

# Freifunk

Freie Funknetze als Chance  
für den ländlichen Raum



Freifunk



Adrian Meier

Freifunk

Freie Funknetze als Chance für den ländlichen Raum



## Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

AVM - Akademische Verlagsgemeinschaft München 2010  
© Thomas Martin Verlagsgesellschaft, München

Umschlagabbildung: © cornelius - Fotolia.com

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urhebergesetzes ohne schriftliche Zustimmung des Verlages ist unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Nachdruck, auch auszugsweise, Reproduktion, Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie Digitalisierung oder Einspeicherung und Verarbeitung auf Tonträgern und in elektronischen Systemen aller Art.

Alle Informationen in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet und geprüft. Weder Autoren noch Verlag können jedoch für Schäden haftbar gemacht werden, die in Zusammenhang mit der Verwendung dieses Buches stehen.

e-ISBN (ePDF) 978-3-96091-185-2  
ISBN (Print) 978-3-86924-752-6

Verlagsverzeichnis schickt gern:  
AVM - Akademische Verlagsgemeinschaft München  
Schwanthalerstr. 81  
D-80336 München

[www.avm-verlag.de](http://www.avm-verlag.de)

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit mit Geduld und Ratschlägen begleitet und unterstützt haben, herzlich bedanken. Insbesondere danke ich Prof. Dr. Roderus und Prof. Eitz von der Hochschule Ansbach für die wertvollen Tipps und konstruktiven Gespräche.

## Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung / Abstract.....	7
2 Einleitung.....	9
3 Situation in ländlichen Gebieten.....	13
3.1 Status Quo der Breitbandversorgung in ländlichen Gebieten.....	13
3.2 Politische Situation.....	15
3.3 Mögliche Breitband-Technologien.....	17
3.3.1 Festnetzleitung Telekom / DSL.....	17
3.3.2 Fernseekabel.....	22
3.3.3 Satellitengestützte Lösungen.....	24
3.3.4 Mobilfunk.....	26
3.3.5 WiMAX.....	29
3.3.6 WLAN.....	31
3.3.7 Bewertung der technischen Möglichkeiten.....	34
3.4 Besondere Problemstellung in ländlichen Gebieten.....	38
3.5 Situation in der Gemeinde Bechhofen.....	41
3.5.1 Verfügbarkeit der einzelnen Technologien.....	42
3.5.2 Bedarfsumfrage der Gemeinde.....	47
4 Freie Ad-Hoc-Funknetze.....	51
4.1 Was ist Freifunk.....	51
4.1.1 Idee.....	51
4.1.2 Beweggründe und Konzept.....	54
4.1.3 Technische Voraussetzungen.....	57
4.1.4 Pico Peering Agreement.....	58
4.1.5 Bisherige Umsetzungen.....	64
4.1.6 Community.....	65
4.2 Benötigte Hardware.....	67
4.3 WLAN und Mesh-Netze.....	71
4.3.1 Betriebsmodus: Infrastruktur vs. Ad-Hoc.....	71
4.3.2 Bandbreitenproblematik bei Multihop-Links.....	75
4.3.3 TCP in vermaschten Funknetzen.....	77
4.3.4 Exposed Nodes und Hidden Nodes.....	79
4.3.5 Reichweitenpotential und Ausfallsicherheit.....	81
4.4 Routing-Protokolle für Mesh-Netzwerke.....	82
4.4.1 OLSR.....	84
4.4.2 B.A.T.M.A.N.....	89
4.4.3 IEEE 802.11s.....	94

