

# Wieviel Bandbreite braucht der Mensch?

Stetig wachsen die Übertragungsgeschwindigkeiten und die Datenmengen / DSL und Kabel – zwei Techniken im Vergleich

Bandbreite ist für den Online-Betrieb so etwas wie die lichte Weite eines Flaschenhalses oder wie die Lichtstärke eines Foto-Objektivs. Je größer sie ist, desto mehr Informationen können in einer bestimmten Zeit hereinkommen. Freilich gehört zu einem Internetzugang mehr als bloß eine breite Fahrbahn für Daten: Wie sie aufgeteilt ist, ist wichtig, denn beim Computer strömen die Daten in beiden Richtungen, auch hinaus. Eine Kamera nimmt nur Bilder auf, ein PC schickt auch welche weg. Eine weitere Eigenschaft ist wichtig: die Reaktionszeit, mit der eine Verbindung antwortet. Zum Prüfen wird ein Sondierungssignal weggeschickt, ein Ping, wie bei einer U-Boot-Ortung. Wir haben uns die Entwicklung der populären DSL- und Kabelzugänge angesehen, haben Internetzugänge über Mobilfunk allerdings fürs erste ausgespart; da wird die schöne Freizügigkeit selbst beim künftigen HSDPA (rund 2 Megabit in der Sekunde [Mbit/s]) mit konkurrenzlos hohen Kosten und relativ langen, wechselhaften Ping-Zeiten erkaufte.

Der Weg zu hohen Bandbreiten führt stets über höhere Frequenzen. Je schneller elektromagnetische Wellen schwingen, desto mehr Informationen können sie übertragen. So kamen wir über Mittelwelle zu Ultrakurzwelle und damit von schlechtem Mono-Klang zu HiFi-Stereo, von VHF zu UHF, von ersten mobilen D-Netzen auf 900 Megahertz (MHz) über die E-Netze auf 1800 MHz bis zu UMTS auf 2000 MHz gleich 2 Gigahertz (GHz) und W-Lan auf 2,4 GHz. Der Haken dabei ist, daß sich schnell schwingende elektromagnetische Wellen ungerne in Leitungen zwängen lassen.

Sie strahlen aus, die Leitung leckt, die Signale versiegen: Die Dämpfung nimmt mit zunehmender Frequenz und Leitungslänge stark zu.

ISDN war der erste Versuch, auf den zwei Drähten einer Telefonleitung durch Modulation gleichzeitig mehr als nur ein Telefonat zu übertragen. Statt bis 4000 Hertz wurde die Leitung bis 130 000 Hertz (130 Kilohertz, kHz) beansprucht. Betrachtet man nur die



Datenübertragungsgeschwindigkeit für einen PC, so verdoppelt man dadurch die Ladegeschwindigkeit (download, downstream) von bestenfalls 56 Kilobit in der Sekunde (kbit/s) auf bis zu  $2 \times 64 = 128$  kbit/s.

Seit 1999 gibt es in Deutschland DSL. Da geht es wirklich heiß zu auf den Telefondrähten. Frequenzen von 138 kHz bis 1104 kHz (1,1 MHz) werden aufgelegt. In der Luft ist das Mittelwelle. Die Bandbreite für DSL beträgt  $1104 - 138 = 966$  kHz. Sie wird für 224 je 4312,5 Hz breite Kanäle genutzt. Die tieferen 32 dienen dem Senden (upstream) und die oberen 192 dem Empfang, also asymmetrisch, deshalb „ADSL“. Finden die jeweils paarweisen zusammenarbeitenden DSL-Modems

auf allen Kanälen ideal hohe Signalausabstände vor, läßt sich also das Nutzsignal von Störungen bestens unterscheiden, werden auf jedem Kanal mit einer Taktung von 4 kHz („Symbolrate 4 kbaud“) bis zu 15 Bit moduliert und so 60 kbit/s übertragen. Sind die Leitungen länger, verlaufen weitere DSL-Drähte störend im selben Bündel, kurz: sind die Bedingungen schlechter, so überträgt man im Kanal 4000 Mal in der Sekunde eben nur bis zu 2 Bit (bei ADSL2+ notfalls sogar nur eins). Samt Fehlerkorrektur kommt man bei diesem gängigen ADSL-Verfahren auf allerhöchstens 8 Megabit in der Sekunde (Mbit/s) Download-Geschwindigkeit; spezifiziert werden etwa bei „T-DSL 6000“ 6016 kbit/s und als maximale Upload-Geschwindigkeit 576 kbit/s. Niedrigere Nominalgeschwindigkeiten entstehen durch Bremsen. Digitales Fernsehen braucht für ein einziges Programm je nach Informationsfülle 5 bis 15 Mbit/s. Astra strahlt herkömmliches Satellitenfernsehen beispielsweise 36-Mbit/s-breit ab. Telefonieren über das Internet – Voice over IP – kommt mit 40 bis 80 kbit/s aus, notfalls sogar mit weniger.

Beim kommenden ADSL2+ weitet man den Frequenzbereich auf den Telefondrähten noch höher aus, aufs Doppelte, bis 2,208 MHz (Tropenband der Kurzwelle), und bringt Verbesserungen wie dynamische Anpassung. Die zusätzlichen 256 Träger kommen nur dem Downstream zugute. Die Ladegeschwindigkeit steigt auf theoretische 24 Mbit/s. Das Problem: Die Drähte strahlen derart, daß die Energie eher störend nach außen tritt – Telefonleitungen sind nicht abgeschirmt –, als am anderen Ende anzukommen. ADSL2+ wird zum Normal-

fall werden, geringere als ideal mögliche Geschwindigkeit aber auch.

Erhöht man die Geschwindigkeit noch weiter – die Telekom spricht von 50 Megabit in der Sekunde und VDSL –, dann müssen Glasfaserleitungen die Daten bis in die Keller oder zu den Straßerverteilern führen, damit nur wenige hundert Meter Draht-DSL übrigbleiben. Über diese Glasfasern werden dann nur Daten, nicht Telefonate geführt. So bleibt die ursprüngliche Fernsprechverdrahtung der Anschlüsse erhalten und damit die Möglichkeit, von der Telekom oder einem alternativen Anbieter herkömmliches DSL zu beziehen. Diese Drähte sind hoheitlich reguliert, der Staat bestimmt die Überlassungskosten. Bei frisch verlegten Glasfaserzuführungen wäre das unserer Meinung nach kontraproduktiv, denn die wirkliche Konkurrenz liegt im – unregulierten – Fernseh-kabel.

Fernsehverkabelung führt mit Koaxialkabeln direkt bis hinter die Fernsehgeräte von 15 Millionen deutschen Kunden. Die damit erzielbare Bandbreite – und die Nähe zum angestrebten Verbraucher – ist unschlagbar. Docsis, die Data over Cable Service Interface Specification, gibt (seit 2002 als Docsis 2.0) Download-Datengeschwindigkeiten bis zu 36 Mbit/s. In Europa gilt noch besseres Eurodocsis. Kabel Baden-Württemberg bietet örtlich bereits bis zu 20 Mbit/s an. Docsis 3.0 soll gar auf 200 Mbit/s kommen. Freilich ist das Kabel ein mehrfach genutztes Medium, Telefondrähte sind es dagegen nicht. Erst die Nutzung in der Zukunft wird zeigen, wo Engpässe liegen. FRITZ JÖRN