

# Auf Touren mit VDSL

## Wo steht die Entwicklung heute, wo geht sie hin?

Andreas Bluschke,  
Nadeshda Panchenko

**Haupttriebkraft für VDSL-basierende Dienste ist der wachsende Bedarf an breiterbandiger Übertragungskapazität für multimediale Inhalte. Anwendungen wie Video over DSL, Rundfunk und Internet lassen ADSL mittlerweile immer mehr an seine Grenzen stoßen. Doch den vielen Worten, die die Entwicklung von VDSL begleitet haben, müssen nun endlich Taten folgen.**



Diesen Beitrag finden Sie inklusive des umfangreichen Literaturverzeichnis im Internet unter: [www.NET-im-web.de/pdf/Bluschke\\_VDSL.pdf](http://www.NET-im-web.de/pdf/Bluschke_VDSL.pdf) und [www.NET-im-web.de/pdf/Bluschke\\_VDSL Literatur.pdf](http://www.NET-im-web.de/pdf/Bluschke_VDSL_Literatur.pdf)

Dr.-Ing. Andreas Bluschke ist einer der Geschäftsführer der Teleconnect GmbH in Dresden, Nadeshda Panchenko ist Diplomandin an der Hochschule für Technik und Wirtschaft (FH) Dresden

Nach anfänglichen Schwierigkeiten bei der Begriffsbildung (VADSL oder VHDSL oder BDSL [1]) behauptet VDSL heute nicht nur seinen Platz in der xDSL-Familie, sondern baut ihn noch weiter aus. Die weltweiten xDSL-Teilnehmer-

zahlen haben die 18-Millionen-Grenze erreicht, und vom DSL-Forum werden für 2005 annähernd 200 Mio. xDSL-Teilnehmer prognostiziert [2], [3]. In Deutschland sollen es zu diesem Zeitpunkt schon etwa 10 Mio. xDSL-Teilnehmer (ohne ISDN-Teilnehmer) sein [4], von denen ein nicht unerheblicher Anteil auf VDSL entfallen wird. Für Japan werden für das Jahr 2006 schon 2,63 Mio. VDSL- und FTTH-Anschlüsse (Fiber to the Home) erwartet [5].

In der zweiten Hälfte der 90er Jahre waren die Entwicklungen hauptsächlich auf ADSL (Asymmetrical DSL) mit etwa 8 Mbit/s in Richtung von der Teilnehmervermittlungsstelle (TVSt) zum Teilnehmer – sogenannter Downstream (DS) – und 640 kbit/s in der Gegenrichtung – sogenannter Upstream (US) – und symmetrischer Übertragung (Downstream-Bitrate = Upstream-Bitrate) von etwa 2 Mbit/s über eine Kupferdoppelader (DA) ausgerichtet. Gegenwärtig ist man dagegen intensiv bemüht, höhere Bitraten über akzeptable Entfernungen zu übertragen. Heutzutage, wo ADSL und HDSL2, ETSI-SDSL, SHDSL (High Bit Rate DSL, Single-Pair HDSL) dabei sind, sich den Massenmarkt zu erschließen, stehen den Herstellern auch die Ressourcen zur Verfügung, die höherbitratige Übertragung über die Kupferdoppelader weiter zu vervollkommen.

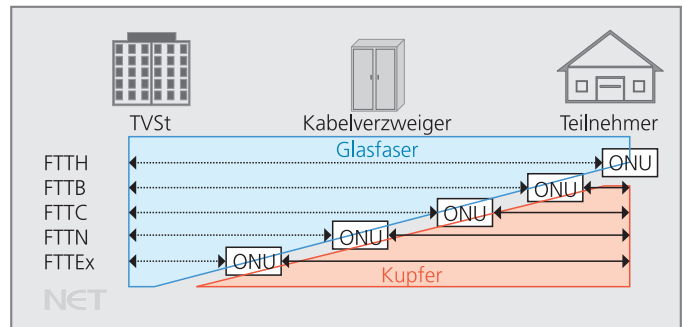


Bild 1: Topologien der optischen Netzabschlussbeinheiten (ONU – Optical Network Unit)