4.5 Technische Organisation.....	96
4.5.1 Namenskonventionen bei ESSID und IBSSID.....	96
4.5.2 IP-Adressvergabe.....	99
4.6 Freifunk-Firmware.....	103
4.7 Software für Client-Nodes.....	105
4.8 Reichweite.....	106
4.8.1 Störende Hindernisse und Timing-Probleme.....	107
4.8.2 Reichweitensteigerung durch Antennen.....	110
4.9 Störfaktoren.....	114
4.9.1 Interferenzen mit 2,4 GHz-Anwendungen.....	114
4.9.2 Unkollegiales Nutzerverhalten.....	117
4.9.3 Wettereinflüsse.....	118
4.10 Gateway-Funktionalität.....	118
4.10.1 Ablauf und Vorteile.....	119
4.10.2 Problemstellung Gateway-Switching.....	120
4.10.3 Filtermechanismen.....	122
4.11 Sicherheit.....	125
4.11.1 Abschirmung privater LANs.....	126
4.11.2 Verschlüsselte Funkübertragung.....	127
4.11.3 Sichere Konfiguration der Knotenpunkte.....	129
4.12 Vernetzung Freifunk-Inseln und -Communities.....	131
4.13 Rechtliche Fragen.....	134
4.14 Mögliche Gesundheitsrisiken.....	139
5 Praxisversuche.....	143
5.1 Ziel der Praxisversuche.....	143
5.2 Planung.....	144
5.2.1 Adressbereich unter wiki.freifunk.net reservieren.....	145
5.2.2 Netzkonfiguration planen.....	146
5.3 Aufbau.....	148
5.3.1 Auswählen und Beschaffen der benötigten Hardware.....	149
5.3.2 Einspielen der Freifunk-Firmware.....	150
5.3.3 Konfiguration der Freifunk-Firmware.....	153
5.3.4 Herstellen einer Internetverbindung für das Freifunk-Netz.....	165
5.3.5 Installieren zusätzlicher Pakete.....	166
5.4 Tests.....	168
5.4.1 Erste automatische Vermaschung mehrerer Nodes.....	168
5.4.2 OLSR.org-Client-Software.....	169
5.4.3 Dynamische Routenwahl.....	172
5.4.4 Netzstabilität.....	174

5.4.5 Einbringen von Internetanschlüssen.....	177
5.4.6 Reichweitentests.....	181
5.4.7 Anbinden Weiler Aub an Großenrieder Freifunk-Netz.....	193
6 Konzept zur Umsetzung im ländlichen Raum.....	197
6.1 Wie kann man bei Freifunk mitmachen?.....	198
6.2 Netz-Nukleus als Vorzeigeobjekt.....	200
6.3 Vereinsstruktur als Starthilfe, eigener Verein als Fernziel.....	201
6.4 Promotion des weiteren Netzausbaus.....	203
7 Fazit.....	207
8 Ausblick: Internationales.....	209
9 Glossar.....	211
10 Literaturverzeichnis.....	217
10.1 Bücher, Zeitschriftenartikel.....	217
10.2 Internetquellen.....	219
11 Abbildungsverzeichnis.....	225
12 Tabellenverzeichnis.....	226



## **1 Zusammenfassung / Abstract**

Breitbandversorgung für alle ist für industrialisierte Nationen unstrittig ein Muss. Noch immer gibt es jedoch vorwiegend im ländlichen Raum Deutschlands große Lücken. Nach einer Beschreibung der Funktionsweise derzeit verfügbarer Breitband-Technologien wird die momentane Internetversorgung auf dem Land am Beispiel der Gemeinde Bechhofen in Mittelfranken analysiert. Ein möglicher Lösungsansatz zur Schließung der Versorgungslücken könnte die Initiative Freifunk darstellen. Freifunk beruht auf der Errichtung freier, vermaschter Ad-hoc-Funknetze auf WLAN-Basis, an denen jeder Interessierte mit minimalen Kosten aktiv teilnehmen kann. Durch das Einbringen von Internetanschlüssen in das Netzwerk lassen sich diese mit allen anderen Netzteilnehmern teilen. Nachdem die Freifunk-Idee, die dahinter steckenden Konzepte und die nötige Technik erläutert wurden, wird in der Theorie und anhand zahlreicher praktischer Tests überprüft, ob derartige Netze Versorgungslücken im ländlichen Raum schließen können. Abschließend wird ein Konzept zur organisatorischen Umsetzung eines Freifunk-Netzes skizziert.

