluss über eine normale Telefonleitung.
- Dabei werden aber deutlich höhere Übertragungsgeschwindigkeiten als durch die vorherigen Techniken ermöglicht.
- Ein großer Vorteil bei der Einführung war, dass das normale Telefon-/ISDN-Signal weiter auf derselben Leitung übertragen wird, man also gleichzeitig telefonieren konnte.

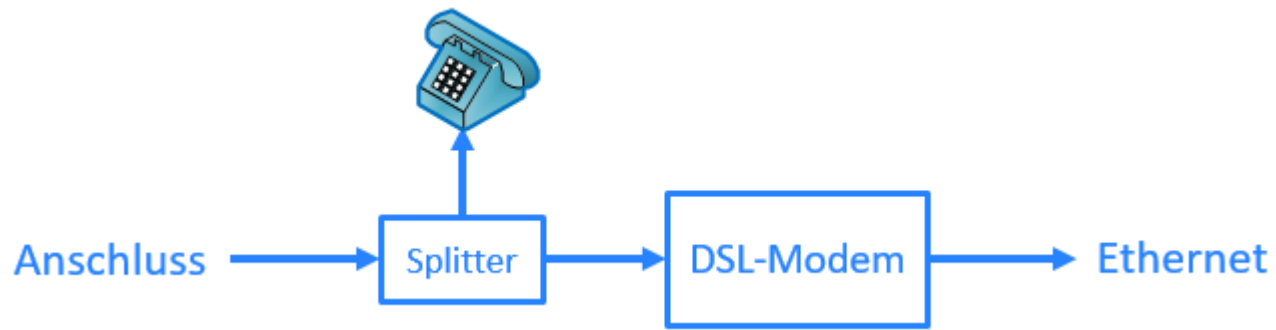


Abbildung 2: DSL (eigene Darstellung)

# DSL-Technologien

## *SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line)*

- SDSL wurde entwickelt, um die gleiche Übertragungsgeschwindigkeit von HDSL auf nur einer Doppelader zu ermöglichen. Das ursprüngliche SDSL war eine Weiterentwicklung von HDSL(High Data Rate Digital Subscriber Line).
- Heute steht die Bezeichnung SDSL für eine ganze Familie von symmetrischen Übertragungstechniken. Dazu zählen vor allem die Standards SHDSL, G.SHDSL und ESHDSL. Alle werden unter dem Begriff SDSL geführt. Ihnen liegt eine symmetrische Übertragungstechnik zu Grunde.

# DSL-Technologien

## *ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)*

- Um die Ansprüche nach mehr Bandbreite für Datendienste zu erfüllen, wurde zwischen 1991 und 1995 die ADSL-Technik entwickelt.
- Asymmetrisch bedeutet hier, dass Up- und Download verschiedene Geschwindigkeiten haben.
- Da Down- und Upstream gemeinsam über eine Kupfer-Doppelader übertragen werden kommt es zu einer gegenseitigen Beeinflussung. Mit dem Absenken der Upload-Geschwindigkeit wird versucht, dieses Problem zu mindern.
- Die Download-Geschwindigkeit liegt in der Regel zwischen 768 KBit/s bis ca. 8 MBit/s, je nach Verfahren, Entfernung und Leitungsgüte.

# DSL-Technologien

## ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

- Bei einer ADSL-Verbindung handelt es sich im Prinzip um zwei Modems an einer herkömmlichen Telefonleitung (Kupferdoppelader).
- Das ADSL-Modem wird im einfachsten Fall über eine Netzwerkkarte oder USB-Schnittstelle an einen Computer angeschlossen. Das Anwählen, wie bei einer Telefonverbindung, entfällt. Stattdessen ist der Computer über den DSL-Anschluss mit dem Internet fest verbunden.