Von Bedeutung ist dabei, daß sich seit 2000 auch die „Ethernet-Verfechter“ beim IEEE mit VDSL im Zusammenhang mit „Ethernet in the First Mile – EFM“ beschäftigen. Erste Ideen zur Kombination von VDSL und Ethernet wurden schon von Savan Communications (heute Infineon Technologies) vor einigen Jahren mit 10BaseS umgesetzt. Das S steht dabei für symmetrisches Ethernet [6]. Seit man sich beim IEEE unter der Losung „Letzter Nagel für den ATM-Sarg“ mit VDSL beschäftigt (z.B. EoVDSL – Ethernet over VDSL), ist VDSL generell im Aufwind.

Im März 2002 wurden 49,5 Mbit/s über 1 kft (305 m) erreicht [7]. 100 Mbit/s sollen im Labor über 1 kft geschafft worden sein [8]. Bei Ether-

### Das Thema in Kürze

Das V (für Very High Bit Rate) als Belegung für den Platzhalter x bei xDSL (Digital Subscriber Line) wurde schon relativ früh (1995) belegt, dafür aber in den letzten Jahren von den neueren xDSL-Varianten bei den Einsätzen im Feld überholt. Im Beitrag wird versucht, einen Abriss der VDSL-Historie und des gegenwärtigen Standes zu geben, die Technik etwas zu beleuchten und auf aktuelle Entwicklungen hinzuweisen.



Transportklasse	Reichweite in kft (m)	DS-Bitrate in Mbit/s	US-Bitrate in Mbit/s
AS (Asymmetric Short Range)	< 1 (305)	51,2	6,4
AM (Asymmetric Medium Range)	1 bis 3 (305 bis 915)	25,6	3,2
AL (Asymmetric Long Range)	3 bis 4,5 (915 bis 1372)	12,8	1,6
SS (Symmetric Short Range)	< 1 (305)	25,6	25,6
SM (Symmetric Medium Range)	1 bis 3 (305 bis 915)	12,8	12,8
SL (Symmetric Long Range)	3 bis 4,5 (915 bis 1372)	6,4	6,4

Tabelle 1: VDSL-Bitraten nach ANSI

Beispiel die ANSI-Reichweitenvorgaben angeführt. Bild 3 zeigt die Abhängigkeit der Bitrate von der Reichweite am Beispiel von Broadcom.

Eine besondere Rolle bei den VDSL-Einsatzmöglichkeiten kommt den sogenannten MXU-Anwendungen zu:

- MCU – Multi-Commercial Units: alle Bürohäuser und Universitätseinrichtungen;
- MTU/MDU – Multi-Tenant/Dwelling Units: Hochhäuser und Mehrfamilienhäuser;
- MHU – Multi-Hospitality Units: Hotels und Freizeiteinrichtungen;
- MPU – Multi-Public Units: Flughäfen, Messegelände und Bahnhöfe.

Bild 4 zeigt, wieviele MXUs zukünftig mit breitbandigen Teilnehmerzugängen ausgestattet sein werden. Ein Großteil davon wird sicher mit Hilfe von VDSL realisiert werden, auch wenn sich heute zum Teil schon ADSL

fest etabliert hat. Als Beispiel sei in diesem Zusammenhang auf Korea verwiesen, wo 70 % der Bevölkerung in sieben Großstädten und 40 % der Einwohner in Hochhäusern wohnen. VDSL-Tests der Korea Telecom mit 52 Mbit/s downstream und 6,2 Mbit/s upstream wurden sehr positiv aufgenommen [13].

Laut [8] liegen 40 bis 50 % der Teilnehmer in Westeuropa max. 1,2 km von der Teilnehmervermittlungsstelle entfernt. Ihnen können daher 20 Mbit/s über VDSL angeboten werden.

### Eine große Familie

Bevor die einzelnen Varianten in Form einer Stammbaumergänzung zusammenfassend dargestellt werden, ein kurzer geschichtlicher Rückblick.