Broadband supply for everybody is undoubtedly a must for all industrialised nations. However, there are still huge gaps especially in rural areas of Germany. After a description of the functional capabilities of the currently available Broadband technology, the current Internet supply to the countryside will be analysed, using the example of the community Bechhofen in Middle Franconia. As a possible solution to close these supply gaps, the initiative "freifunk" is being presented. This initiative is based on the establishment of free, interconnected ad hoc wlan networks which anybody who is interested can use actively at minimal cost. By inserting internet accesses into the network, these can be shared with all other people participating in the network. After proposing the idea of "freifunk", its concept and the required technology, the possibilities of such networks closing the supply gaps in the rural areas are being checked with numerous practical tests. Finally, a concept for the organisational realization of a "freifunk"-network is being outlined.



## 2 Einleitung

Die Notwendigkeit eines breitbandigen Internetanschlusses nimmt in der Informationsgesellschaft des 21. Jahrhunderts beständig immer weiter zu. Für viele Tätigkeiten und Aufgaben ist der schnelle Zugang zum weltweiten Netz essentiell und inzwischen nicht mehr weg zu denken. Dabei beschränkt sich die Bedeutung eines schnellen Zugangs längst nicht mehr nur auf Unternehmen, bei denen diese auf den ersten Blick deutlich ist. Auch im privaten Bereich ist diese auf dem Vormarsch und umfasst nahezu alle Belange des täglichen Lebens: Der Einkauf bei einem der großen Versandhäuser, die nicht erst seit heute laut darüber nachdenken, die Verteilung gedruckter Kataloge möglichst bald einstellen zu wollen und sich in erster Linie online zu präsentieren, ist dabei nur ein Indiz. Vor allem im Bereich Bildung wächst die Bedeutung des World Wide Web: Während in Kindergärten und Schulen der Ausbau von Breitband-Internet immer weiter voran getrieben wird und bei Hochschulen längst zum Standard gehört, wächst jedoch gerade die Bedeutung des Vorhandenseins eines vergleichbar schnellen Zugangs am heimischen PC. Es wird erwartet und vorausgesetzt, dass sich Schüler und Studenten im Netz informieren, für Referate, Vorträge und Arbeiten recherchieren, zusätzliche Lehrmaterialien herunterladen und bearbeiten, E-Learning-Angebote wahrnehmen, sich für Prüfungen anmelden und vieles mehr. Zudem ist in vielen Haushalten kein gedrucktes Lexikon mehr vorhanden, vielfach ersetzen dies bereits heute Wikipedia, Google und Co – sofern man einen geeigneten Internetanschluss hat, um die vielen sich bietenden Möglichkeiten zu nutzen. Doch auch darüber hinaus: Bankgeschäfte werden bevorzugt per Online-Banking von zu Hause aus erledigt, die Steuererklärung wird per Elster (elektronische Steuererklärung) direkt online übermittelt, und sogar die großen Stromkonzerne machen sich die Vorteile des Internets zu Nutze, indem Kunden ihren Stromzähler direkt selbst ablesen und die Werte in ein Webformular eintragen sollen. Auch selbständig Arbeitende sind in den allermeisten Fällen ohne Breitbandinternet stark eingeschränkt: Der Designer, der seine Werke auf CD brennt und damit per PKW in die Druckerei fährt, dürfte sich schnell nach effizienteren Möglichkeiten der Datenübermittlung umsehen. Und nicht zuletzt die im-

mer weitere Verbreitung von multimedialen Inhalten und Angeboten machen in Zeiten des Web 2.0 einen schnellen Internetzugang fast unumgänglich, wenn die Nachrichten oder die im Fernsehen verpasste Lieblingsserie schnell noch einmal online angesehen und die selbst gedrehten neuen Handyvideos auf YouTube hoch geladen werden. Kurzum: „Der Breitband-Zugang zum Internet ist das Rückgrat der wissensbasierten Gesellschaft, ein Zurückbleiben verringert die Standortattraktivität, kostet Wachstum und damit Arbeitsplätze.“<sup>1</sup>

