

7 Internet-Breitbandverbindungen

Christian Zahler

Seit etwa 2000 nimmt der Markt für schnelle Internet-Verbindungen laufend zu. Es gibt keine weltweit genormte Geschwindigkeit, ab der man von „Breitband“ spricht.

Allgemein gilt bei einem Festnetz-Internetanschluss ein Downstream von mindestens 1 Mbit/s bereits als Breitbandverbindung.

Internetanbindung in Österreich 2015/16 (Statistik Austria, www.statistik.at):

- 82,4 % aller Haushalte hatten Internetanschluss (2016: 85,1 %)
- 80,9 % aller Haushalte hatten Breitband-Internetanschluss (2016: 85,1 %)

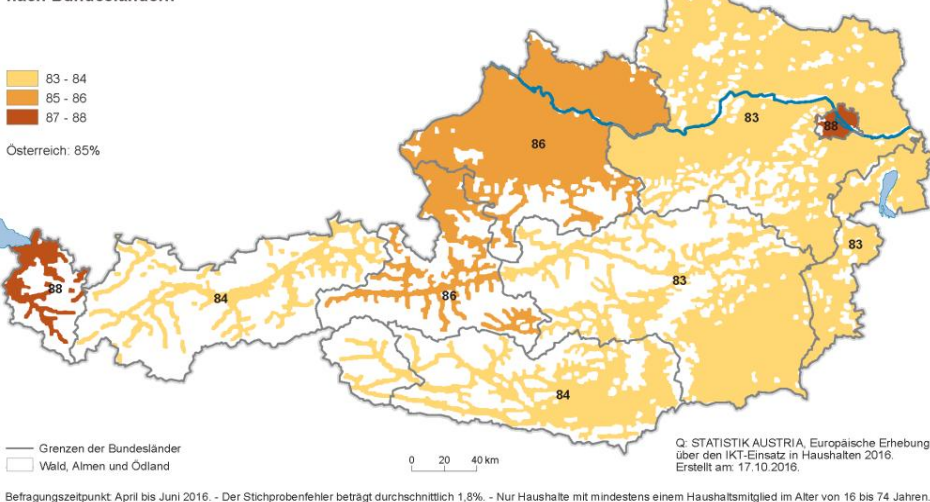
Dies bedeutet, dass im Jahr 2015 über 98 % aller österreichischen Internetanschlüsse Breitbandanschlüsse waren und 2016 erstmals von (nahezu) 100% Breitbandanschlüssen gesprochen werden kann.

7.1 Festnetzverbindungen

Internet-Festnetzverbindungen nutzen die bereits seit vielen Jahren vorhandenen Telekommunikationsnetzwerke.

- POTS („Plain Old Telephone System“): bezeichnet allgemein den analogen Telefondienst.
- ISDN („Integrated Services Digital Network“): internationaler Standard für digitale Telekommunikationsnetze. Heute gibt es in Mitteleuropa kein rein-analoges Telefonnetz mehr. In Österreich wurde das Telefonnetz bis 1999 vollständig digitalisiert. Es ist aber auch heute noch möglich, analoge Endgeräte zu betreiben; dabei wird beispielsweise analoge Sprachinformation mit 8 kHz Abtastrate und 8 bit Abtasttiefe digitalisiert und auf einem ISDN-Kanal transparent übertragen.
- NGN („Next Generation Network“), auch NGA-Network („Next Generation Access“): Derzeit erfolgt weltweit eine Umstellung, bei der die traditionellen leitungsvermittelnden Netze wie Telefon-, Ka-

Haushalte mit Internetzugang 2016 nach Bundesländern



belfernseh- oder Mobilfunknetze durch eine einheitliche paketvermittelnde Netzinfrastruktur ersetzt werden. Als Protokoll für alle Arten von Datenübertragung wird IP eingesetzt. Das Zusammenwachsen von Fest- und Mobilfunknetzen wird in der Telekommunikation als Konvergenz bezeichnet.

7.1.1 Netzausbau in Österreich

Das Telekommunikationsnetz in Österreich bestand ursprünglich ausschließlich aus Kupferleitungen.

Der Telekom-Versorger (in Österreich die A1 Telekom AG) hat flächendeckend Ortsvermittlungsstellen (VSt) in Garagengröße (Abbildung links unten hinten) errichtet.

Vom Hauptverteiler sind Hauptkabel mit 1200 bzw. 2000 Doppeladern zu den sogenannten Kabelverzweigern (KVz; auch als „street cabinet“ bezeichnet) verlegt; von diesen führen Verzweigungskabel (für Einfamilienhäuser 6adrig, für größere Anlagen bis zu 100 Doppeladern) zu den einzelnen Haushalten.

Bild: Ortsvermittlungsstellen (VSt) (Abbildung rechts hinten), vorne: Kabelverzweiger (KVz).



In Österreich werden die Kabelverzweiger auch als ARU bezeichnet (*access remote unit*).

Die immer größere Datenmenge führte zum Entschluss, die Kupferkabel sukzessive durch Glasfaserkabel zu ersetzen, da diese bei geringerem Querschnitt ein Vielfaches an Daten übertragen können.

Um eine schrittweise Umstellung zu ermöglichen, erfolgt der Glasfaserausbau in mehreren Schritten. Zunächst wurde das Basisnetz, welches die Hauptverteiler miteinander verbindet, auf Glasfaser umgestellt.

Der nächste Ausbauschnitt ist derzeit in vollem Gange: Im Rahmen des Netzausbaus werden die Kabelverzweiger mit Glasfaserleitungen an den Hauptverteiler angeschlossen. In den Kabelverzweigern erfolgt der Übergang von Glasfaserkabel zu Kupferkabel.

