

100 MBit/s aufs Land

Helmut Haag
TE Consult, Herderstr. 2, 52445 Titz
h.haag@te-consult.net

Zusammenfassung: In Deutschland verlagert sich die Diskussion bei der Breitbandversorgung immer mehr auf die Breitbandversorgung des ländlichen Raumes, da der städtische und dichtbesiedelte Raum gut versorgt ist. Dafür sorgt die Konkurrenz von T-Com, Kabelnetzbetreibern und alternativen Carriern wie Hansenet, NetCologne, M-net, Versatel, Arcor und anderen. Auf dem Lande ist man einsam und allein. Hier spielt die Musik der Zukunft. Der Beitrag zeigt, welche Lösungen möglich sind, wo schon was getan wird und auch wie man den Sprung zur Wirtschaftlichkeit schaffen kann.

1. Einführung

Die Diskussion in Deutschland auf dem Gebiet der Breitbandkommunikation verlagert sich mehr zur Breitbandversorgung des ländlichen Raumes [1-5]. Die Aussage des Breitbandatlas und der meisten Politiker sowie der T-Com, dass gerade mal 3 % der Gemeinden oder auch der Bevölkerung keinen Breitbandzugang hat, wird vor dem Hintergrund, dass die Definition für Breitband bereits bei 384 kBit/s beginnt, doch recht problematisch. Jeder der

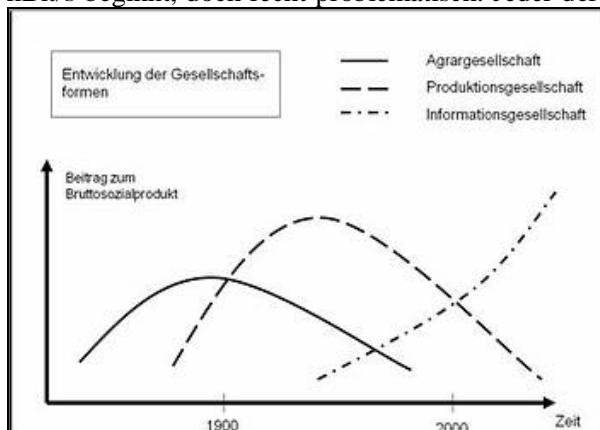


Bild 1: Entwicklung der Gesellschaftsformen

sich ein bißchen in der Materie auskennt, wird bestätigen, dass man von einer Datenautobahn erst ab 8 oder 16 MBit/s sprechen kann, dann heute im Zeichen von Web 2.0 aber auch gleich in beiden Richtungen. So ausgerüstet sind max. 50 % der Kunden. Alles darunter hat eher was mit Feldweg als mit Autobahn zu tun, also wohl gerade richtig für das Land. Der Unterschied zwischen den Anforderungen von Privatkunden – jung und alt – und Geschäftskunden ist dabei noch garnicht berücksichtigt. Dabei steigt die Bedeutung der Informationstechnik in unserer Zeit stark an (Bild 1).

2. Technik

Die Techniken, die eingesetzt werden können, um Kunden auf der letzten Meile versorgen zu können, lassen sich grob in Funktechnik und leitergebundene Technik unterteilen. Eine weitere Unterteilung lässt sich noch zwischen Verbindungsnetz und Anschlussnetz treffen. Im folgenden werden zuerst die Techniken für die letzte Meile und anschließend die für das Verbindungsnetz dargestellt und bewertet.

2.1 Funktechniken

2.1.1 WiMAX

Die WiMAX-Technik wird seit vielen Jahren genormt und erprobt. In Deutschland wurden Ende 2006 die Frequenzen für 56 Mio. € versteigert. „Gewonnen“ haben damals die DBD, Clearwire und Inquam Broadband bundesweite Lizenzen, MGM und Televersa Online kamen regional zum Zuge [6]. Beworben hatten sich anfangs über 100 Interessenten. Was ist seither geschehen? Wenig!