Während in den großen Städten Breitband-Internetzugänge meist kein Problem darstellen und aus vielen verschiedenen technischen Möglichkeiten und Anbietern gewählt werden kann, schauen auf dem Land nach wie vor viele Haushalte sprichwörtlich in die Röhre. Und auch wenn die Politik den Trend der Zeit langsam erkannt zu haben scheint, wie die anlaufenden Förderprogramme beweisen, ist längst nicht sicher vorhersagbar, wann in ländlichen Gebieten wenigstens eine Technik für einen schnellen Internetanschluss flächendeckend und bezahlbar auch in kleinen Ortschaften verfügbar sein wird. Dies macht ein Nachdenken über mögliche Alternativen nötig. Dabei rücken vor allem solche Möglichkeiten immer mehr in den Blickpunkt, die nicht auf große Konzerne, Provider oder die Politik angewiesen sind, sondern vornehmlich auf privater Initiative beruhen, damit also nicht im reinen Kauf eines Firmenprodukts bestehen. Diesen Ansatz will die vorliegende Arbeit am Beispiel von vermaschten Ad-Hoc-Funknetzen auf WLAN-Basis verfolgen. So soll geprüft werden, ob Mesh-Netzwerke eine wirkliche Alternative im ländlichen Raum sein können, um Versorgungslöcher im Breitbandangebot durch Funknetze zu schließen. Dazu soll zunächst die Situation in derartigen Gebieten an einem Beispiel genauer erläutert werden, verschiedene mögliche Technologien zur Erschließung unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten gegenüber gestellt und anschließend die Technik und Funktionsweise von vermaschten Ad-Hoc-Funknetzen in ihrem Konzept, der Theorie und bisherigen Umsetzungen vorgestellt werden. Im zweiten Teil der Arbeit sollen

---

1 **[I-093]** Schneller Internet-Zugang - Schlüssel zum Wirtschaftswachstum,  
<http://www.pressetext.de/>

schließlich die theoretischen Überlegungen zu vermaschten Ad-Hoc-Funknetzen in der praktischen Anwendung überprüft werden. Beschrieben wird dabei der Aufbau eines lokalen Ad-Hoc-Netzes, angefangen bei der Beschaffung der Hardware, der Softwarekonfiguration bis hin zu Stabilitätstests beim Ausfall einzelner Verbindungen sowie die Voraussetzungen und Schwierigkeiten bei der Umsetzung eines dauerhaften Betriebs. Im Ergebnis wird sich zeigen, ob sich diese Technik dazu eignet, die vorgegebenen Ziele zu erreichen.



### **3 Situation in ländlichen Gebieten**

In Städten sind schnelle Internetangebote längst selbstverständlich, teilweise werden inzwischen Bandbreiten von bis zu 50 Mbit/s angeboten, zumindest 16 Mbit/s gehören in weiten Teilen längst zum Standard. Laut Breitbandatlas des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie sind in Deutschland bereits 98% der Haushalte mit Breitband-Internet versorgt. Dabei stellen sich jedoch zwei Fragen: Ab welcher Übertragungsrate ist ein Anschluss im Sinne des Breitbandatlas „Breitband“, und wie ist der Stand bei den restlichen 2% der Haushalte, die vornehmlich auf dem Land zu finden sind?

#### **3.1 Status Quo der Breitbandversorgung in ländlichen Gebieten**

Eine einheitliche Definition für den Begriff Breitbandigkeit gibt es weder national noch international, schon alleine deswegen, weil sich eine solche Definition dynamisch mit der technischen Entwicklung verändern müsste. Hinzu kommen außerdem die unterschiedlichen infrastrukturellen und versorgungstechnischen Voraussetzungen. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren sehen „die Bundesnetzagentur, aber auch z. B. die britische Regulierungsbehörde OFCOM die doppelte ISDN-Geschwindigkeit von 128 kbit/s und mehr als Grenze an, oberhalb derer von Breitbandigkeit gesprochen werden kann. Mit 144 kbit/s setzt die EU Kommission ihre Definition von Breitbandigkeit nur geringfügig höher an. Die amerikanische Regulierungsbehörde FCC sieht Breitbandigkeit bei einer Übertragungsgeschwindigkeit von 200 kbit/s und mehr als gegeben an, während die OECD oberhalb von 256 kbit/s von Breitbandigkeit ausgeht. Die Internationale Fernmeldeorganisation ITU (ITU-T I.113) schließlich spricht erst bei Bitraten von mehr als 1,5 bzw. 2 Mbit/s von Breitbandigkeit.“<sup>2</sup>

