

# LANCOM™ Techpaper

## VDSL2-Technologie

### Einleitung

VDSL2, kurz für Very high speed Digital Subscriber Line 2, ist die modernste Stufe der DSL Technologie. Der Standard wurde 2006 von der International Telecommunication Union freigegeben. VDSL2 kann theoretisch bis zu 200 Mbit/s Übertragungsrate für Up- und Downstream zur Verfügung stellen, während ADSL2+ auf bis zu 24 Mbit/s Downstream und 3,5 Mbit/s Upstream beschränkt ist.

Wie auch schon ADSL, ADSL2 und ADSL2+ verwendet VDSL2 das DMT Verfahren (Discrete Multitone) zur Übertragung. Hierbei wird der Frequenzbereich in einzelne voneinander unabhängige DMT-Träger unterteilt. Dies bietet verschiedene Vorteile:

Zum einen erzeugen schmalbandige Signale im Übertragungsmedium nur eine sehr geringe Dispersion (Zerstreuung, die bei elektromagnetischen Signalen steigt, je größer die Wellenlänge ist). Die schmalbandigen Signale reduzieren somit den Aufwand zum Entzerren des Signals beim Empfänger, da die einzelnen Trägerkanäle aufgrund der geringeren Dispersion weniger stark von den benachbarten beeinflusst werden.

Zum anderen kann effektiver auf Störungen reagiert werden, da diese meist nicht auf der gesamten Bandbreite auftreten und so nur wenige Träger betreffen. Diese Träger können dann einfach mit weniger Daten beladen werden bis die Störung behoben ist.

Die stark verbesserte Leistung von VDSL2 basiert auf diversen Faktoren, die direkt und indirekt voneinander abhängen.

Zunächst wird die genutzte Frequenzbandbreite von 2,208 MHz (ADSL2+) auf bis zu 30 MHz bei VDSL2 erweitert.

Die Anzahl der einzelnen Träger ist bei VDSL2 sehr viel höher, da eine größere Bandbreite zur Verfügung

steht. Während bei ADSL2+ bis zu 512 Träger zur Verfügung stehen, nutzt VDSL2 bis zu 4.096 Träger. Dementsprechend kann VDSL2 viel mehr Informationen (Symbole) pro Sekunde transportieren als ADSL2+.

### Profile und Bandpläne

Da die enorme Menge an Parametern für VDSL2-Transceiver (Sender-/Empfängereinheit innerhalb von Modems oder DSLAMS) die Technik sowohl schlecht überschaubar als auch kostspielig macht, wurden verschiedene Profile festgelegt, die einen Teil der Parameter bestimmen. So haben Hersteller die Möglichkeit, standardkonforme Transceiver zu produzieren, die nicht zwingend alle Einstellungen von VDSL2 unterstützen müssen. Die acht definierten Profile unterscheiden sich unter anderem in Datenrate, Sendeleistung und Trägeranzahl.

### VDSL2-Profil (Auswahl)

Bezeichnung	8b	12b	17a	30a
Bandbreite (MHz)	8,83	12,0	17,66	30,0
Träger	4.048	2.783	4.096	3.479
Trägerbreite (KHz)	4,3125	4,3125	4,3125	8,625
Sendeleistung (dBm)	+20,5	+14,5	+14,5	+14,5
Bandbreite (Mbit/s bidirektional)	50	68	100	200

Das 12-MHz-Profil (12b) zum Beispiel nutzt 2.783 Träger mit einer effektiven Symbolrate von 4,3 kHz. Daraus ergibt sich die folgende Übertragungskapazität:

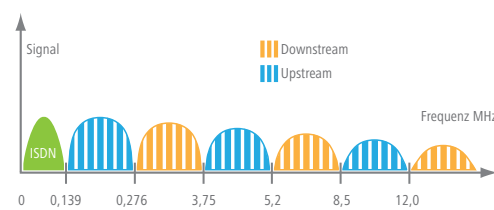
$$4.315,5 \text{ DMT-Symbole/s} * 2.783 \text{ Träger/DMT-Symbol} * 15 \text{ bit/Träger} = 180 \text{ Mbit/s}$$

Diese Bandbreite kann dann entsprechend auf Up- und Downstream aufgeteilt werden. Der Standard verlangt

# LANCOM™ Techpaper

## VDSL2-Technologie

für ein 12-MHz-System die Kapazität für eine Netto-Datenrate von 68 Mbit/s bidirektional. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass die eingesetzten Systeme in der Realität auch von anderen Faktoren beeinträchtigt werden, welche die Leistung weiter reduzieren. Je nach Infrastruktur müssen eventuell Frequenzbereiche für die Telefonie reserviert und für die VDSL2-Übertragung ausgeblendet werden bis 138 KHz für ISDN und bis 25 KHz für POTS (analoge Telefonvermittlung). Außerdem ist die Aufteilung des Frequenzbereiches für Up- beziehungsweise Downstream bei VDSL2 weniger stringent als bei ADSL, wo jeweils ein zusammenhängender Bereich fest definiert ist. Bei VDSL2 wird die verfügbare Bandbreite in mehrere Up- und Downstream-Bereiche aufgeteilt. Diese Aufteilung und auch die Reservierung für die Frequenzbereiche für ISDN oder POTS werden in Bandplänen abgebildet. Die Entscheidung, welcher Bandplan letztendlich zum Einsatz kommt, liegt beim Netzbetreiber. Die Bandpläne werden zusätzlich durch PSD-Masken (Power Spectral Density) ergänzt, in welchen die Sendeleistung für die einzelnen Träger festgelegt ist.