Bekanntermaßen standen sich bei der ADSL-Entwicklung zwei Lager gegenüber: auf der einen Seite die

Befürworter einer Mehrträgermodulation (MCM – Multi Carrier Modulation) mit DMT (Discrete Multitone Technology) in Kombination mit FDD (Frequency-Division Duplex) als Duplexmethode, auf der anderen Seite die Befürworter einer Einträgermodulation (SCM – Single Carrier Modulation) mit CAP/QAM (Carrierless Amplitude Phase Modulation/Quadratur-Amplituden-Modulation) und auch FDD als Duplexmethode mit zwei Frequenzbändern (2-Band-FDD). Die Normungsgremien haben sich bei ADSL für DMT entschieden (siehe Tabelle 2).

Gleichzeitig spalteten sich aber auch die VDSL-Befürworter in zwei Lager: die Befürworter von DMT in Kombination mit TDD (Time-Division Duplex), vertreten durch die VDSL-Allianz, und die Befürworter von CAP/QAM mit 2-Band-FDD, vertreten durch die VDSL-Koalition. Die Normungsgremien haben 4-Band-FDD festgelegt, konnten sich aber bisher auf kein Modulationsverfahren einigen. Heute auf dem Markt verfügbare VDSL-Lösungen basieren fast ausschließlich auf 2-Band-FDD-QAM, z.B. Long-Reach Ethernet (LRE) von Cisco [14], das 10BaseS nutzt.

Für die Duplexmethode 4-Band-FDD wurden zwei Frequenzpläne definiert: der nordamerikanische Plan 998, der mehr auf asymmetrische Belange zugeschnitten ist (als Wettbewerb zum Kabelmodem bei der Videosignalverteilung), und der europäische Plan 997, der mehr auf symmetrische Anwendungen ausgerichtet ist. Es gibt aber auch europäische Staaten wie z.B. Großbritannien, die den Plan 998 bevorzugen. Darüber hinaus existiert noch ein sogenannter Flex-Plan. Die einzelnen Frequenzpläne zeigt Bild 5.

Wie bereits erwähnt, konnte zu den Modulationsverfahren bisher keine einheitliche Festlegung getroffen werden. Um die Entwicklung aber nicht weiter zu behindern, rief man bei ANSI einen sogenannten Trail-Use-Standard ins Leben. Er besteht aus drei Teilen [15], [16], [17] und beinhaltet neben einem allgemeinen Teil zu den Anforderungen je einen für SCM (Teil 2) und MCM (Teil 3). Nach einer

### Ausgewählte Gremien und Vereinigungen mit Bezug zu VDSL

ITU-T	<a href="http://www.itu.org">www.itu.org</a>
ETSI	<a href="http://www.etsi.org">www.etsi.org</a>
ANSI (T1E1.4)	<a href="http://www.t1.org">www.t1.org</a>
DAVIC (Aktivitäten eingestellt)	<a href="http://www.davic.org">www.davic.org</a>
DSL-Forum	<a href="http://www.dslforum.org">www.dslforum.org</a>
ATM-Forum	<a href="http://www.atmforum.org">www.atmforum.org</a>
FSAN-Initiative	<a href="http://www.fsanet.net">www.fsanet.net</a>
FS-VDSL-Komitee	<a href="http://www.fs-vdsl.net">www.fs-vdsl.net</a>
VDSL-Allianz	<a href="http://www.vdslalliance.com">www.vdslalliance.com</a>
VDSL-Koalition	<a href="http://www.vdslcoalition.net">www.vdslcoalition.net</a>
IETF	<a href="http://www.ietf.org">www.ietf.org</a>
IEEE 802.3ah (EFM)	<a href="http://www.ieee802.org/3/efm/">www.ieee802.org/3/efm/</a>
EFM-Allianz	<a href="http://www.efmalliance.org">www.efmalliance.org</a>

Frist von zwei Jahren (bis erstes Quartal 2004) soll auf Basis der bis zu diesem Zeitpunkt gesammelten Erfahrungen entschieden werden, welchem Verfahren der Vorzug gegeben werden soll. Im Gegensatz zur ITU-T [18], bei der man nur *ein* Modulationsverfahren anstrebt, sind bei ETSI auch *beide* Modulationsverfahren zulässig [19]. Seit Mai 2001 werden hier die funktionalen und Transceiver-Anwendungen überarbeitet, im dritten Quartal 2002 sollen sie dann als Norm bestätigt werden.