Da in Deutschland zwischen 128 kbit/s und 384 kbit/s de facto keine Angebote bestehen, spricht der Breitbandatlas des Ministeriums ab einer Geschwin-

---

2 [BÜL] Breitband für jedermann - Infrastruktur für einen innovativen Standort, Franz Büllingen, Peter Stamm, S. 42

digkeit von 384 kbit/s von einem Breitbandanschluss.<sup>3</sup> Daraus folgt, dass auch alle DSL-Light-Kunden in diesem Zusammenhang als versorgt gelten. Inwiefern 128 kbit/s bzw. 384 kbit/s mit Blick auf die Zukunft ausreichen, scheint zumindest fraglich. Zwar sind zur kurzfristigen Auflösung von Engpässen Strategien einer breitbandtechnischen „Erstversorgung“ wichtig, jedoch reichen diese kaum aus, will man nicht Gefahr laufen, dass mittel- und langfristig statt „weißer Flecken“ „graue Flecken“ entstehen. „Bedingt durch den weiteren Anstieg der durchschnittlichen Bandbreiten werden mittelfristig jene Anschlüsse verbessert werden müssen, die Bitraten von weniger als 1-2 Mbit/s aufweisen“, warnt die von der Landesregierung Rheinland-Pfalz in Auftrag gegebene Studie „Breitband für jedermann - Infrastruktur für einen innovativen Standort“. Die durchgeführte Erhebung habe gezeigt, dass Datenraten von weniger als 1 Mbit/s im ländlichen Raum künftig den Bedarf auch für Privathaushalte nicht decken werden.<sup>4</sup>

Nach den Festlegungen des Breitbandatlas sind derzeit für etwa 98% Prozent der deutschen Haushalte Breitband-Anschlüsse verfügbar, also mindestens 384 kbit/s. Die restlichen zwei Prozent entsprechen jedoch noch immer 733.000 Haushalten, die diese Möglichkeit – abgesehen von satellitengestützten Lösungen – nicht haben.<sup>5</sup> Setzt man als Grenze für Breitband-Internet einen Anschluss mit 1 Mbit/s voraus, sind es gar vier Millionen Haushalte<sup>6</sup>, hebt man sie auf 2 Mbit/s, sind nur noch 70 Prozent der deutschen Haushalte versorgt<sup>7</sup> – und die übrigen findet man in allen genannten Szenarien vor allem im ländlichen Raum.

Bezeichnet wird dieses Phänomen als eine Ausprägung der Digitalen Kluft oder Digitalen Spaltung. Neben verschiedenen unter diesen Begriff fallenden Ungleichheiten sind die „zentralen Aspekte einer digitalen Spaltung in

---

3 **[BRE2]** Breitbandentwicklung in Deutschland, Breitband der Zukunft - Strategiepapier, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, S. 8

4 **[BÜL]** Breitband für jedermann - Infrastruktur für einen innovativen Standort, Franz Büllingen, Peter Stamm, S. 108

5 **[I-033]** Förderung von Breitbandzugängen im ländlichen Raum, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, <http://www.zukunft-breitband.de/>

6 **[I-024]** Digitale Kluft, Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/>

7 **[I-010]** Breitband-Internet: 30 Prozent ohne Anschlüsse, n-tv, <http://www.n-tv.de/>

Deutschland und Europa die technische Verfügbarkeit breitbandiger Internetzugänge und die Möglichkeit kostengünstiger Always-On-Internet-Nutzung mittels Flatrates. Dieser engere Aspekt der digitalen Kluft wird auch als Breitbandkluft bezeichnet<sup>8</sup>. Problematisch ist dies vor allem, da sich die daraus resultierende Schere zwischen ländlichen und städtischen Gebieten immer weiter öffnet und die Tendenz hin zu einer in vielen Zusammenhängen gern zitierten Zwei-Klassen-Gesellschaft aus entwickelten und unterentwickelten Regionen verstärkt wird. So beschrieb beispielsweise der Geschäftsführer des Verbandes der deutschen Internetwirtschaft eco, Harald Summa, sein Worst-Case-Szenario für Deutschland bei keiner Verbesserung der Lage: „Regionen, die bereits unterversorgt sind, wären dann noch stärker benachteiligt.“<sup>9</sup>