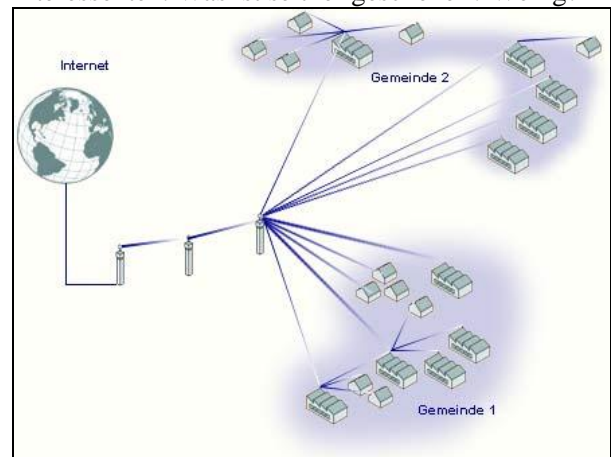


Bild 2: Prinzip WiMAX

Dabei ließe sich WiMAX schnell aufbauen und man könnte weite Landstriche schnell mit ein bisschen Breitband versorgen. WiMAX ist ein shared media, es müssen sich also alle gerade aktiven Teilnehmer in eine Summenbandbreite von 20 bis max. 50 MBit/s teilen (Bild 2). Dies kann zu den aktiven Zeiten, also zwischen 17:00 und 20:00 h recht eng werden, wenn sich 100 Teilnehmer das teilen. Hier ist es in Gewerbegebieten nicht ganz so eng, wenn sich diese Bandbreite 15 oder 20 Firmen teilen müssen. Hier liegt auch der größere Nutzen, da die Anschlusslängen für Kabel durch die Grundstücksgrößen 5 bis 10x länger sind als bei Wohngebäuden. Aber auch da ist der Ausbau nur schleppend.

2.1.2 Digitale Dividende

Mit dem Aufbau von DVB-T, dem digitalen Rundfunk für TV und Rundfunk, werden große Teile des bislang für die terrestrische Verbreitung benötigten und benutzten Frequenzspektrums frei. Der Rundfunk nutzte bislang 56 MHz im VHF-Band (174 bis 230 MHz) und 392 MHz im UHF-Band (470 bis 862 MHz). Die Verbesserung der Spektrumseffizienz durch DVB-T ist enorm, in einem analogen 5 MHz-TV-Kanal können 6 bis 8 digitale TV-Kanäle untergebracht werden. Dieser Gewinn an Frequenzspektrum bei unverändert übertragenem Programmvolumen wird gemeinhin als „Digitale Dividende“ bezeichnet. Die EU-Kommission schätzt diesen Gewinn auf über 300 MHz [7]. Die Frequenzen im UHF-Band sind für eine Flächenversorgung am besten geeignet. Die guten Signalausbreitungseigenschaften machen die flächendeckende Infrastruktur kostengünstig und sorgen für eine gute Inhouse-Versorgung. Der Vorteil der niedrigen Trägerfrequenz im Vergleich zu UMTS und WiMAX lässt größere Radien von bis zu einigen 10 km zu. Bei diesen Frequenzen ist außerdem keine Sichtverbindung notwendig und die Empfangsantennen auf der Teilnehmerseite sind Zimmerantennen und keine Dach- oder Fensterantennen. Das europaweit erste Pilotprojekt dieser Art wird in Wittstock (am Autobahnkreuz Wittstock/Dosse) auf dem Weg von Berlin nach Hamburg von der MABB durch T-Mobile durchgeführt [8]. 50 Teilnehmer sollen angeschlossen werden. Problematisch ist aber u. U. die Tatsache, dass auf diesen Frequenzen weiterhin TV- und Rundfunksignale übertragen werden und es so zu gegenseitiger Beeinflussung und Störung

kommen kann. Auch dies soll im Pilotprojekt untersucht werden. Immerhin wurde auf der Weltfunkkonferenz WRC 07 im November 2007 in Genf beschlossen, dass der obere Teil der UHF-Frequenzen (790 bis 862 MHz) ab 2015 weltweit (in einigen Regionen auch bereits früher) zur Nutzung durch Mobilfunk freigegeben wird. Dieser Zeitplan ist nicht gerade dazu angetan, eine schnelle Nutzung für die Versorgung des ländlichen Raumes zu erreichen.