Bedingt durch die oben genannten Festlegungen waren die DMT-Befürworter gezwungen, eine FDD-basierende Lösung und die CAP/QAM-Befürworter eine 4-Band-FDD-Lösung zu entwickeln. Erst sah es so aus, als ob CAP/QAM das Rennen machen würde, hatte man doch schon mehr Erfahrungen z.B. mit 10BaseS [20] sammeln können, aber mittlerweile holt DMT auf. Dabei orientierten die DMT-Verfechter stark auf die Interoperabilität. Sie gründeten dazu im März 2002 die DMT-VDSL-Initiative und hoffen, daß sie dadurch kostengünstiger am Massenmarkt agieren können [21]. Die Reaktion der QAM-Verfechter folgte: Metalink und Infineon haben für die Supercomm Anfang Juni 2002 eine Interoperabilitätsvorführung für eine 4-Band-FDD-QAM-Lösung angekündigt [22].

Bis auf wenige Ausnahmen war man bei VDSL zunächst von einer ATM-Übertragung ausgegangen. Durch die Aktivitäten des IEEE EFM ist die Ethernet-Übertragung über VDSL zum Thema geworden, denn den Anforderungen an den EFM PHY (Physical Layer oder Bitübertragungsschicht) entspricht neben EtherLoop (2) (100Base-Cu) und ADSL+ auch VDSL, wobei VDSL eindeutig favorisiert wird. Beim IEEE EFM sind erhebliche Interessensunterschiede zu vereinigen, so daß die Entscheidung zum EFM PHY sehr komplex ist. Seit dem letzten 72. IEEE-Treffen in St. Louis im März 2002 ist EoVDSL als einzige Technik für den Physical Layer mit allgemeinen Zielen definiert: „Übertragung der hochbitratigen Anwendungen (> 10 Mbit/s vollduplex) über kurze Entfernungen (> 750 m)“. Der Abstimmung waren

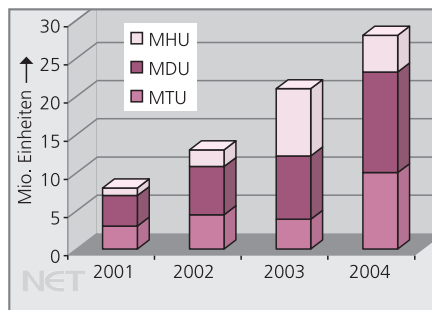


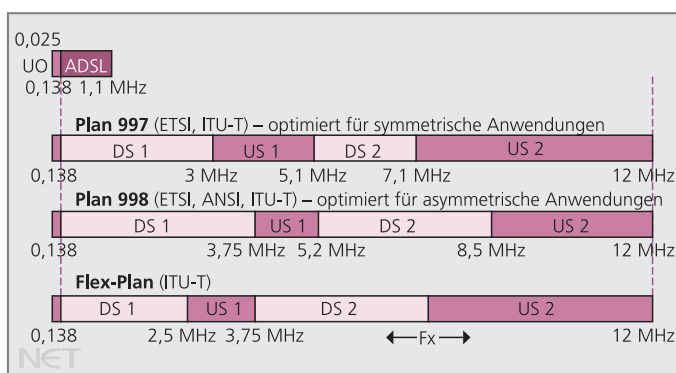
Bild 4: Der MXU-Markt: Weltweite Gebäudeanzahl mit breitbandigem Zugang [27]

sehr lange Diskussionen vorangegangen. Der EoVDSL-Vorschlag wurde zwar akzeptiert, aber unerwartet hatte sich eine Gegenbewegung gebildet, der es im wesentlichen darum ging, eine andere Version auszuarbeiten. In der dazu durchgeführten Abstimmung erreichten sie jedoch nicht die notwendige Stimmenanzahl (> 80 %). Als nächster Schritt wird im September 2002 das Modulationsverfahren ausgewählt. Im Januar 2003 wird dann der Standard in IEEE 802.3ah bestätigt. Für September 2003 ist die Verabschiedung des vollständigen Standards vorgesehen.