### **3.2 Politische Situation**

Die Ausgangssituation für einen weiteren Netzausbau läßt sich kurz so beschreiben: Die Telekom verlautbart: "Die Deutsche Telekom macht sich stark für den kurzfristigen deutschlandweiten Ausbau von moderner Breitband-Infrastruktur"<sup>10</sup>, allerdings sei ein solches Projekt nur zu meistern, "wenn die Rahmenbedingungen stimmen, und dazu zählt in erster Linie eine insgesamt investitionsfreundlichere Regulierung". Mit anderen Worten: Eine Investition in den Netzausbau kann nur erfolgen, wenn die politischen Rahmenbedingungen verhindern, dass andere Anbieter hier aktiv werden können, also die Markt deregulierung einschränken und die Monopolnutzung sichern. Versprochen werden in dieser, ebenso wie bei anderen Anbietern in der Regel Breitbandanschlüsse von 1-3 Mbit/s. Es gilt aber folgendes zu bedenken: „Die technische Entwicklung auf dem Gebiet der breitbandigen Kommunikation ist immens. Was heute quantitativ als breitbandig eingestuft wird, dürfte deshalb schon bald als Schmalband-Verbindung gelten.“<sup>11</sup>

---

8 [I-024] Digitale Kluft, Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/>

9 [I-011] Breitband: Zwei-Klassen-Gesellschaft droht, <http://www.presetext.de/>

10 [I-026] DSL-Ausbau: Telekom setzt Regierung unter Druck, André Vatter, <http://www.onlinekosten.de/>

11 [I-112] Was wir unter Breitband verstehen, Deutsche Breitbandinitiative, <http://www.breitbandinitiative.de/>

Viele Verbände und Vereinigungen stellen inzwischen unisono fest, dass die Versorgung mit einem Breitbandzugang zum Internet ein klarer Wettbewerbsfaktor ist. Stellvertretend sei hier die Schrift des deutschen Städte- und Gemeindebunds „Breitbandanbindung von Kommunen, durch innovative Lösungen Versorgungslücken schließen, Grundlagen – Beispiele – Ansprechpartner“<sup>12</sup> erwähnt.



BREITBAND-INITIATIVE BAYERN  
Abbildung 1: Logo der  
Breitband-Initiative-  
Bayern. (Quelle: Breit-  
band-Initiative-Bayern)

In Bayern wurde erkannt, dass ein Ausbau der Internetzugänge in den unterversorgten Gebieten nur mit staatlicher Lenkung und Förderung erfolgen wird. Daher wurde die „Breitband-Initiative-Bayern“ (siehe Abbildung 1 auf Seite 16) gestartet, die in sechs festgeschriebenen Schritten zu einem Ausbau, gestützt durch staatliche Förderung führen soll. Diese sechs Schritte sind:

1. Bestimmung eines Breitband-Paten als Verantwortlichen und Ansprechpartner
2. Ist-/Bedarfsanalyse mittels z.B. einer Bedarfsumfrage
3. optional: Planungen / Machbarkeitsstudien
4. Markterkundung durch eine Veröffentlichung der Bedarfsprofile
5. Auswahlverfahren
6. Förderantrag

In diesem Verfahren stecken zur Zeit viele Gemeinden in Bayern. Die ersten Anträge wurden bereits genehmigt. Falls sich im Punkt 4 keine Firma findet, die einen Ausbau kostenneutral vornehmen will, kann letztlich über einen Förderantrag mit bis zu 50.000 € Zuschuss der Ausbau unterstützt werden. Die Richtlinien für dieses Verfahren, insbesondere die Förderhöhen oder die Möglichkeit von Gemeindegrenzen überschreitenden Planungen und Anträgen sind sehr im Fluss. Der Bedarf erfasst bei diesem Programm vorwiegend die gewerbliche Notwendigkeit und lässt den privaten Bedarf etwas außen vor.