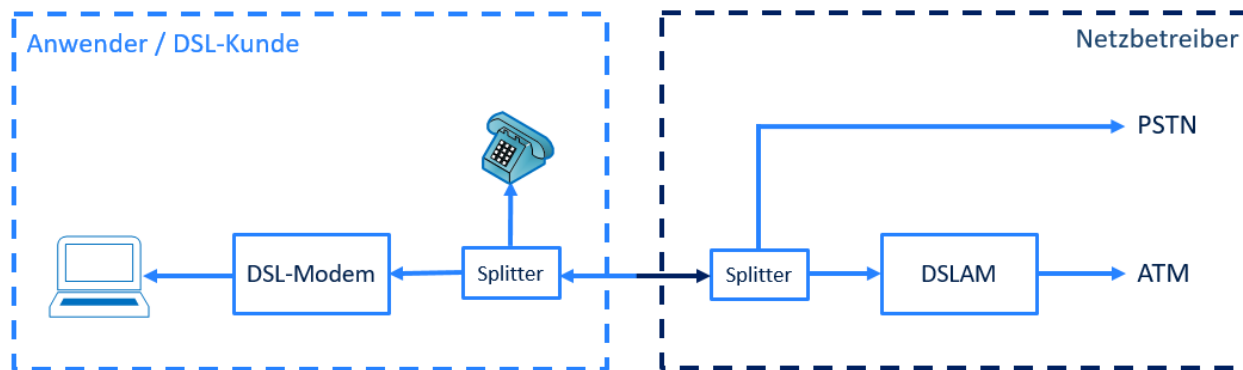


Abbildung 3: ADSL (eigene Darstellung)

# DSL-Technologien

## *ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)*

### Weiterentwicklungen ADSL2, ADSL2+, VDSL und VDSL2

- Im Laufe der Zeit wurde die ADSL-Technik immer wieder erweitert und verbessert, so dass die Reichweite und die Übertragungsrate immer wieder gesteigert werden konnte.
- Trotzdem ist eine vollständige Netzabdeckung in Deutschland bis heute praktisch nicht möglich.
- Das zentrale Problem von ADSL ist die begrenzte Reichweite.

# DSL-Technologien

## *ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)*

- ADSL beruht auf einem asymmetrischen Übertragungsverfahren, der Übertragungsweg vom Netzbetreiber zum Kunden (Downlink) und der Übertragungsweg vom Kunden zum Netzbetreiber (Uplink) weisen unterschiedliche Bandbreiten auf.
- Werden viele symmetrische Signale (z.B. bei SDSL) gleichzeitig über mehrere parallel liegende Leitungen übertragen, so wird durch Signalkopplung die Übertragungsgeschwindigkeit und die Signalreichweite deutlich begrenzt.

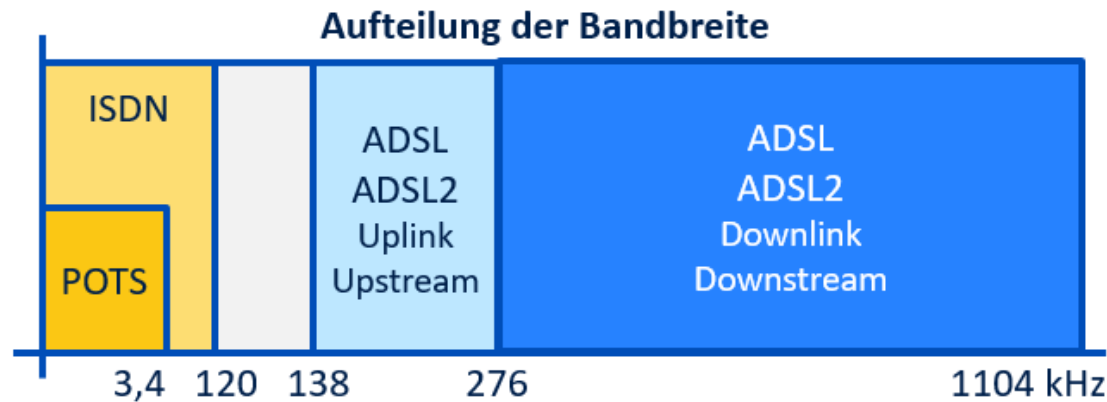


Abbildung 4: Frequenzen (eigene Darstellung)