Damit wird die Leitungslänge des Kupferkabels zum Endverbraucher reduziert. Allgemein kann man daher folgende Ausbaustufen unterscheiden:

- FTTC (*Fibre to the Curb*, „Glasfaser bis zum Randstein“): Hier werden Glasfaserkabel bis zum Kabelverteiler verlegt. Diese Ausbaustufe ist als Minimalvoraussetzung für VDSL2 anzusehen.
- FTTH (*Fibre to the Home*): Hier verläuft die gesamte Verbindung bis zum Haushalt mit Glasfaserkabeln. In Österreich gibt es bereits Modellregionen, bei denen die Glasfaserkabel bereits bis zum Haushalt selbst laufen.

Für die Breitbandinternetanbindung enthalten die ARUs sogenannte DSLAMs. Darunter versteht man Geräte, die zwei Hauptaufgaben haben:

- Sie wirken als Konzentratoren, die den endkundenseitigen Sprach- und Datenverkehr zusammenführt und an das Telekom-Netz weiterleitet.

Bild: Zwei konventionelle Kupfer-Telefonhauptkabel mit 1200 bzw. 2000 Doppeladern (Quelle: Wikipedia)



- Sie stellen für den Endkunden verschiedene xDSL-Internetanbindungen zur Verfügung (ADSL, ADSL2+, VDSL2).

Die A1 Telekom stellt derzeit ihr Netz auf eine *Next Generation Access* (NGA)-Technologie um. Technisch bedeutet dies die Verlegung von zusätzlichen Glasfaserkabeln und die Umstellung von ARUs. VDSL2 ist nur verfügbar, wenn der nächstgelegene Verteiler bereits umgestellt ist.

Sie können hier prüfen, ob Ihr ARU bereits umgestellt ist und daher ein VDSL2-Zugang hergestellt werden kann:

<https://www.a1.net/verfuegbarkeit>.

7.1.2 ISDN

Die Abkürzung ISDN steht für „*Integrated Services Digital Network*“. Die Einführung von ISDN war mit der vollständigen Digitalisierung des Telefonnetzes verbunden, die in Österreich 1999 abgeschlossen war.

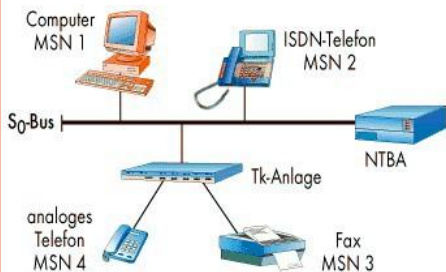
ISDN-Anschlüsse stehen als ISDN-Basisanschluss oder Primärmultiplexanschluss zur Verfügung.

- ISDN-Basisanschluss: zwei B-Kanäle (bearer channel; 64 kbit/s) zur Übertragung von Nutzdaten und ein D-Kanal (data channel; 16 kbit/s) als Kanal für Steuerinformationen. An einen ISDN-Basisanschluss können entweder 4 bis 8 ISDN-Endgeräte oder eine ISDN-Telefonanlage angeschlossen werden.
- ISDN-Primärmultiplexanschluss: 30 B-Kanäle (64 kbit/s) und ein D-Kanal (64 kbit/s)

Viele Betriebe und Privatpersonen in Österreich verfügen über einen ISDN-Basisanschluss. Vom Telekomanbieter (etwa A1) wird ein sogenannter Netzabschluss (NTBA) montiert. Dieser Netzabschluss ist mit einer Kupfer-Doppelader mit der Ortsvermittlungsstelle verbunden. Entweder der Telekom-Techniker stellt eine direkte Verbindung her, oder er verbindet den NTBA über einen Telefonstecker mit Dreieck-Symbol mit einer herkömmlichen Telefonsteckdose (TDO).

An den NTBA können entweder ISDN-Telefone (bzw. andere ISDN-Endgeräte) direkt angesteckt werden; reicht die Anzahl von Steckplätzen nicht aus bzw. sollen die Endgeräte in mehrere Räume verteilt werden, so wird entweder (seltener) ein vieradriger passiver S0-Bus verwendet (maximal 150 m lang), oder man verwendet eine ISDN-Telefonanlage.

Für einen ISDN-Anschluss können mehrere Rufnummern bestellt werden, die dann beliebig auf die ISDN-Endgeräte verteilt



ARU der A1 Telekom
(Quelle: blog.a1.net)



ARU der A1 Telekom, geöffnet
(Quelle: blog.a1.net); links die Buchten mit der LSA Leiste (Klemmen), rechts oben der Lichtwellenleiter, rechts unten das DSLAM

werden können (MSN = *Multiple Subscriber Number*).

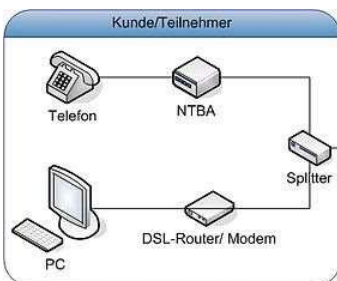
7.1.3 DSL

Mit *Digital Subscriber Line* (DSL, deutsch: digitaler Teilnehmeranschluss) wird die zurzeit häufigste Anschlusstechnik von Internet-Breitbandanschlüssen für Konsumenten bezeichnet. Grob gesprochen, werden die für Sprachtelefonie nicht genutzten höheren Frequenzbereiche der Kupferleitungen für die Übertragung der Internetdaten genutzt.

DSL kann an Anschlussleitungen von analogen (POTS) und digitalen (ISDN) Telefonanschlüssen eingesetzt werden oder als entbundelter Datenanschluss (entbundeltes DSL).