---

12 [BREI] Breitbandanbindung von Kommunen, Durch innovative Lösungen Versorgungslücken schließen, Deutscher Städte- und Gemeindebund

Zusätzlich hat auch der Bund im Zuge des sogenannten Konjunkturpaket II eine massive Förderung des Ausbaus in Aussicht gestellt. So heißt es im Beschluss 6: Breitbandstrategie der Bundesregierung:

*„Massiver Ausbau von Breitbandnetzen und Unterstützung beim Aufbau von leitungsgebundenen und funkgestützten Hochleistungsnetzen. Besonders nicht versorgte Gebiete im ländlichen Raum sollen bis Ende 2010 abgedeckt sein. Bis spätestens 2014 soll es für 75 Prozent der Haushalte und bis 2018 für alle Haushalte in Deutschland Anschlüsse mit Übertragungsraten von mindestens 50 Megabit pro Sekunde zur Verfügung stehen. Die Umsetzung dieser Zielsetzungen will die Bundesregierung mit einer Breitbandstrategie im Februar 2009 vorlegen.“<sup>13</sup>*

### **3.3 Mögliche Breitband-Technologien**

Inzwischen steht eine Vielzahl an verschiedenen Technologien zur Verfügung, mit denen sich breitbandige Internetanschlüsse realisieren lassen. Angefangen bei dem in Deutschland sehr weit verbreiteten und deshalb im Sprachgebrauch oft fälschlicherweise mit dem Begriff Breitband-Internet gleichgesetzten DSL, über die in jüngster Zeit an Bedeutung gewinnende Anbindung per Fernsehkabel bis hin zu verschiedenen funkgestützten Lösungen. Dabei haben alle Technologien ihre spezifischen Vor- und Nachteile, weshalb bei einem Ausbau der Breitband-Versorgung in bisher nicht erschlossenen Gebieten nicht pauschal eine einzige favorisiert werden kann, sondern vielmehr die regionalen Gegebenheiten berücksichtigt werden sollten.

#### **3.3.1 Festnetzleitung Telekom / DSL**

DSL steht für „digital subscriber line“ (englisch für „Digitaler Teilnehmeranschluss“) und bezeichnet die Verwendung bereits bestehender Telefonleitungen für die Bereitstellung eines Breitband-Internetanschlusses. Dabei beruht diese Technik auf der Tatsache, dass das Telefon-Leitungsnetz durch die Sprachübertragung bei Weitem nicht ausgelastet ist, sondern noch große freie Kapazitäten bereithält, die für die Datenübertragung genutzt werden. Durch

---

13 [I-065] Konjunkturpaket II, Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/>

die Verwendung eines weitaus größeren Frequenzbereichs im Vergleich zu herkömmlichen analogen Telefonanschlüssen oder ISDN können bei DSL sehr hohe Geschwindigkeiten erzielt werden. Dies ist jedoch mit dem Nachteil einer stark eingeschränkten Reichweite verbunden, was eine Verarbeitung des Signals bereits in der jeweiligen Ortsvermittlungsstelle notwendig macht. Dort wird das Signal zusammen mit den Sprachanwendungen des Telefonnetzes mit Hilfe eines ersten Splitters zusammengefügt, ein zweiter Splitter als Gegenstück auf Kundenseite trennt beide Signalbereiche wieder voneinander. In der Ortsvermittlungsstelle wandelt nach dem Splitvorgang ein DSLAM das analoge in ein digitales Signal, welches anschließend über breitbandige Glasfaserleitungen an den Backbone des Providers übertragen wird (siehe Abbildung 2, Seite 18). Dadurch lassen sich hohe Übertragungsraten erzielen, je nach verwendeter DSL-Technik derzeit bis zu 50 Mbit/s im Downstream und 10 Mbit/s im Upstream.