# DSL-Technologien

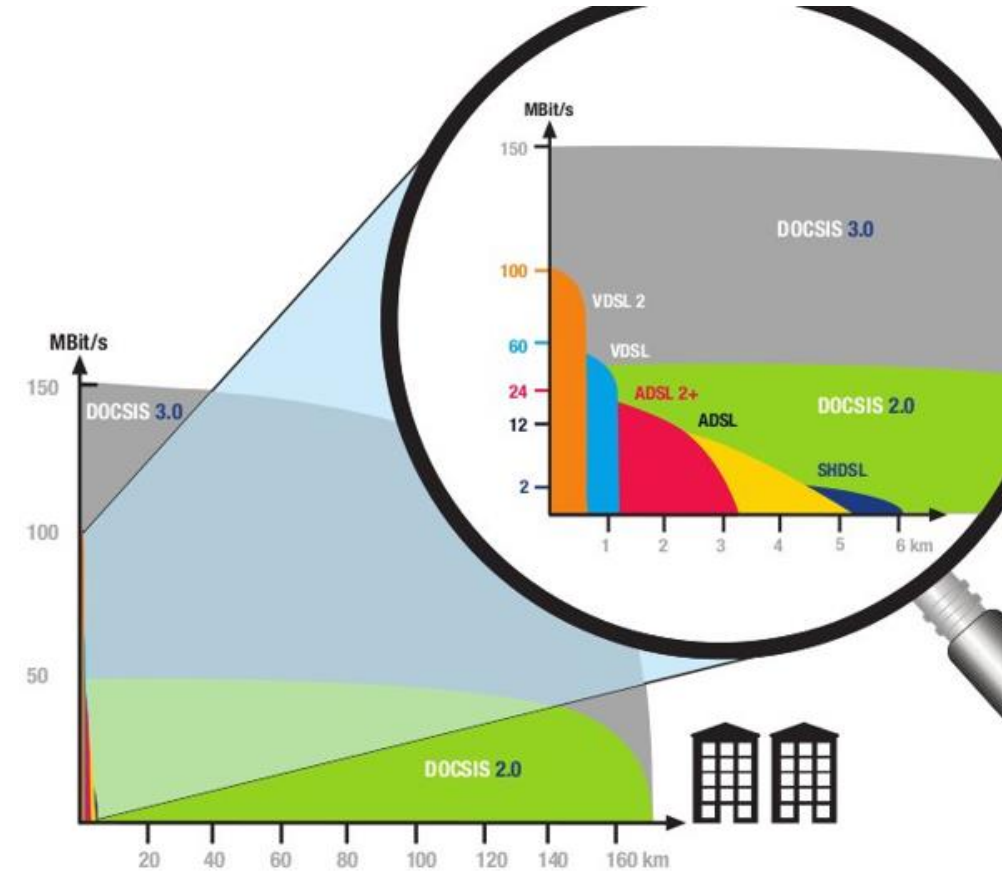
## *ADSL2 (Asymmetric Digital Subscriber Line 2)*

- ADSL2 ist eine Erweiterung von ADSL, die viele Probleme von ADSL in der Praxis löste, wie:
  - hoher Anteil an Daten für die Verbindungsverwaltung
  - gestörte Frequenzbereiche können nicht genutzt werden
  - gegenseitige Störungen durch Übersprechen
- Kam in Deutschland so gut wie nicht zum Einsatz. Stattdessen ist man gleich zu **ADSL2+** übergegangen.

# DSL-Technologien

## ADSL2+ (Extended bandwidth Asymmetric Digital Subscriber Line 2)

- Es ist vollständig abwärtskompatibel zu ADSL und ADSL2 und kann somit parallel im selben Leitungsbündel betrieben werden.
- Weiterentwicklung sind:
  - Steigerung der Übertragungsrate, der Reichweite und der Reduzierung der gegenseitigen Störungen innerhalb des Leitungsnetzes.
  - Robustere Übertragungsverfahren und gleicht Störungen besser aus, in dem es gestörte Trägerfrequenzen dynamisch ausblendet.



### Abbildung 5: Reichweiten (unitymedia)



# DSL-Technologien

## *VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line)*

- VDSL ist eine asymmetrische Übertragungstechnik, um im Festnetz einen breitbandigen Internet-Zugang mit hohen Übertragungsraten zu erreichen. In Deutschland wird ein VDSL-Zugang mit Übertragungsraten von 50 bis 100 MBit/s im Downlink (asymmetrisch) angestrebt.
- VDSL basiert auf ADSL, ADSL2 und ADSL2+, was man allgemein als DSL bezeichnet. Allerdings wird die Geschwindigkeit von VDSL nur auf einer kurzen Distanz und nur in einem Hybridnetz erreicht.
- Der Leitungsweg besteht aus einer Kombination aus Glasfaser- und Kupferkabel.