2.1.3 Mobilfunk

Der Mobilfunk bietet immer eine Lösung. Aber man sollte nie vergessen, dass der Mobilfunkstandard für sich bewegende Teilnehmer entwickelt wurde, während es hier um die Versorgung stationärer Teilnehmer geht, also der Standard viele Parameter enthält, die für die Versorgung des ländlichen Raumes irrelevant sind. Sicher wäre auch auf dem Land HSDPA möglich, aber wenn er noch nicht einmal in den Ballungsgebieten zum Standard geworden ist, wird die Versorgung auf dem Land noch lange auf sich warten lassen. Die geringe Anschlussdichte zusammen mit einer kurzen Reichweite führt zu wenigen Teilnehmern in einer Zelle. Gut für den Teilnehmer, schlecht für den Netzbetreiber. Das würde sich sofort auf die Tarifgestaltung auswirken und unattraktiv werden. Flatrates, wie sie der Breitbandkunde erwartet, wird es nicht geben.

2.1.4 WLAN

Sicher erscheint WLAN auf den ersten Blick sehr attraktiv. Wenn man schon auf jedem Flughafen, in vielen Hotels, in Firmen und auch zu Hause WLAN anwendet, warum dann nicht auch in der Fläche. Viele Desktops, alle Laptops haben eine WLAN-Schnittstelle, damit wird das Teilnehmerendgerät einfach, bzw. ist schon vorhanden. Aber die Übertragungstechnik ist nicht dafür ausgelegt, ein flächenmäßig großes Gebiet von einigen qkm zu versorgen. Dann sind die Empfangs- und Sendeteile im Rechner nicht mehr ausreichend. Hier wird also eine ganz neue Übertragungstechnik installiert werden müssen. Welchen Einfluss dies auf die Tarife haben wird kann man sich leicht vorstellen, wenn heute in Hotels immer noch Preise von 5 € pro 30 min zu zahlen sind.

2.1.5 Satellit

Breitband per Satellit kann prinzipiell überall genutzt werden. Voraussetzung ist eine Satellitenschüssel, meist noch zusätzlich zur TV-Schüssel. Der Rückkanal kann entweder das Telefon- oder Mobilfunknetz sein (Bild 3) oder der Rückkanal kann auch über Satellit realisiert werden [9].



Bild 3: Satelliten-„DSL“ mit Rückkanal über ISDN

Der Aufwand für die Installation ist also recht hoch, was sich auf die Kosten auswirkt. Auch sollte nicht vergessen werden, dass die Laufzeiten erheblich sind und somit Echtzeitanwendungen nicht möglich sind. Wenn die Zahl der Nutzer stark steigt, dann kommt die Kapazität des Astra2, dem einzigen Satelliten, der auf Westeuropa zeigt, an seine Grenzen und es stellt sich wieder das Problem des shared media. Auch führt die exzessive Nutzung des Satelliten-„DSL“ zu Schüsselsalat (Bild 4).



Bild 4: Schüsselsalat

2.2 Leitungsgebundene Technik

Hier muss zwischen der schon vorhandenen Infrastruktur wie Telefonnetz, Kabelnetz und OPAL auf der einen Seite und einem neu zu installierenden Leitungsnetz unterschieden werden.

2.2.1 DSL über Cu-Doppelader

Die Installation des Netzes aus Cu-Doppeladern begann 1877. Am Beginn standen Leitungen, durch die jeweils zwei Telefonapparate direkt miteinander verbunden

waren. Es gab keine Möglichkeit, andere Teilnehmer zu erreichen.

Ab 1881 entstanden Telefonzentralen, in denen verschiedene Teilnehmer durch manuelles Umstecken miteinander verbunden werden konnten. Die Vermittlung lief über Personen („dem Fräulein vom Amt“), denen der Anrufer den gewünschten Teilnehmer nannte.

1892 wurde eine selbstständige Vermittlungsstelle erfunden, die ab 1908 in den Ortsnetzen und ab 1923 in den Fernvermittlungsstellen eingesetzt wurde [10].