In der folgenden Abbildung (Quelle: de.wikipedia.org) erkennen Sie das heute übliche System:

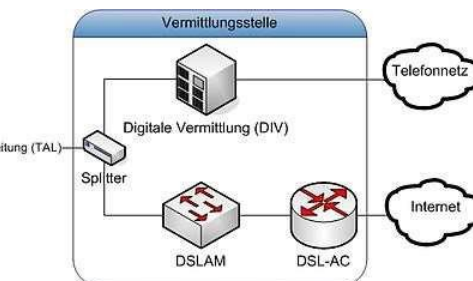
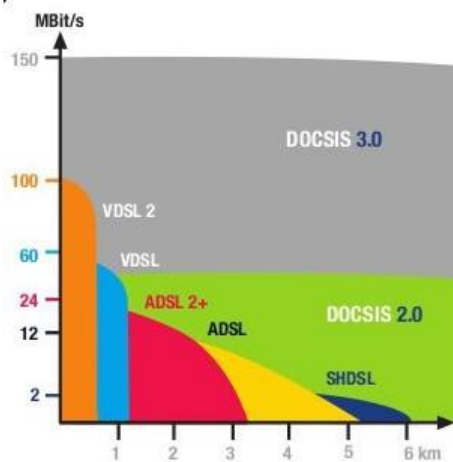
- Beim Kunden wird ein ISDN-Frequenzsplitter angebracht, der die Frequenzen für Sprachtelefonie und Internet-Datenübertragung durch ein elektronisches Filter trennt.
- Für den Anschluss von Telefonapparaten und Faxgeräten ist ein NTBA nötig.
- Zur Anbindung von PCs ist ein Gerät mit mehreren Aufgaben notwendig, welches meist als DSL-Router/Modem bezeichnet wird.
- Auf Seite der wenige Kilometer vom



Teilnehmer entfernten Vermittlungsstelle existiert ebenfalls ein Splitter, der zum DSL-Zugangsmultiplexer (DSLAM, Digital Subscriber Line Access Multiplexer) führt. Die A1 Telekom Austria verwendet für die DSLAMs, die in den Kabelverzweigern eingebaut sind, die Bezeichnung ARU (*Access Remote Unit*).

Je schneller die Datenübertragung sein soll, desto kürzer darf die Länge der Kupferkabelverbindung vom Verteiler zum Haushalt sein.

Die linke Abbildung zeigt den Zusammenhang: So sind für herkömmliche ADSL-



Anbindungen (Downloadrate bis 8 Mbit/s) Entfernungen von 5 – 6 km zum Verteiler kein Problem, während für schnelle VDSL2-Anbindungen (100 Mbit/s) eine maximale Entfernung von 1,5 km überbrückbar ist. Für G.fast-Anbindungen (0,5 Gbit/s) reduziert sich diese Strecke auf 250 m.

DOCSIS 2.0 und 3.0 stellen Normen für Internetanbindungen über Kabelfernsehtetze dar.



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

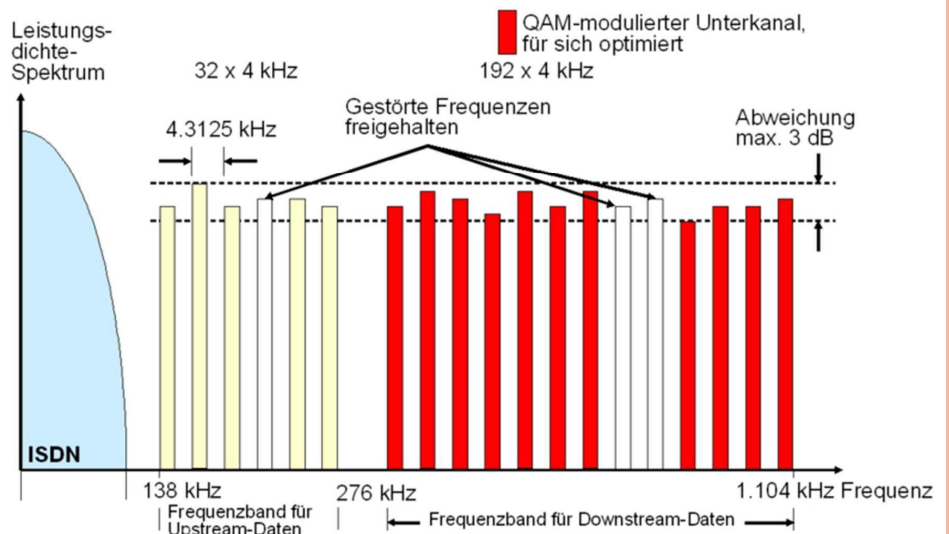
ADSL ist ein asymmetrisches Datenübertragungsverfahren für Kupferdoppeladern. Im Vergleich zu herkömmlichen Modemtechnologien gibt es deutliche Unterschiede: Die von einem herkömmlichen Modem ausgesandten Signale müssen das gesamte Telekommunikationsnetzwerk eines Anbieters - inklusive Digitalisierung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

mit welchen Geschwindigkeiten der DSL-Anschluss im Up- und Downstream laufen soll. Wenn die Werte durch zu hohe Dämpfung auf der Leitung nicht eingehalten werden können kommt es zu ständigen Abbrüchen, da der DSLAM fest voreingestellt ist.



ADSL Modem von ASUS
(Quelle: ASUS Homepage)

Einige Provider bieten bereits reine DSL-Anschlüsse an. Die Telefonie wird hierbei über VoIP realisiert. Bei dieser Art des Anschlusses kann der Splitter entfallen.