Tabelle 2: Vorteile von SCM und MCM für ADSL (X bedeutet bessere Performance oder geringere Kosten) [29]

Kriterium	SCM	MCM
Performance bei gaußförmigem Rauschen	identisch	
Empfindlichkeit gegenüber Impulsstörungen (uncodiert)		X
Empfindlichkeit gegenüber schmalbandigen Störungen (uncodiert)	X	
Empfindlichkeit gegenüber Signalverzerrungen durch Übersteuerung	X	
Empfindlichkeit gegenüber Jitter	X	
Latenzzeit (Verzögerung)	X	
Notwendigkeit der Echokompensation	X	
Rechenaufwand je Zeiteinheit		X
Algorithmuskomplexität	X	
Kosten und Leistungsverbrauch im analogen Schaltungsteil	X	
Bitratenanpassung		X

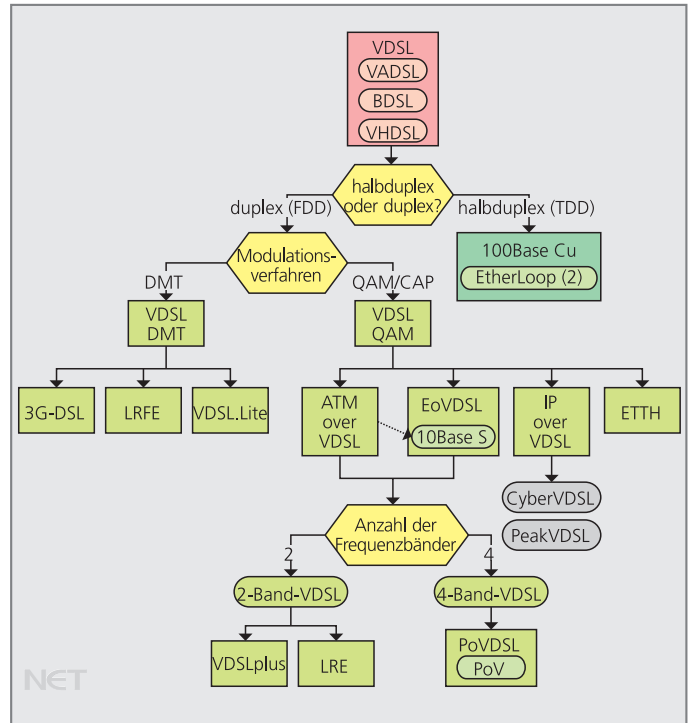
Bild 5: VDSL-Frequenzpläne (UO – optional für Downstream oder Upstream) [15], [18], [28]



- VDSLplus ist eine Lösung der Firma Gigalink;
- ETTH (Ethernet to the Home) ist von Cisco;
- Packet over VDSL (PoV) ist eine Lösung von Infineon [20], [23];
- CyberVDSL ist eine Produktbezeichnung von Space Cyberlink (Korea);
- PeakVDSL kommt von ehemals Tio-ga (jetzt STMicroelectronics) [24].

