ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of
ZBW
Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Büllingen, Franz; Stamm, Peter

Working Paper

Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen

WIK Diskussionsbeitrag, No. 280

Provided in Cooperation with:
WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH, Bad Honnef

Suggested Citation: Büllingen, Franz; Stamm, Peter (2006) : Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, WIK Diskussionsbeitrag, No. 280, WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste, Bad Honnef

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/226894

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen

Franz Büllingen

Peter Stamm

Nr. 280

September 2006

wik Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste

WIK Wissenschaftliches Institut für
Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH
Rhöndorfer Str. 68, 53604 Bad Honnef
Postfach 20 00, 53588 Bad Honnef
Tel 02224-9225-0
Fax 02224-9225-63
Internet: http://www.wik.org
eMail info@wik.org
Impressum

In den vom WIK herausgegebenen Diskussionsbeiträgen erscheinen in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern des Instituts sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlussberichte von durchgeführten Forschungsprojekten. Mit der Herausgabe dieser Reihe bezweckt das WIK, über seine Tätigkeit zu informieren, Diskussionsanstöße zu geben, aber auch Anregungen von außen zu empfangen. Kritik und Kommentare sind deshalb jederzeit willkommen. Die in den verschiedenen Beiträgen zum Ausdruck kommenden Ansichten geben ausschließlich die Meinung der jeweiligen Autoren wieder. WIK behält sich alle Rechte vor. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des WIK ist es auch nicht gestattet, das Werk oder Teile daraus in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) zu vervielfältigen oder unter Verwendung elektronischer Systeme zu verarbeiten oder zu verbreiten.
ISSN 1865-8997

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis IV

Tabellenverzeichnis V

Abkürzungsverzeichnis VI

Zusammenfassung IX

Summary X

1 Management Summary 1

2 Die aktuelle Situation der Breitbandversorgung in Deutschland 3

2.1 Die Bedeutung von Breitbandinternet für Politik und Wirtschaft 3

2.2 DSL als Bezugspunkt für alternative Breitbandanschlusstechnologien 7

3 Alternative Breitbandzugänge per Funk 15

3.1 Wireless LAN 17

3.1.1 Technische Leistungsfähigkeiten und Entwicklungspotenziale 17

3.1.1.1 Charakterisierung 17

3.1.1.2 Frequenzplanung, Flächendeckung und Kapazität 19

3.1.1.3 Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit 20

3.1.2 Frequenzverfügbarkeit und Regulierung 21

3.1.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle 22

3.1.4 Markthemmnisse und Marktperspektiven 26

3.2 WiMAX 27

3.2.1 Technische Leistungsfähigkeiten und Entwicklungspotenziale 27

3.2.1.1 Charakterisierung 27

3.2.1.2 Frequenzplanung, Flächendeckung und Kapazität 28

3.2.1.3 Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit 29

3.2.2 Frequenzverfügbarkeit und Regulierung 30

3.2.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle 35

3.2.4 Markthemmnisse und Marktperspektiven 40

3.3 PortableDSL/UMTS-TDD 42

3.3.1 Technische Leistungsfähigkeiten und Entwicklungspotenziale 42

3.3.1.1 Charakterisierung 42

3.3.1.2 Frequenzplanung, Flächendeckung und Kapazität 43

3.3.1.3 Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit 43
3.3.2 Frequenzverfügbarkeit und Regulierung 44
3.3.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle 45
3.3.4 Markthemmnisse und Marktperspektiven 46
3.4 UMTS/HSDPA 47
3.4.1 Technische Leistungsfähigkeiten, Entwicklungspotenziale 47
3.4.1.1 Charakterisierung 47
3.4.1.2 Frequenzplanung, Flächendeckung und Kapazität 48
3.4.1.3 Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit 49
3.4.2 Frequenzverfügbarkeit und Regulierung 49
3.4.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle 50
3.4.4 Markthemmnisse und Marktperspektiven 54
3.5 Internet via Satellit 55
3.5.1 Technische Leistungsfähigkeiten und Entwicklungspotenziale 55
3.5.1.1 Charakterisierung 55
3.5.1.2 Frequenzplanung, Flächendeckung und Kapazität 56
3.5.1.3 Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit 56
3.5.2 Frequenzverfügbarkeit und Regulierung 57
3.5.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle 58
3.5.4 Markthemmnisse und Marktperspektiven 60
3.6 Internet via DVB-T 61
3.6.1 Technische Leistungsfähigkeiten, Entwicklungspotenziale 61
3.6.1.1 Charakterisierung 61
3.6.1.2 Frequenzplanung, Flächendeckung und Kapazität 61
3.6.1.3 Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit 62
3.6.2 Frequenzverfügbarkeit und Regulierung 62
3.6.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle 63
3.6.4 Markthemmnisse und Marktperspektiven 64
4 Situation in internationalen Vergleichsmärkten 65
4.1.1 Österreich 65
4.1.1.1 WiMAX-Frequenzvergabe 65