Man unterscheidet zwei Typen von ADSL-Modems:

- Annex A: geeignet für den Betrieb mit analogen Leitungen (POTS-Splitter)
- Annex B: geeignet für den Betrieb mit ISDN-Leitungen (ISDN-Splitter)

Die Telekom sieht wegen der hervorragend ausgebauten Ortsnetze beim ADSL-Regelbetrieb keinerlei Probleme: Nahezu alle Teilnehmer sind direkt angebunden und 70 bis 80 Prozent der Anschlussleitungen sind kürzer als 1,7 Kilometer. In der Vermittlungsstelle endet die Telefonleitung im sogenannten DSL Access Multiplexer (DSL-AM). Er leitet den Telefonverkehr an den Telefonnetz-Switch weiter; der Datenverkehr wird direkt dem Datennetz des Betreibers zugeführt.

Technische Randbedingungen in Österreich
(Quelle: Telekom Austria)

Die nächste Vermittlungsstelle darf derzeit höchstens 3 km Luftlinie entfernt sein. Bei einer größeren Entfernung von der Vermittlungsstelle können die technischen Parameter der Datenverbindung nicht mehr garantiert werden.

Hinweis: ISDN kann parallel zu ADSL verwendet werden (für Telefon, Fax usw.).

Auf der Telekom-Homepage kann überprüft werden, ob ein Telefonanschluss für die Einrichtung von ADSL geeignet ist.

VDSL2, Vectoring

VDSL bedeutet *Very High Speed Digital Subscriber Line*. VDSL ist eine Technologie mit sehr hohen Übertragungsraten für kurze Übertragungswege und erreicht zirka 10 Mbit/s *downstream* und etwa 1,5 Mbit/s *upstream* bis zirka 1,5 km.

Bei diesen hohen Übertragungsraten kommt es vor allem bei Kupferleitungen zu massiven Störungen durch Nebensprechen (vor allem FEXT). Durch einfache

Methoden sind diese Störungen nicht mehr eliminierbar. Man verwendet daher VDSL2-Vectoring, eine Technik, die das Übersprechen zwischen Kupferleitungen eines Kabelbündels sowohl in Downstream- als auch in Upstream-Richtung kompensiert. Die Vectoring-Technologie basiert nun darauf, dass mehrere VDSL2-Leitungen zu einer logischen Gruppe, der sogenannten Vectoring-Gruppe, zusammengefasst werden und die auftretenden Störmuster aller beteiligten Leitungen analysiert und beseitigt werden. Dafür werden kontinuierlich Testsignale über die Leitungen gesendet und das untereinander verursachte Übersprechen gemessen. Die ermittelten Störmuster werden dann bei der Erzeugung der Nutzsignale (durch die DSLAM) berücksichtigt, indem zu den auftretenden Störanteilen phasenverschobene Signale erzeugt werden, welche den negativen Einfluss des *Crosstalk* bei der Übertragung aufheben und die Nutzinformationen damit nahezu unverfälscht beim Modem des Kunden ankommen.

Das bedeutet, dass die DSLAMs sukzessive ausgetauscht werden müssen. Dieser Austausch wird in Österreich von der A1 Telekom Austria betrieben und ist derzeit (2016) in vollem Gang.

Auf der folgenden Website können Sie (Schaltfläche

Glasfaser Power Verfügbarkeit

) feststellen, ob Sie bereits im Einzugsbereich eines neuen ARUs sind:

<https://www.a1.net/ueber-uns/unternehmen/wholesale>

7.1.4 Teleweb (Internet über Kabel-TV)

Hier sind es neben UPC Telekom (www.chello.at) auch regionale Anbieter, die neben der Versorgung mit Fernsehprogrammen („Kabel-TV“) auch Breitband-Internet anbieten. Notwendig ist dazu ein „Kabelmodem“, das meist mit einer Netzwerkkarte am PC verbunden ist.

Beispiel:

- www.kabelplus.at

7.1.5 Internet über WLAN-Strecken

In den letzten Jahren hat sich diese Technologie neben ADSL und TeleWeb vor allem in Gegenden durchsetzen können, in denen aus wirtschaftlichen Gründen weder Kabel-TV noch ADSL-Knoten geplant waren: Täler, größere Orte abseits der Breitband-Internet-Versorgungsgebiete.

So wurde in Niederösterreich von der EVN das WaveNet-Projekt ins Leben gerufen (Informationen unter www.wavenet.at), das auf einem Glasfaser-Backbone aufbaut und durch WLAN-Sender auch abgelegene Gebiete mit Breitband-Internet versorgen kann.

7.1.5 SkyDSL (internet über Satellit)

Mit dieser Technik sind überaus schnelle Datentransferraten möglich, allerdings nur dann, wenn ein digitaler Satellitenempfänger

installiert wird, der auch für Sendevorgänge geeignet ist (Zwei-Wege-Satelliteninternet).

Angeborene Übertragungsraten (2016): 6 Mbit/s bis 25 Mbit/s

Geostationäre Satelliten sind im Orbit rund 36.000 Kilometer über dem Äquator positioniert. Das Signal benötigt für den Hin- und Rückweg zum Satelliten rund 700 Millisekunden.

Beispiel: www.skydsl.eu

7.1.7 Trägerfrequenzanlagen (PowerLine Communication)

Als Trägerfrequenzanlage (TFA) bezeichnet man Anlagen zur Sprach- oder Datenübertragung über das Stromnetz oder andere vorhandene Leitungen, indem die Signale auf eine oder mehrere Trägerfrequenzen moduliert werden.

Bei PLC-Anlagen (Powerline Communication) erfolgt der Internetzugang über Stromkabel.