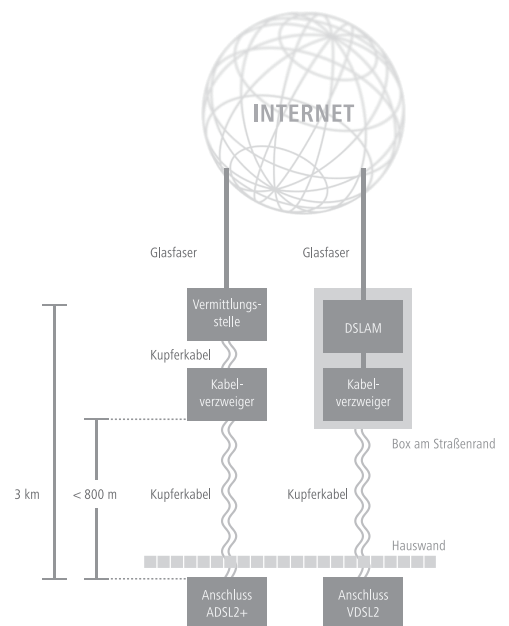


Frequenzaufteilung im Bandplan (Annex B: 998 B)

### VDSL2 Infrastruktur

Die erhöhte Bandbreite und damit auch die höheren Frequenzen, die bei VDSL2 genutzt werden, bringen neue Herausforderungen mit sich. Bei einer erhöhten Frequenz steigt z. B. die Dämpfung des Signals durch das Transportmedium. Sendewiederholungen und Fehlerkorrekturen sind die Folge, welche sich negativ auf den Datendurchsatz auswirken. Während bei ADSL Reichweiten von bis zu drei Kilometern möglich sind, liegt die maximale Reichweite bei VDSL2 über Kupferkabel bei circa 800 Metern. Bei der Übertragung durch Glasfaser ist die Dämpfung deutlich schwächer und die Reichweite wesentlich höher. Um die Kosten möglichst gering zu halten, wird allerdings nicht die gesamte Verkabelung auf Glasfaser umgestellt. Der DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) wird aus der zentralen Vermittlungsstelle direkt zum Kabelverzweiger verlegt, um so einen Teil der Distanz zum Nutzer per Glasfaser und nicht wie bei den bisherigen DSL-Standards, mit Kupferkabeln zu überbrücken. Somit beschränkt sich die Strecke, bei der Kupferkabel genutzt werden, auf die Distanz zwischen Kabelverzweiger und Anschluss im Gebäude. Man nennt diese Art der Infrastruktur „Fiber To The Curb (FTTC)“ – „Glasfaser zur Bordsteinkante“.

lerkorrekturen sind die Folge, welche sich negativ auf den Datendurchsatz auswirken. Während bei ADSL Reichweiten von bis zu drei Kilometern möglich sind, liegt die maximale Reichweite bei VDSL2 über Kupferkabel bei circa 800 Metern. Bei der Übertragung durch Glasfaser ist die Dämpfung deutlich schwächer und die Reichweite wesentlich höher. Um die Kosten möglichst gering zu halten, wird allerdings nicht die gesamte Verkabelung auf Glasfaser umgestellt. Der DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) wird aus der zentralen Vermittlungsstelle direkt zum Kabelverzweiger verlegt, um so einen Teil der Distanz zum Nutzer per Glasfaser und nicht wie bei den bisherigen DSL-Standards, mit Kupferkabeln zu überbrücken. Somit beschränkt sich die Strecke, bei der Kupferkabel genutzt werden, auf die Distanz zwischen Kabelverzweiger und Anschluss im Gebäude. Man nennt diese Art der Infrastruktur „Fiber To The Curb (FTTC)“ – „Glasfaser zur Bordsteinkante“.



# LANCOM™ Techpaper

## VDSL2-Technologie

### Kompatibilität und Unterschiede

VDSL1, der Vorläufer des aktuellen VDSL2, hat nie die Entwicklungsreife für einen großflächigen Einsatz erreicht. Der Hauptgrund hierfür war die Uneinigkeit über das zu nutzende Verfahren der Datenübertragung. Zur Wahl standen QAM (Quadrature Amplitude Modulation) und DMT. Für den VDSL2 Standard wird auf Grund der Leistung und der hohen Kompatibilität zu älteren DSL-Technologien DMT eingesetzt. Wenn heute von VDSL die Rede ist, ist in der Regel VDSL2 gemeint.