Das bis etwa 1990 vorherrschende Telefonnetz bestand aus einzelnen Leitungen, die analoge Tonsignale übertragen konnten und deren Bandbreite dabei auf den Frequenzbereich von 300 bis 3400 Hz begrenzt war. Seit etwa 1980 wurde das analoge Fernsprechnet zu einem digitalen Dienste integrierenden Universalnetz (ISDN) ausgebaut, über das nicht nur der Telefondienst abgewickelt wird, sondern auch das Internet.

Die Kabel aus den Anfängen unterscheiden sich nur wenig von heutigen neuen Cu-Kabeln, lediglich Isolierung, Leiterdurchmesser und Mantelmaterial haben sich geändert.

Während für das Telefonieren die Kabelparameter wie Dämpfung, Widerstand und Nebensprechen auch bis 8 km und mehr ausreichen, sind einer breitbandigen Übertragung schnell Längengrenzen gesetzt. Daher kann das Leitungsnetz für DSL nur bis etwa 4 km genutzt werden. Alles, was weiter entfernt liegt kann nicht mit Breitband bzw. DSL versorgt werden. Auch wenn man die aktiven DSLAMs in die vorhandenen KVZ setzen würde, wäre das Problem der Versorgung des DSLAM mit Bandbreite nur gewährleistet, wenn von der Vermittlung zum KVZ eine breitbandige Verbindung, eben ein Glasfaserkabel verlegt wäre. Dies ist nur da mit „vertretbarem“ Aufwand möglich, wo heute schon Leerrohre verlegt sind, also leider auch nicht auf dem Land. Hinzu kommt noch, dass die T-Com in der Vergangenheit die Zahl der Vermittlungsstellen drastisch reduziert hat, also die Anschlusslängen verlängert hat, was das Längenproblem weiter verschärft. Heute hat die T-Com fast alle Vermittlungsstellen mit DSLAMs ausgerüstet. Damit können auch alle alternativen Carrier, die sich der Infrastruktur der T-Com bedienen und nur die HVt'n mit eigenen Kabeln anschließen, nicht mehr erreichen.

2.2.2 Kabel-TV-Netz

Mit dem Kabelfernsehtz, welches in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts errichtet wurde, steht zwar ein breitbandiges Netz zur Verfügung, aber die Frequenzen werden für TV und Hörfunk genutzt. Durch die Konzeption des Netzes als Baumnetz, muss hier die Bandbreite zwischen allen Teilnehmern geteilt werden. Die errichteten Netze haben teilweise Clustergrößen von 5.000 Teilnehmern und mehr. Die verfügbare Bandbreite von vielleicht 100 MBit/s müssen sich bei einer Anschlussdichte von nur 20 % also 1.000 Teilnehmer teilen, da bleibt für jeden einzelnen nicht viel übrig. Also muss auch dieses Netz

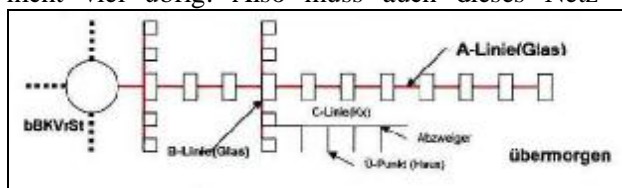


Bild 5: Modernes, rückkanalfähiges BK-Netz

umgebaut werden. Es muss in allen Teilen rückkanalfähig gemacht werden, das Baumnetz muss in ein Sternnetz gewandelt werden, die Cluster müssen drastisch (Faktor 10 und mehr) verkleinert werden und die neuen Nodes müssen mit Glasfaserkabel angebunden werden, also System- und Infrastrukturkosten (Bild 5). Das lohnt sich für die NE3-Betreiber nur dort, wo hohe räumliche Dichte und der eigene Kundenzugang besteht. Durch das Privatisierungsmodell des damaligen Postministers Schwarz-Schilling ist dies fast nirgends der Fall.