Die Linz AG bietet derzeit als einziges österreichisches Unternehmen einen derartigen Internetzugang im Raum Linz an. Da die Kapazitätsgrenze erreicht ist, wird das Produkt Ende 2016 eingestellt.

www.speed-web.at

PowerLine Communication (auch als DLAN oder Homeplug bezeichnet) stellt aber heute eine Möglichkeit dar, hausintern eine schnelle Internetverbindung bereitzustellen. Dabei wird ein Powerline-Adapter mit Steckdose und xDSL-Modem/Router verbunden, weitere Adapter stellen dann in bis zu 200 m Entfernung den Internetzugang in verschiedenen Räumen bereit. Die meisten Internet-Anbieter haben Powerline-Adapter im Programm.

• <http://www.devolo.at>

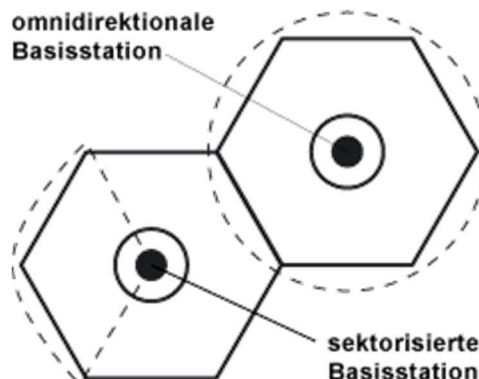
7.2 Internetanbindung über Mobilfunk

7.2.1 Grundlagen

Alle Mobilfunksysteme bestehen – unabhängig von der verwendeten Übertragungstechnologie – aus einigen elementaren Bestandteilen:

- Mobiltelefon
- Basisstation

In den meisten Fällen ist dieser kleine Teil der Übertragungsstrecke zwischen Mobiltelefon und die Basisstation die einzige Funkübertragungsstrecke. Der Rest der Übertragungsstrecke sind normale Leitungen. Nur in ganz entlegenen Gebieten, wo





weit und breit keine Kabel liegen oder deren Nutzung zu teuer ist, werden die Gespräche über Richtfunk übertragen.

Im Prinzip ist ein Mobilfunktelefon ein schnurloses Telefon, dessen Basisstation sich nicht in unmittelbarer Nähe befindet, sondern einige Kilometer weiter weg.

Ein Mobilfunknetz ist in Zellen aufgeteilt. Der Durchmesser einer Zelle beträgt mehrere Kilometer. In jeder dieser Zellen hat der Mobilfunknetzbetreiber eine oder mehrere Basisstationen aufgebaut.

Bewegt sich ein Handy-Nutzer durch das Mobilfunknetz, dann bewegt er sich durch viele solcher Zellen. Manchmal kommt es vor, dass er sich in einen Bereich einer Zelle bewegt, der sehr schlecht oder gar nicht mit Funkwellen von der Basisstation erreicht wird. Er befindet sich dann in einem Funkloch. Diese Funklöcher kommen sehr häufig vor, werden aber in vielen Fällen vom Anwender nicht bemerkt. Meistens sind diese Funklöcher ganz klein. Manche überziehen ganze Landstriche.

Das Handy strahlt seine Funkwellen in alle Richtungen aus. Bei den Basisstationen unterscheidet man zwischen der omnidirektionalen und der sektorisierten Basisstation.

Die omnidirektionale Basisstation steht im Zentrum einer Funkzelle und strahlt ihre Funkwellen genau wie das Handy in alle Richtungen (360° Abstrahlwinkel der Antenne) aus.

Die sektorisierte Basisstation wird zur Erhöhung der Gesprächskapazität eingesetzt. Sie strahlt ihre Funkwellen nur in einem von drei Sektoren einer Funkzelle aus.

Da der Mobilfunkkunde nicht immer innerhalb einer Zelle bleibt, kommt es vor, dass er sich an den Rand einer Funkzelle bewegt. Das Netz erkennt dann, wann es besser ist, eine neue Verbindung zu einer anderen Basisstation aufzunehmen. Das Netz entscheidet dann anhand der Verbindungsqualität, welche Basisstation für eine Verbindung besser geeignet ist.

Die Verbindungsqualität zu den Basisstationen wird ständig geprüft. Bei Bedarf wird die Basisstation gewechselt. Dabei wird die Verbindung zur alten Basisstation erst abgebrochen, wenn die neue Verbindung steht. Der Handynutzer merkt davon nichts. Seine Sprach- und Datenverbindungen werden unterbrechungsfrei fortgeführt.

7.2.2 Mobilfunktechnologien

Übersicht: siehe Tabelle rechts oben.

GSM (Global System for Mobile Communications)

Mit GSM wurde erstmals ein digitales Übertragungsverfahren für die Sprachübertragung verwendet. Folgende Frequenzbereiche werden verwendet:

Da es sich bei GSM-900 und DCS-1800, bedingt durch die unterschiedlichen Frequenzbereiche, um unterschiedliche Techniken handelt, sind Dualband-Handys für

| Generation | Technik | Übertragung | Datenübertragungsrates |
|------------|--------------|-----------------------------|--|
| 1G | AMPS | analog, leitungsvermittelt | nur analoge Sprachübertragung, A-, B- und C-Netz |
| 2G | GSM | digital, leitungsvermittelt | 9,6 kbit/s |
| | GPRS | digital, paketvermittelt | 115 kbit/s |
| | EDGE | digital, paketvermittelt | 236,8 kbit/s |
| 3G | UMTS | digital, paketvermittelt | 384 kbit/s |
| | HSDPA | digital, paketvermittelt | 7,2 Mbit/s |
| 4G | WiMAX | digital, paketvermittelt | 20 Mbit/s |
| | LTE | digital, paketvermittelt | 100 Mbit/s |
| | LTE Advanced | digital, paketvermittelt | 1 Gbit/s |

die Nutzung beider Frequenzbereiche nötig.