# DSL-Technologien

## *VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line)*

- Wird VDSL in einem Telefonnetz eingesetzt, dann ist die Voraussetzung ein Hybrid-Netz, bestehend aus Glasfaser- und Kupferleitungen. Die Glasfaserleitungen müssen möglichst nahe an den Teilnehmeranschluss herangeführt werden, um auf den letzten hundert Metern über die Kupferleitung eine sehr hohe Übertragungsrate zu erreichen.
- **Netzarchitektur**



Abbildung 6: Vectoring (eigene Darstellung)

# DSL-Technologien

## *VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line)*

- Man unterscheidet prinzipiell zwischen zwei verschiedenen VDSL-Standards.
- Die wurden von der ITU (Internationale Fernmeldeunion) festgelegt.

ITU Standard	VDSL1 ITU-T G.993.1	VDSL2 ITU-T G.993.2
Spektrale Bandbreite	12 MHz	30 MHz
Reichweite	bis 1 km	bis 4 km
Echokompensation	nein	ja
ADSL-Kompatibilität	nein	ja
Downstream-Sendeleistung	14,5 dBm	Max. 20 dBm
Quality of Service	nein	ja
Diagnostik-Modus	nein	ja

# DSL-Technologien

## VDSL - Übertragungsraten und Reichweiten

VDSL1 (ITU-T G.993.2) erreicht eine maximale Übertragungsgeschwindigkeit von 52 MBit/s im Downlink und 11 MBit/s im Uplink.

VDSL2 (ITU-T G.993.2) wird mit Übertragungsraten von 50, 100 und 250 MBit/s im Downlink (asymmetrisch) angeboten.

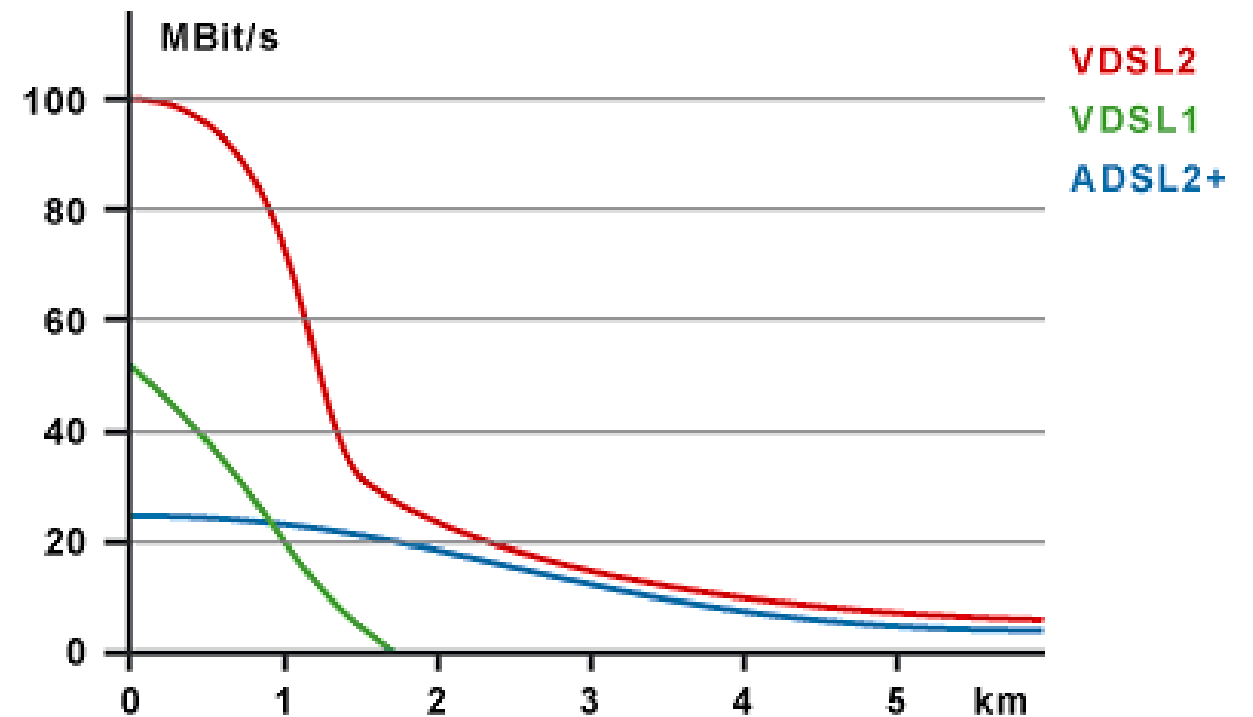


Abbildung 7: Übertragungsgeschwindigkeit (Elektronic Kompendium)