2.2.3 Stromnetz

Um die Aufzählung der Netze und Möglichkeiten komplett zu machen, darf das Stromnetz mit seinen in jedes Haus und jede Wohnung führenden Kabeln nicht vergessen werden. Leider sind Leiter, Isolierung, Verseilung und Schirmung nicht für die hochfrequente Übertragung ausgelegt, sondern für die Hochspannungsübertragung. Das setzt Reichweite und Frequenzbandbreite enge Grenzen, auch wenn auf dem Land die Bevölkerungsdichte geringer als in der Stadt ist. Aber dafür ist die Anschlusslänge größer. Dazuhin ist auch dies Netz ein Baumnetz und die Bandbreite müssen sich also viele Kunden teilen. Dies gilt für den Bereich der ersten Meile, anders kann und sieht es im Haus selbst aus. Hier kann PLC eine sinnvolle Alternative zu LAN und WLAN sein.

2.2.4 Glasfaserkabelnetz

Das Glasfasernetz ist das einzige Netz, welches allen gegenwärtigen und zukünftigen Anwendungen gerecht wird. Leider existiert es (noch) nicht. Eine gemischte Ring-Stern-Struktur mit Faserverbindungen zu jedem Teilnehmer, mindestens zu jedem Gebäude, muss das Ziel sein. Alles andere springt zu kurz.

Geeignet ist ein Leerrohrnetz für die Verlegung von Micro- und Nano-Kabeln. Aktive Komponenten gibt es nur in festen Gebäuden und nicht in Outdoorgehäusen. Bei der Neuverlegung der Glasfaserkabel hat der ländliche Bereich endlich auch mal Vorteile. Die Grabekosten, die ca. 80 % der Kosten der passiven Infrastruktur in Ballungsgebieten ausmachen, sinken im ländlichen Bereich auf ein Drittel bis ein Viertel, wodurch die gesamten Kosten für die passive Infrastruktur auf 40 % gegenüber den Ballungsgebieten sinken und damit bei doppelter durchschnittlicher Anschlusslänge die Kosten pro Teilnehmer auf dem Land 20 % günstiger sind als in der Stadt.

Neben diesem Anschlussnetz muss natürlich auch die zweite Meile, also die Verbindung vom Anschlussbereich, also der Gemeinde, zum Internetknoten, dem Anschluss an die große, weite Welt, dem Web 2.0, geschaffen werden. Die alte Cu-Doppelader reicht nicht mehr aus. Natürlich ist hier Richtfunk möglich, wenn man nicht buddeln will. Aber der Richtfunk erfordert mehr oder weniger hohe Masten und die Bandbreite ist auf einige STM-1-Verbindungen beschränkt. Wo es für den Anfang ausreicht, ist es ab etwa 5 bis 8 km billiger als eine neue Glasfasertrasse. Liegen Leerrohre, dann ist Glas immer billiger und auch breitbandiger.

3. Strategie

Wie kommt man nun schnell zu einem schnellen Anschluss?

Die Strategie jeder Kommune muss es sein, den Breitbandanschluss in der Stadt oder der Gemeinde über Glasfaser zu realisieren. Auch der Anschluss jedes Gebäudes muss letztendlich über Glasfaser erfolgen und nicht zuletzt muss auch der Anschluss der Wohnung über Glasfaser erfolgen. Erst in der Wohnung bietet sich der Übergang auf ein anderes Medium, z. B. POF (Polymeroptische Faser) an. Aber eine schnelle und damit wirtschaftliche Lösung hat in jedem Fall Priorität.

Deshalb sollte jede Gemeinde oder Kreis dafür Sorge tragen, dass beim Bau einer Straße bzw. beim Aufreißen einer Straße oder eines Bürgersteigs Leerrohre mitverlegt werden. Damit aber keine falschen Rohre verlegt werden,