Die digitalen Daten werden mit einer Mischung aus Frequenz- und Zeitmultiplexing übertragen.

GPRS (General Packet Radio Service)

Wenn GPRS aktiviert ist, besteht nur virtuell eine dauerhafte Verbindung zur Gegenstelle (sog. *Always-on*-Betrieb). Erst wenn wirklich Daten übertragen werden, wird der Funkraum besetzt, ansonsten ist er für andere Benutzer frei. Deshalb braucht kein Funkkanal dauerhaft für einen Benutzer reserviert zu werden. GPRS-Abrechnungen sind deshalb hauptsächlich von den übertragenen Datenmengen abhängig, und nicht von der Verbindungsdauer.

GPRS arbeitet paketorientiert. Das heißt, die Daten werden beim Sender in einzelne Pakete umgewandelt, als solche übertragen und beim Empfänger wieder zusammengesetzt.

Die GPRS-Technik ermöglicht bei der Bündelung aller acht GSM-Zeitschlitze eines Kanals theoretisch eine Datenübertragungsrate von 171,2 kbit/s. Im praktischen Betrieb ist die Anzahl der nutzbaren Zeitschlitze innerhalb eines Rahmens jedoch durch die Fähigkeit der Mobilstation (*multislot capability*) und der Netze begrenzt. Am Markt befinden sich (Stand 2007) Geräte mit maximal vier Zeitschlitzen im Downlink und maximal zwei Zeitschlitzen im Uplink (jedoch nicht gleichzeitig). Die damit erreichbare Datenübertragungsrate beträgt – abhängig vom verwendeten *Coding Scheme* (hängt ab vom Signal und



UMTS/GPRS-Karte für Notebooks
(Quelle: Wikipedia)

Rauschverhältnis) und der von der Netzauslastung abhängigen Anzahl der zugeordneten Zeitschlitze (*Timeslots*) – bis zu 55,6 kbit/s. Dies entspricht in etwa der Geschwindigkeit eines V.90-Telefonmodems.

EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)

EDGE bezeichnet eine Technik zur Erhöhung der Datenrate in GSM-Mobilfunknetzen durch Einführung eines zusätzlichen Modulationsverfahrens. Mit EDGE werden GPRS zu E-GPRS (Enhanced GPRS) und HSCSD zu ECSD erweitert.

In Österreich bieten T-Mobile Austria und die Mobilkom Austria EDGE als Ergänzung zu ihrem bestehenden UMTS-Netz an. Diese Kombination wird von der Mobilkom Austria als "A1 UMTS + EDGE" vermarktet und stellt seit Sommer 2005 schnellen mobilen Datentransfer flächendeckend zur Verfügung.

Die Steigerung der Datenrate auf bis zu 59,2 kbit/s pro Kanal/Nutzer (und in Summe auf bis zu 473 kbit/s bei 8 Kanälen - im Vergleich GPRS: 171,2 kbit/s) erreicht man durch einen Wechsel hin zu einem effizienteren Modulationsverfahren (8-PSK anstatt GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*)) wie bei GSM). Dieser Wechsel geschieht

| Bandbezeichnung | Frequenzbereich | Anzahl Kanäle |
|---------------------|------------------------------------|--|
| GSM-900 (E-GSM) | 890 – 915 MHz 925 – 960 MHz | 124 Uplink-Kanäle 124 Downlink-Kanäle |
| GSM-1800 (DCS 1800) | 1710 – 1785 MHz 1805 – 1880 MHz | |

selektiv nur auf den Kanälen, die von EDGE-fähigen Geräten belegt werden.

Dadurch ist eine gleichzeitige störungsfreie Nutzung von GSM/GPRS- und EDGE-fähigen Endgeräten in derselben Funkzelle möglich. Mit den derzeit marktüblichen Endgeräten der EDGE-Klasse 10 (max. 4 Downlink-Slots und 2 Uplink-Slots) steht eine Downstream-Datenrate von 220 kbit/s und ein Upstream von 110 kbit/s zur Verfügung.

UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)

Die österreichische Mobilkom Austria startete am 25. September 2002 das erste nationale UMTS-Netz Europas, jedoch noch ohne entsprechende UMTS-Mobiltelefone in größerer Stückzahl für Endkunden anbieten zu können. Der erste Anbieter mobiler Videotelefonie über ein UMTS-Netz im deutschsprachigen Raum, der auch über entsprechende Stückzahlen von geeigneten Mobiltelefonen verfügte, war der österreichische Anbieter Hutchison 3G Austria im Mai 2003.

HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*)

HSDPA soll Downlink-Datenraten von 14,6 Mbit/s (unter Laborbedingungen), also die schnelle Übertragung großer Datenmengen (Spiele, Filme etc.) zwischen Basisstation und Mobilfunkgerät ermöglichen.

Die Übertragung der Nutzdaten erfolgt im sogenannten HS-DSCH (*High Speed Downlink Shared Channel*) in Intervallen (*Transmission Time Interval, TTI*) von drei UMTS-Zeitschlitz (slots). Ein TTI hat also eine Länge von exakt 2 ms. In dieser Zeit können einem HSDPA-fähigen Endgerät bis zu 15 HSDPA-Codes zugewiesen werden, wobei der praktische Datendurchsatz nicht proportional zur Anzahl der Kanäle steigt, da mit jedem zusätzlichen Kanal die Interferenz zunimmt und sich die Kanalqualität verschlechtert.