Die Verwandtschaft zwischen VDSL2, ADSL2+, ADSL und ADSL ist sehr stark ausgeprägt und eine Kompatibilität wird durch den ITU-Standard gefordert. Dennoch gibt es einige wichtige Unterschiede. Während die ADSL-Familie ATM (Asynchronous Transfer Mode) als Transportprotokoll verwendet, und eine Priorisierung einzelner Dienste mit Hilfe von PVC (Permanent Virtual Connections) durchführt, verwendet VDSL2 hierfür Ethernet-Pakete und VLAN-Tagging. Dabei wird jedes Ethernet-Frame mit einer 12 Bit langen VLAN-ID ausgestattet und weitere 3 Bit werden zur Priorisierung der Frames genutzt. Durch das Nutzen einer ATM-freien Infrastruktur kann zum Beispiel auf ATM-IP-Gateways verzichtet werden, was den Kostenaufwand deutlich reduziert. ATM-Pakete besitzen zusätzlich einen größeren Overhead, so dass die Umstellung auf Ethernet einen weiteren Geschwindigkeitsgewinn von circa zehn Prozent erzielt. Diese Technik findet auch bei ADSL unter der Bezeichnung EFM (Ethernet First Mile) Einzug.

### Internationaler Einsatz

Bei der Auswahl eines geeigneten VDSL-Routers oder -Modems gilt es zu beachten, ob der Netzbetreiber ISDN oder POTS als zugrunde liegenden Service nutzt. Hier-

für ist der vor Ort vorhandene Telefonanschluss nicht notwendig ein Indiz, denn manche Anbieter stellen auch VDSL over ISDN auf einer separaten ISDN-Leitung bereit, während daneben ein analoger Telefonanschluss besteht. Bei ADSL-Geräten wurde dies durch den Zusatz Annex A (POTS) und Annex B (ISDN) recht einfach unterschieden. Bei VDSL2 hingegen ist diese Unterscheidung nicht ausreichend. Da VDSL2-Geräte an ADSL-Anschlüssen genutzt werden können (vom ITU-Standard geforderte Abwärtskompatibilität), kann auch bei Geräten mit VDSL2-Modem eine Angabe des Annex vorhanden sein. Diese kann dann dazu dienen, die ADSL-Spezifikation des VDSL2-Modems anzugeben. Annex A und Annex B haben aber im VDSL2-Standard der ITU eine völlig andere Bedeutung als bei ADSL: Annex A beschreibt Bandpläne für Nordamerika, Annex B Bandpläne für Europa.

Die Angabe des Annex kann bei VDSL2-Geräten also zu Missverständnissen führen und sollte im Zweifel hinterfragt werden. Neben der Eignung für über ISDN oder POTS bereitgestellte VDSL2-Dienste muss geprüft werden, welche Profile und Bandpläne von dem Gerät unterstützt, beziehungsweise von dem Betreiber angeboten werden. Es gibt außerdem auch Bandpläne, die den vollständigen Frequenzbereich nutzen und wo demnach keine Teile für ISDN bzw. POTS freigehalten werden.

### VDSL2 in Deutschland

Mit VDSL ist bei Anschlüssen der Telekom Deutschland VDSL2 over ISDN gemeint. Bei vom Provider mitgelieferten VDSL2-Modems muss sich der Kunde bzgl. der Kompatibilität keinerlei Gedanken machen. Beim Einsatz anderer Geräte mit integriertem VDSL2-Modem, muss der Anwender auf die Eignung für VDSL2 over ISDN, die Unterstützung der Profile 17a und 8b sowie des Bandplans 998 achten (1 TR112, UR-V2).

# LANCOM™ Techpaper

## VDSL2-Technologie

### VDSL2 im Geschäftsumfeld

Auch wenn eines der viel beworbenen Features von VDSL2, nämlich IP-TV, im Geschäftsumfeld nur sehr eingeschränkt zum Tragen kommt, bietet VDSL2 zahlreiche Vorteile für Businessanwender.

Insbesondere die deutlich höheren Datenraten sind für Geschäftskunden interessant. In Deutschland erreicht man mit VDSL2 z. B. einen Downstream von 50 Mbit/s und einen Upstream von 10 Mbit/s. Im Vergleich dazu liefern SDSL und SHDSL zwar einen symmetrischen Up- und Downstream jedoch nur von etwa 2-4 Mbit/s je Kupferdoppelader.

Die hohen Datenraten von VDSL ermöglichen zum Beispiel die schnelle Bereitstellung von im Netz gespeicherten Daten über VPN – auch wenn viele Mitarbeiter sich gleichzeitig per VPN ins Unternehmensnetz einwählen.

In Anbetracht der hohen Leistung im Vergleich zu vorherigen DSL-Technologien und dem geringeren Preis ist VDSL2 eine interessante Technologie für alle Unternehmen, die viel Bandbreite zu geringen Kosten einsetzen möchten.

Sinnvolle Ergänzungen zu VDSL2 umfassen UMTS, um kostengünstig eine hohe Verfügbarkeit sicherzustellen und ISDN zur effektiven Fernwartung.