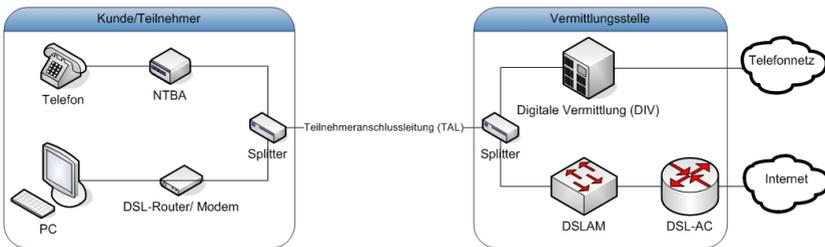


Abbildung 2: DSL von der Vermittlungsstelle bis zum Kunden. (Quelle: Wikipedia)

Für Privatkunden sind die verschiedenen ADSL-Varianten (Asymmetrisches DSL) am weitesten verbreitet, die eine hohe Datenrate in Richtung Nutzer, eine niedrigere in Richtung Internet ermöglichen. Vor allem für Firmenkunden hingegen kommen oftmals auch SDSL-Varianten (symmetrisches DSL) mit gleichen Datenraten in Send- und Empfangsrichtung zum Einsatz. Durch die Verwendung bereits vorhandener Leitungen sind die Kosten für eine Bereitstellung von DSL meist überschaubar – sofern die Rahmenbedingungen wie vorhandene Leitungen und Entfernung der Kunden zur nächsten Vermittlungsstelle, gegeben sind. Zwar müssen auch dann noch die Vermittlungsstel-

len ausgebaut und bei den Endkunden DSL-Splitter und -modem installiert werden, jedoch halten sich die Ausgaben in Grenzen, da kein komplett neues Leitungsnetz errichtet werden muss.

Durch die stark begrenzte Reichweite, die durch Dämpfung der Signale sowie weitere Effekte wie Crosstalk (Über- oder Nebensprechen) beeinträchtigt wird, ergeben sich jedoch auch einige Nachteile dieser Technik. Zwischen Vermittlungsstelle und Hausanschluss dürfen je nach Leitungsart und zum Einsatz kommendem DSL-Verfahren nur wenige Kilometer liegen. Ist eine gewisse kritische Entfernung erreicht, ist nur noch eine deutlich eingeschränkte Datenrate nutzbar. Überdies kann diese Datenrate nicht garantiert werden, was in der DSL-Anfangszeit zur Folge hatte, dass in solchen Haushalten überhaupt kein DSL mehr angeboten wurde. Zwar gibt es inzwischen auch Angebote mit entsprechend geringeren Bandbreiten, jedoch kommt es in Randbereichen der Versorgung noch immer häufig vor, dass von einem Haus zum nächsten plötzlich kein DSL-Anschluss mehr oder nur noch eine sehr viel geringere Datenrate verfügbar ist. Da große Entfernungen zur Vermittlungsstelle vornehmlich in dünn besiedelten ländlichen Gebieten auftreten, ist die Versorgung hier besonders kritisch. Die Deutsche Telekom, in diesen Bereichen meist einziger Breitband-Anbieter, setzt zudem gerade bei längeren Anschlussleitungen meist noch immer die eigentlich veraltete fixe Ratenschaltung ein, bei der der DSLAM die Datenrate fest vorgibt. Kann diese aufgrund zu starker Störungen oder Dämpfung dauerhaft oder temporär nicht erreicht werden, schlägt der Verbindungsaufbau fehl. Eine weitere Problematik ist die Anzahl der an einer Vermittlungsstelle zur Verfügung stehenden Ports – sind diese alle belegt, können zunächst keine weiteren Kunden mit DSL versorgt werden, selbst wenn alle anderen Voraussetzungen erfüllt sind.

Dennoch können laut Deutscher Telekom inzwischen rund 93 Prozent der Teilnehmeranschlüsse mit Telekom-DSL versorgt werden. Diese Angaben zum Erschließungsgrad sind jedoch mit Vorsicht zu genießen und stoßen regelmäßig auf Kritik. Denn die hohe Zahl wird vor allem deshalb erreicht, weil alle Anschlüsse als versorgt gelten, die in Anschlussbereichen liegen, deren Teilnehmervermittlungsstellen mit DSLAMs ausgebaut sind. Dabei bleiben