Ein HSDPA-fähiges Endgerät sendet im Gegenzug alle 2 ms eine Information über die Kanalqualität (*Channel Quality Indicator, CQI*). Anhand der empfangenen CQI-Werte verschiedener Endgeräte und unter Berücksichtigung anderer Daten (Pufferfüllstand, Prioritäten etc.) entscheidet die UMTS-Basisstation (der Node B) darüber, welche Endgeräte mit wie viel parallelen Kanälen bedient werden sollen. Weiterhin wird die CQI-Information dazu verwendet, die Kanalkodierung, das Modulationsverfahren und die verwendete Node-B-Ausgangsleistung auszuwählen. Die Wahl von Kanalkodierung und Modulationsverfahren in Abhängigkeit von der

Übertragungsqualität wird auch unter der Bezeichnung "Adaptives Modulations- und Kodierungsverfahren" (AMC) zusammengefasst.

Auf Anwenderseite werden mittlerweile HSDPA-Modems als USB-Sticks und Datenkarten angeboten, die den HSDPA-Standard mit 3,6 bzw. 7,2 MBit/s unterstützen. Die neuesten Produkte unterstützen auch HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*) für einen schnelleren Upload bis 1,45 MBit/s. HSDPA wird auch in viele aktuelle Smartphones integriert, welche auch als Modem verwendet werden können und somit HSDPA der breiteren Masse zugänglich machen.

Im Gegensatz zu anderen UMTS-Datenübertragungsverfahren gibt es bei HSDPA keinen *Soft Handover*. Jedes Endgerät empfängt die HSDPA-Kanäle zu jedem Zeitpunkt immer nur von einer einzigen Basisstation. Ein Wechsel von Zellen wird mittels der Prozedur HSDPA *servicing cell change* durchgeführt, welches einem Handover mit kurzer Unterbrechung gleichkommt.

Durch die im Vergleich zu UMTS bei HSDPA (idealerweise mit HSUPA kombiniert) geringeren Round-Trip-Zeiten sind viele interaktive Anwendungen erst sinnvoll möglich.

Für die Implementation von HSDPA in bestehende UMTS-Netze hinein ist es bei den meisten Systemtechnik-Herstellern ausreichend, neue Software in die Basisstationen einzuspielen. Dadurch wird es Betreibern relativ schnell möglich, den neuen Dienst anzubieten.

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*)

wird häufig als Synonym für Funkssysteme nach dem IEEE Standard 802.16 verwendet. Tatsächlich bezeichnet der Name jedoch eigentlich das WiMAX-Forum, bzw. häufig auch 802.16-Systeme, welche dem sogenannten WiMAX-Profil genügen. Innerhalb der 802.16-Familie gibt es Standards, welche sich zum einen vorwiegend für ortsfeste Systeme eignen (z.B. Richtfunkssysteme), als auch Standards für den Einsatz in tragbaren Geräten.

WiMAX-Netze finden sich somit gleichermaßen bei der Anbindung von GSM/UMTS-Basisstationen (Backhauling-Bereich) als auch bei der Bereitstellung drahtloser Internet-Zugänge (Zugangs-Bereich). Derzeit werden in zahlreichen Ländern WiMAX-Netze aufgebaut.

Im Oktober 2004 haben 4 Unternehmen die nötigen Funkfrequenzen in einer Auktion ersteigert. Als einziger Interessent hat das österreichisch-schweizerische WiMAX Telecom-Konsortium landesweite Lizenzen erworben. WiMAX Telecom hat 2005 und 2006 Netze im Burgenland, im Wiener Becken und in der Oststeiermark in Betrieb genommen. Lizenzen erwarben auch UPC Telekabel, Telekom Austria sowie Teleport. Die Telekom Austria hat jedoch ihre Lizenzen, mangels Interesse, Ende Dezember 2007 zurück gegeben.

LTE (*Long Term Evolution*)

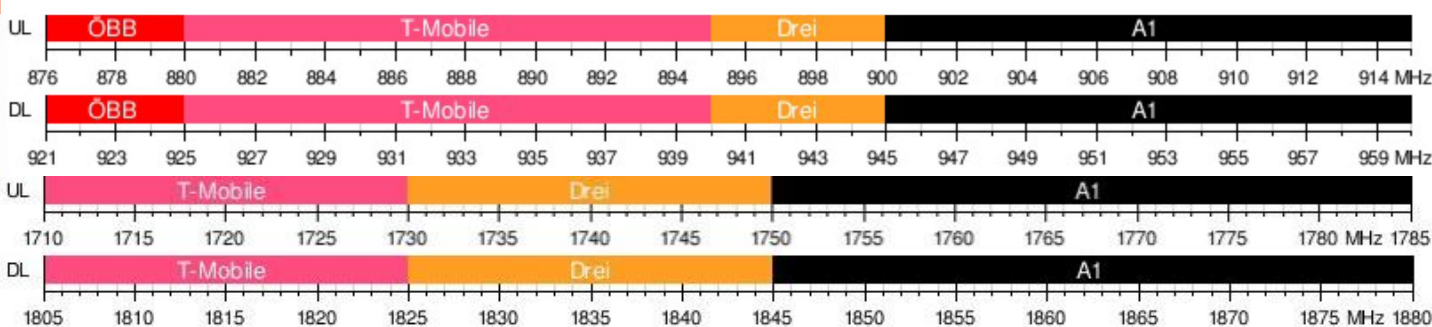
3GPP *Long Term Evolution* (LTE), auch als High Speed OFDM Packet Access (HSOPA) oder Super 3G oder 3.9G bezeichnet, wird im Rahmen des 3GPP als UMTS Nachfolger standardisiert.