# DSL-Technologien

## *VDSL-Vectoring / ITU-T G.993.5*

- Bei VDSL-Vectoring handelt es sich um eine Erweiterung von VDSL, um auf der Teilnehmeranschlussleitung (TAL) eine höhere Datenübertragungs-geschwindigkeit zu erreichen.
- Mit VDSL-Vectoring verdoppelt ein Netzbetreiber die Übertragungsgeschwindigkeit der VDSL-Anschlüsse beispielsweise von 50 auf 100 MBit/s. Das geschieht u.a. durch eine verbesserte Fehlerkorrektur.

# DSL-Technologien

## *G.fast / ITU-T G.9700 und G.9701*

- G.fast ist eine DSL-Variante, die 1,1 GBit/s auf einer ca. 70 Meter langen Kupferdoppelader verspricht.
- Unter guten Bedingungen erreicht G.fast nicht mehr als 500 MBit/s und zwar jeweils in Sende- und Empfangsrichtung, für Bruttodatenraten-Angaben werden die Down- und Uplinkraten addiert. Diese Datenrate gilt aber nur für Leitungen bis 100 Meter Länge. Danach nimmt die Datenrate deutlich ab.
- In der Praxis muß Vectoring für eine effiziente Nutzung verwendet werden.

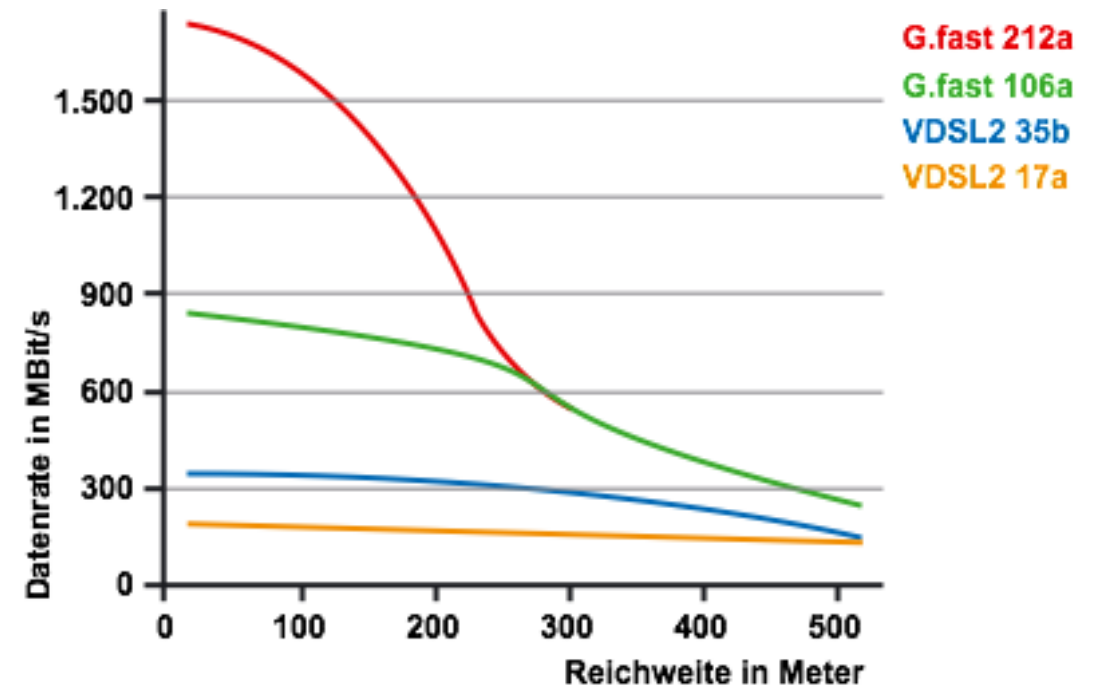


Abbildung 8: G.fast (Elektronik Kompendium)