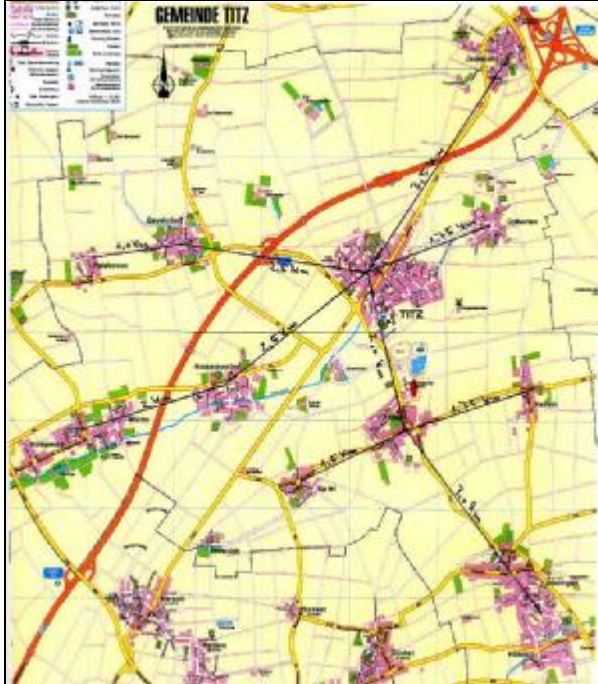


Bild 6: Typische Landgemeinde mit knapp 9.000 EW

empfiehlt es sich für den Kreis und die Kommune, im Vorfeld einen Masterplan (Bild 6) für das zu versorgenden Gebiet zu erstellen. Dieser Masterplan

- enthält die Lage der Verbindungen zwischen den Orten und Ortsteilen,
- enthält die Lage der vorhandenen Leerrohre und deren Eigentümer,
- enthält die vorbeiführenden Glasfaserkabel anderer Netzbetreiber und Carrier's Carrier,
- enthält die geplante Lage der Knotenpunkte für die Zuführung und die der Verteiler im Anschlussgebiet,
- enthält eine genaue Aufschlüsselung von Wohn- und Gewerbegebiete, die Lage der Banken und Sparkassen, die Liegenschaften der Kommune und der kommunalen Betriebe einschließlich der des Energieversorgers,
- weist auch geplante neue Gewerbe- und Wohngebiete aus,

- enthält eine Übersicht der wie und mit welchen Breitbanddiensten versorgten Gebieten,
- dokumentiert die gegenwärtige und zukünftig erwartete Anschlussdichte.

Ist dieser Plan erarbeitet, dann können bei allen Baumaßnahmen auf dem Gemeindegebiet entsprechende Maßnahmen ergriffen werden und Leerrohre verlegt werden. Alle Neubaugebiete, seien es Wohn- oder Gewerbegebiete werden grundsätzlich mit einem Leerrohrsystem erschlossen. Heute ist es technisch und auch wirtschaftlich vertretbar, Neubaugebiete ausschließlich mit einem Glasfasernetz zu erschließen. Dies gilt insbesondere, wenn neben (IP)-Telefon und Internet auch (IP)TV über das Netz angeboten wird. Die Diskussion über die Satellitenschüssel auf den Balkons entfällt, denn nun ist jedes Programm aus jedem Satelliten in das Netz einspeisbar.

Die Realisierung dieses Masterplans ist natürlich in wenigen Monaten oder Jahren zu realisieren. Deshalb muss es ein Übergangsszenario geben.

Dieses Szenario kann so aussehen, dass

- da wo bereits ein Netzbetreiber (T-Com oder ein anderer) die Versorgung von mindestens 4 MBit/s anbietet, wird nichts getan
- wo durch Nachfragebündelung und –stimulierung die Anschlussdichte so hoch wird, dass sich für einen Anbieter in bestehender Technik ein Anschluss lohnt, wird dies forciert
- wo die Nachfrage und geographische Verteilung so ungünstig ist, dass trotz Nachfragestimulierung ein wirtschaftlicher Betrieb nicht möglich ist, muss über eine Förderung nachgedacht werden.

In keinem Fall sollte die Kommune als Netzbetreiber oder als Infrastrukturbetreiber auftreten. Dies sollte Privaten überlassen bleiben. Natürlich sind Public Private Partnerships möglich. Dabei ist aber darauf zu achten, dass sich bei den Netzbetreibern und Diensteanbietern ein diskriminierungsfreier Wettbewerb ausbilden kann.

4. Kosten und Finanzierung

Im ländlichen Raum ist in weiten Teilen kein wirtschaftlicher Betrieb von Breitbanddiensten möglich, deshalb ist hier auch die Unterversorgung gegeben. Nur eine gemeinsame Aktion von

Öffentlicher Hand, Netzbetreiber und Diensteanbieter sowie von den Teilnehmern an Breitbanddiensten kann eine Situation herbeiführen, die es einem nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten tätigen Unternehmen gestattet, in die Breitbandversorgung einzusteigen.