Ein Vorläuferkonzept wurde von Nortel unter dem Namen *High Speed OFDM Packet Access* (HSOPA) vorgestellt. LTE verwendet *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) Techniken sowie Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) Antennentechnologie. Damit soll es den Mobilfunkanbietern möglich sein, kostengünstig hochratige Datendienste anzubieten und so das mobile Internet zum Massenmarkt zu machen. Die geringen Latenzzeiten bei LTE erlauben die Übertragung von Sprachdiensten über das Internet Protokoll (VoIP), sowie den Einsatz zeitkritischer Anwendungen wie z. B. Spiele oder Video Streaming (IPTV).

7.2.3 Mobilfunk-Netzbetreiber

Der Netzbetreiber ist derjenige, der das Netz aufbaut, wartet und in Stand hält.

In Österreich vergibt die Telekom-Regulierungsbehörde RTR (Rundfunk- und Telekom Regulierungs-GmbH) die für Mobilfunk nutzbaren Frequenzen im Rahmen einer Versteigerung. Die letzte Versteigerung wurde 2013 durchgeführt. Die Aufteilung der Frequenzen für den Zeitraum 2018 – 2034 sieht folgendermaßen aus: (Grafik unten)





| Netzvorwahl | Eigentümer | Marktanteil 2. Quartal 2015 |
|-------------------------------|--|-----------------------------|
| 0664 – Marke A1 | A1 Telekom Austria (Kooperationsabkommen mit Vodafone) | 40,2 % |
| 0676 – Marke T-Mobile | T-Mobile Austria GmbH (vormals max.mobil, jetzt zur T-Mobile-Gruppe gehörend) | 29,2 % |
| 0660, 0699 – Marke „Drei (3)“ | Hutchison 3G Austria GmbH, Tochter von Hutchison Whampoa Ltd. Die Vorwahl 0669 gehörte früher dem Unternehmen Orange (davor one bzw. Connect Austria), das 2012 von „Drei“ übernommen wurde. | 28,2 % |

Österreichische Mobilfunkgesellschaften mit eigenem GSM- und UMTS-Netz, inkl. vorangestellter Vorwahl für das Netz:

Anbieter von Mobilfunktarifen ohne eigene Netzinfrastruktur, so genannte Reseller/Brands (MVNO = *Mobile Virtual Network Operators*):

- 0663 – Marke Saturn Mobil bzw. Media Markt Mobil (MVNO im Drei-Netz)
- 0650 – tele.ring (vormals Western Wireless, jetzt zur T-Mobile-Gruppe gehörend). tele.ring verfügt seit Ende August 2006 über kein eigenes UMTS-Netz mehr. Das GSM-Netz wurde abgeschaltet und in das Netz von T-Mobile Austria integriert. Seither ist tele.ring kein Unternehmen mehr, sondern nur mehr eine Marke von T-Mobile Austria.
- 0677 – HoT (Vertrieb durch Hofer KG; Netz von T-Mobile).
- 0678 – UPC Mobile (MVNO im Drei-Netz)
- 0699/81 – YESSS! (MVNO im A1-Netz)
- 0680, 0688 – bob (MVNO im A1-Netz; die Vorwahl 0688 stammt von Tele2, die an A1 verkauft wurde)
- 0681 – YESSS! (Vertrieb Billa, Merkur, ADEG, Libro, Post, Tankstellen etc.; A1-Netz)
- 0655 - eety (wurde 2015 von Drei übernommen)
- YOUMOBILE MVNE, der für andere MVNOs Dienste abwickelt. Es besteht ein Netznutzungsvertrag mit T-Mobile. Über die MVNE-Plattform von YOUMOBILE werden derzeit folgende MVNOs abgewickelt: VINMOBILE, procos MOBILE, YOUTALK

Den eigentlichen Anschluss an das Mobilfunknetz und den Kartenvertrag erhält man nicht zwangsläufig vom Netzbetreiber. Ein sogenannter Service-Provider kauft von den Netzbetreibern Minuten und Anschlüsse (Rufnummern) ein, schaltet die SIM-Karte frei und verschickt auch die monatliche Gebührenabrechnung.

Durch die Mittler- bzw. Händlerfunktion zwischen Nutzer und Netzbetreiber entstehen sehr viele Tarife und Tarifoptionen, die auf unterschiedliche Kundenbedürfnisse zugeschnitten sind.

Der Kunde kann sich so den für sich günstigsten Tarif herausuchen. Die Auswahl an Tarifen der unterschiedlichsten Anbieter ist jedoch groß. Jeder Provider bietet seine Leistungen (SMS, WAP, Internet, E-Mail, i-mode) zu unterschiedlichen Preisen an. So kann eine Änderung des Kommunikationsverhaltens zu einer teureren Gebührenrechnung führen als ursprünglich geplant.

7.3 Hybrid-Internetanbindungen

Seit 2016 sind in Österreich auch Internetanbindungen verfügbar, die eine Kombination aus Festnetz- Internetanschluss und 4G/LTE darstellen.

A1 Telekom Austria verkauft diese Technologie unter der Bezeichnung „Hybrid Boost“.

Die Anbindung für den Endkunden erfolgt mit einem Kombigerät („A1-Hybrid-Box“), welches aus einem Breitband-WLAN-Modem/Router und einem 4G/LTE-Modul besteht.

Damit sind je nach Verfügbarkeit folgende Internetgeschwindigkeiten möglich:

- 100 Mbit/s Download, 20 Mbit/s Upload
- 50 Mbit/s Download, 10 Mbit/s Upload

Foto: A1