# DSL-Technologien

## *IP-Anschluss mit VoIP*

- Die meisten neu geschalteten DSL-Anschlüsse sind reine Datenleitungen ohne Telefon bzw. ISDN. Damit der Kunde trotzdem telefonieren kann benötigt er Geräte, die in der Lage sind, Sprachverbindungen über das Internet zu realisieren. Diese Technik nennt sich VoIP (Voice over IP).
- Die Sprachqualität dieser IP-Telefonie ist mit Analog- oder ISDN-Anschlüssen vergleichbar bzw. qualitativ besser.

# DSL-Technologien

## *Probleme bei der Versorgung*

- Die große Verbreitung von DSL hat dazu geführt, dass in den Telefonkabeln von den Vermittlungsstellen zu den Kunden immer mehr DSL-Anschlüsse geschaltet sind.
- Das Problem dabei, je mehr DSL-Anschlüsse in einem Kabelstrang geschaltet sind, desto mehr stören sich die DSL-Signale gegenseitig.
- Damit es nicht zu Ausfällen von DSL-Anschlüssen in Folge zu hoher Sendeleistungen kommt, gibt es eine fest definierte Grenze.
- Die maximale Sendeleistung ist abhängig von der Frequenz und wird so ausgelegt, dass noch im schlechtesten Fall eine Datenübertragung möglich ist.

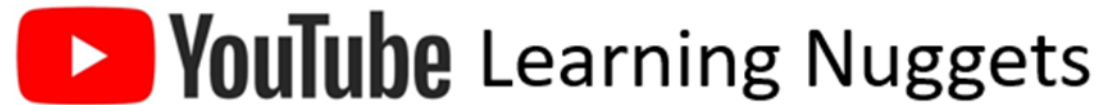


# DSL-Technologien

## *Probleme bei der Versorgung*

- Liegen zwei DSL-führende Leitungen direkt nebeneinander, dann stören sie sich gegenseitig. Deshalb verteilt z.B. die Deutsche Telekom in ihrem Netz die DSL-Leitungen möglichst gleichmäßig in ihren Hauptkabeln, um Störungen zu minimieren.
  - Je weiter die DSL-führenden Leitungen innerhalb des Kabels räumlich voneinander entfernt sind, desto weniger stören sie sich gegenseitig.
  - Um genug Abstand zwischen den DSL-führenden Leitungen zu bekommen, werden nicht alle Doppeladern eines Kabelstrangs mit DSL-Anschlüssen beschaltet.
  - In der Praxis gibt es den Richtwert, dass nicht mehr als 50% der Doppeladern eines Kabelstrangs mit DSL-Anschlüssen beschaltet werden dürfen. Deshalb kommt es teilweise auch in Gebieten, die mit DSL versorgt sind zu Problemen bei der DSL-Auftragsausführung.

# DSL-Technologien



Wie funktioniert DSL ? Teil 1: Anfänge und Grundlagen

→ <https://www.youtube.com/watch?v=4CynDn6SI-k>

Wie funktioniert DSL ? Teil 2: Mit 100 MBit übern Telefondraht!

→ <https://www.youtube.com/watch?v=qCsDnEuHT6w>

# Quellen

## Buchquelle

Kersken, Sascha (2017): IT-Handbuch für Fachinformatiker. Der Ausbildungsbegleiter. 8. Auflage, revidierte Ausgabe. Bonn: Rheinwerk Verlag; Rheinwerk Computing.

Schreiner, Rüdiger (2014): Computernetzwerke. Von den Grundlagen zur Funktion und Anwendung. 5., erw. Aufl. München: Hanser.

## Abbildungen

5 „Docsis operating distance“ unitymedia (2021) Online verfügbar unter [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Docsis\\_operating\\_distance.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Docsis_operating_distance.jpg), als gemeinfrei gekennzeichnet

7 „Übertragungsgeschwindigkeit“ Elektronik-Kompodium (2021) Online verfügbar unter <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/1302131.htm>

8 „Übertragungsgeschwindigkeit“ Elektronik-Kompodium (2021) Online verfügbar unter <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/2005121.htm>

# VIELEN DANK!