Der Vollständigkeit halber muß erwähnt werden, daß es auch Aktivitäten zur Übertragung höherer Bitraten gibt, die nicht mit VDSL überschrieben werden. ADSL+, auch Stretch ADSL genannt, ist ein „Aufbohren“ von ADSL durch Erhöhen der DS-Bandbreite von 1.104 kHz auf 2.208 kHz. Bei 10MDSL (10 Mbit/s DSL) will man durch die Verwendung mehrerer „paralleler“ Kupferdoppeladern höhere Bitraten übertragen. Bei SHDSL hat man mit zwei Doppeladern (4-Draht-Mode) den Anfang gemacht und die Übertragung von 2 x 2,3 Mbit/s für den Upstream und Downstream genormt. Bei 10MDSL sind Varianten mit vier bis acht Doppeladern in der Diskussion [25]. Welche der Verfahren sich zukünftig durchsetzen werden, wird die Zeit zeigen. Ein bedeutsames Auswahlkriteri-

Bild 6: Versuch zur Klassifizierung der verschiedenen VDSL-Varianten



um ist die spektrale Kompatibilität mit anderen xDSL-Diensten in einem Kabelbündel und damit die Erfüllung vorgegebener Masken für die spektrale Leistungsdichte, wie sie z.B. in [15] definiert ist. Ein wichtiger Aspekt ist auch die elektromagnetische Verträglichkeit, da die von VDSL genutzten Frequenzen im Bereich des Langwell-

len-, Mittelwellen- und Kurzwellenrundfunks liegen. Es muß daher verhindert werden, daß VDSL-Signale und Funkdienste einander stören. Bei DMT werden die unerwünschten Frequenzanteile durch Unterdrückung einzelner Teilkanäle „gesperrt“. Bei CAP/QAM kann man schmalbandige Notch-Filter einsetzen. (bk)

## Mit Dreifachturbo ins Internet

Seit dem 1. Mai ist das T-DSL-Premium-Angebot BusinessOnline 2300 für kleine und mittlere Geschäftskunden der Deutschen Telekom noch attraktiver. Es kommt nun nämlich mit dem „Dreifachturbo“ für den Internetzugang daher, der eine noch weiter gesteigerte T-DSL-Geschwindigkeit auf bis zu 2,3 Mbit/s im Downstream und bis zu 256 kbit/s im Upstream mit sich bringt. Darüber hinaus bietet es neben dem preislich günstigen Einstieg in die breitbandige Internet-Kommunikation die Möglichkeit, auch mit mehreren Mitarbeitern in einem lokalen Netz gleichzeitig mit hoher Geschwindigkeit im Web zu surfen und große Datenmengen oder E-Mail-Dateianlagen sehr schnell herunterzuladen.

Mit einem monatlichen Grundpreis von 42,99 € (zzgl. USt) ist der Kunde ohne Mindestvertragslaufzeit dabei. Im Preis mitenthalten ist ein freies Datentransfervolumen von 5 Gbyte. Jedes weitere Mbyte kostet 0,75 ct (zzgl. USt). Das einmalige Bereitstellungsentgelt beträgt bei Selbstmontage 44,45 € (zzgl. USt). Voraussetzung für die Nutzung von BusinessOnline 2300 sind ein Geschäftskundentarif BusinessCall und ein T-ISDN-Basisanschluß. Im übrigen sind bei BusinessOnline 2300 auch alle sonstigen Ausstattungsmerkmale des normalen BusinessOnline enthalten. Das Grundangebot BusinessOnline stellt im Download eine Übertragungsrate von bis zu 1,5 Mbit/s und im Upload von bis zu 192 kbit/s zur

Verfügung. Beim Überschreiten des im Monatspreis von 25,50 € (zzgl. USt) enthaltenen Datenvolumens von nun 2 Gbyte sind ab dem 1. Mai je genutztem Mbyte nur noch 1,68 ct statt bisher 3,3 bzw. 2,1 ct zu zahlen. Das Volumenentgelt beträgt max. 450 € (ohne USt), was besonders Kunden mit erheblichem Download-Bedarf entgegenkommt. Allen Business-Online-Kunden stehen bis zu zehn E-Mail-Boxen zur Verfügung. Mit enthalten im Paket sind außerdem eine Internet-Adresse aus einer Top-Level-Domain seiner Wahl inkl. einer Visitenkarte im Internet für die erste Internet-Präsenz sowie Zugang zum exklusiv auf die Bedürfnisse von Geschäftskunden eingerichteten BusinessOnline-Portal.