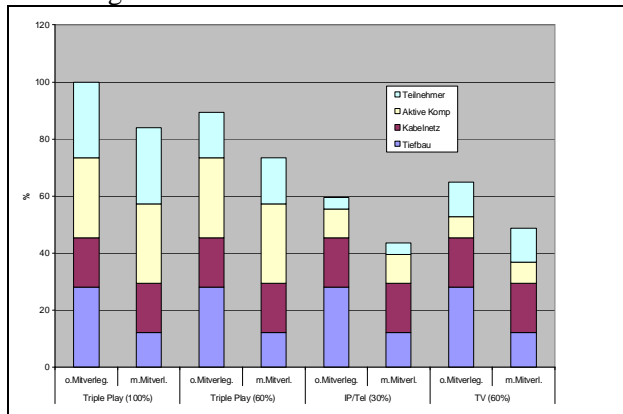


Bild 7: Investitionskosten (Capex) für den Aufbau von Breitbandglasfasernetzen

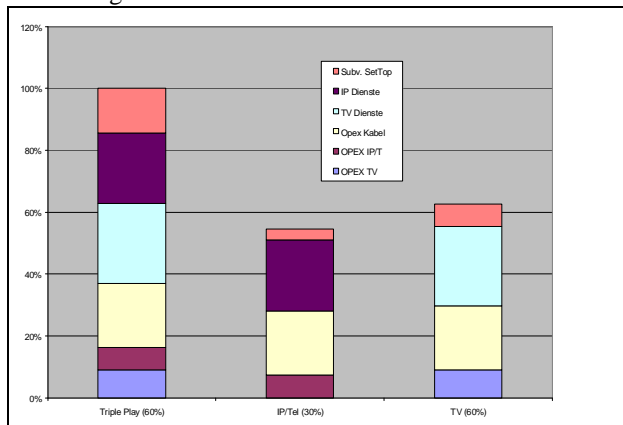


Bild 8: Betriebskosten für Breitbandnetze (Opex)

Eine Abschätzung der Kosten für eine Gebiet mit ca. 10.000 Bewohnern zeigt, dass die Investitionskosten bei 750 bis 1.000 € pro angeschlossener Wohneinheit (WE) (Bild 7), je nach unterstellter Anschlussrate, liegen. Ähnliche Zahlen liegen für Amsterdam vor [11]. Die Betriebskosten inkl. Zinsen, Abschreibung und Unterhalt liegen bei 130 bis 230 € pro Jahr und angeschlossene WE je nach genutzten Diensten, also nur IP/Telefon oder TV oder komplettes Triple Play (Bild 8). Bei Monatsentgelten von 10 € für nur TV bis 29 € für Triple Play ist damit kein Staat zu machen (Bild 9).

Für eine Kostenbeteiligung müsste die Öffentliche Hand, also die Kommunen, den Tiefbau und das

Leerrohrnetz zumindest teilweise auf die Erschließungskosten umlegen. Diese Kosten würden sich dadurch pro qm um 1 € erhöhen, bei Mitverlegung nur um 0,50 €. Bei einem Einfamilienhaus würde dies die Gesamtkosten von etwa 500 €, also um ca. 2 % erhöhen und bei Mietshäusern würde die Kosten um weniger als 1 € pro qm steigen.

Mit dieser Vorleistung kann ein Netzbetreiber und Diensteanbieter bei einer Anschlussdichte von 60 % TV und 30 % IP/TV einen positiven Business Plan vorlegen. Dabei ist festzustellen, dass nur das Triple Play Angebot zu einem erfolgreichen Modell führt.

Die Kommune kann sich in Form einer Public Private Partnership einbringen und den auf sie entfallenden Ertrag in den weiteren Ausbau des Leerrohrnetzes stecken. Auch die durch die Bundesregierung und die Länder einsetzende Förderung des ländlichen Raumes mit 141 Mio. € für die nächsten 3 Jahre kann hier Initialzündung liefern.

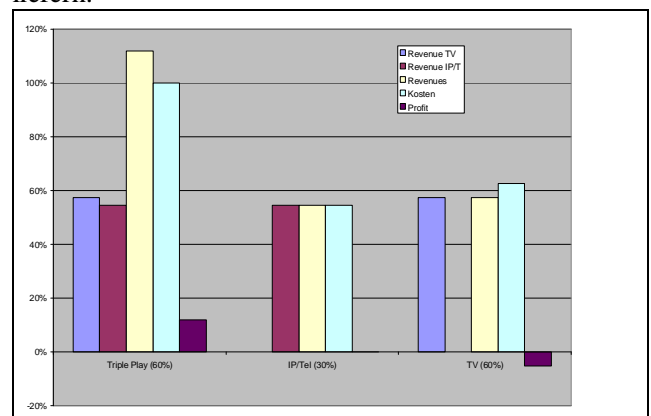


Bild 9: Profitabilität verschiedener Netzmodelle auf dem Land

5. Ausblick

Die Politik hat erkannt, dass dem ländlichen Raum für den Ausbau von Breitbanddiensten und -netzen Aufmerksamkeit und Förderung zuteil werden muss. Das Volk begehrt auf. Es werden in naher Zukunft zahlreiche Piloten gestartet werden, denen der Regelausbau folgt. Auch die Ballungsgebiete in ihren Randzonen haben ein Bandbreitedefizit, auch hier werden vergleichbare Modelle greifen. Der Glasfaserausbau wird ganz von selbst zu Bandbreiten von 100 MBit/s, und zwar up- und downlink, führen. Alle Erfahrungen der Vergangenheit haben gezeigt, dass die zur

Verfügung gestellte Bandbreite genutzt werden wird. Der nächste Engpass im Übertragungsnetz ist also programmiert. Aber hier werden Marktmechanismen zum Ausbau der Infrastruktur führen.

6. Literatur

- [1] Haag, H., Wege zu mehr Breitbandversorgung in Deutschland, ITG-Fachbericht 189/2005, Berlin, S. 25ff.
- [2] Haag, H., Lösungen und Dienste für BTTH, ITG-Fachbericht 190/2005, Köln, S. 109ff.
- [3] Haag, H., FTTH-Aufrüstung in einer Altbausiedlung, ITG-Fachbericht 204/2007, Köln, S. 45ff.
- [4] Langer, T., The broadband market in Germany, Snapshot of the status quo and perspectives, FTTH Council Europe Conference 2008, Paris
- [5] Netland, B., Defending broadband market shares in a highly competitive market. Introduction of FTTH in Norway, FTTH Council Europe Conference 2008, Paris
- [6] Versteigerung von Wimax-Lizenzen bringt 56 Millionen Euro, heise online, 15.12.06.
- [7] Neumann, K.-H., Die Digitale Dividende – Oder können wir zugunsten des Randfunks auf Wirtschaftswachstum verzichten?, WIK Newsletter Nr. 69/2007, Bad Honnef
- [8] MABB, Projekt im ländlichen Raum Brandenburgs, 2008
- [9] DSL über Satellit, DSLWEB Magazin, 2008
- [10] Wikipedia
- [11] Witzki, A., FTTH in Amsterdam, Funkschau 14/2008, S.31

Kurzbiographie des Autors:



Dipl.-Phys. Helmut Haag (60) hat nach dem Studium an der TU Stuttgart in verschiedenen Firmen der Kabelindustrie und der Nachrichtentechnischen Industrie in Entwicklung, Produktion, Montage und Vertrieb an verantwortlicher Stelle gearbeitet. Seit Anfang 2005 ist er selbständig und betreibt ein Ingenieurbüro für Beratung, Vertrieb und Gutachten auf dem Gebiet der Telekommunikationsinfrastruktur. Dabei liegt ihm der ländliche Raum besonders am Herzen. Helmut Haag hat über Jahrzehnte in nationalen und internationalen Normungsgremien mitgearbeitet, hält etliche Patente und zeichnet für zahlreiche Veröffentlichungen.