4.1.1.2 Kommerzielle WiMAX-Angebote 69
4.1.2 Vereinigtes Königreich 70
5 Leitungsgebundene alternative Breitbandzugänge 76
5.1 Breitbandkabel 76
5.1.1 Technische Leistungsfähigkeit und Entwicklungspotenziale 77
5.1.2 Verfügbarkeit 78
5.1.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle 82
5.1.4 Hemmnisse und Marktperspektiven 85
5.2 Powerline Communications 86
6 Fazit 88
7 Ausblick und politische Handlungsoptionen 96
Literaturverzeichnis 98

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen in Deutschland, 2005 3

Abbildung 2-2: Anteile bei E-Commerce in Westeuropa 5

Abbildung 2-3: Entwicklung der DSL-Anschlüsse in Deutschland (Marktanteil von DSL in %) 8

Abbildung 2-4: Wettbewerb im ISP-Markt 9

Abbildung 2-5: Wachstum der Breitbandnutzer im internationalen Vergleich, Nettoanstieg Breitbandnutzer je 100 Einwohner Juni 2004 bis Juni 2005 12

Abbildung 3-1: WLAN/WiMAX-Netze in Maschentopologie 24

Abbildung 3-2: Praxisbeispiel Selm – Netzausbaustand 1. September 2005 25

Abbildung 3-3: Broadband Wireless Access (WiMAX) als Ergänzung und Erweiterung von 2G - und 3G -Funktechnologien 33

Abbildung 3-4: Flächendeckung durch Meshed Networks 37

Abbildung 3-5: Funktionsweise von WiMAX im kommerziellen Einsatz 39

Abbildung 3-6: UMTS-Netzversorgung von T-Mobile und Vodafone, Nov. 2005 51

Abbildung 3-7: Ausleuchtzone von Eutelsat Atlantic Bird 2 (8° West) 58

Abbildung 4-1: Regionen für österreichische 3,5 GHz-Frequenzvergabe 66

Abbildung 4-2: Versorgung mit DSL, Kabelinternet und FWA in UK, Q1 2005 71

Abbildung 5-1: Schematischer Aufbau der Breitbandkabelnetze 76

Abbildung 5-2: Monatliche Gesamtkosten für Telefon- und Breitbandanschluss 84

Abbildung 6-1: Leistungsmerkmale und Beitrag alternativer Anschlusstechnologien zur Flächenabdeckung im Überblick 94

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Entwicklung der Onlinenutzung in Deutschland 1997 bis 2005	11
Tabelle 3-1:	Technische Kenngrößen der WLAN-Systeme	18
Tabelle 3-2:	WLAN-Frequenzen (gefettet) innerhalb der ISM-Frequenzbereiche	21
Tabelle 3-3:	Technische Kenngrößen der WiMAX-Systeme	28
Tabelle 3-4:	Inhaberfirmen von WLL-Frequenzen am Stichtag 31.12. 2000	31
Tabelle 3-5:	Vergabe von WLL-PMP-Richtfunklizenzen in Deutschland	32
Tabelle 3-6:	Frequenzbereiche heute verfügbarer UMTS-TDD-Systeme	44
Tabelle 4-1:	3,5 GHz-Frequenzpakete in Österreich	66
Tabelle 4-2:	Versorgungsauflage der 3,5 GHz Frequenzzuteilungen in Österreich	67
Tabelle 4-3:	Garantiebeträge bei Nichtausbau in Österreich	67
Tabelle 4-4:	Ergebnis der 3,5 GHz-Auktion in Österreich	69
Tabelle 4-5:	Breitbandversorgung der Haushalte in UK nach Technologien	71
Tabelle 4-6:	FWA-Produkte von UK Broadband	73

Abkürzungsverzeichnis

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
ARPU	Average Revenue per User
BK	Breitbandkabel (CATV-Netz)
BK2K2	Breitbandkommunikation 2002 (CATV-Aufrüstung auf 606 MHz)
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (ehemals: BMWA)
BNetzA	Bundesnetzagentur (ehemals: RegTP)
BPSK	Binary Phase Shift Keying
CA	Collision Avoidance Point Coordination Function
CATV	Breitbandkabelnetze
CCK	Complementary Code Keying
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CPE	Customer Premise Equipment
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
DBD	Deutsche Breitband Dienste GmbH
DSL	Digital Subscriber Line
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DTAG	Deutsche Telekom AG
DVB-S	Digital Video Broadcast Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcast Terrestrial
ERC	European Radiocommunications Committee
EU	Europäische Union
FDD	Frequency Division Duplex
FWA	Fixed Wireless Access
GB	Gigabyte
GBP	Great Britain Pound
GHz	Gigahertz
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
h	Stunde
HFC	Hybrid Fibre Coax
HH	Haushalt
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HYTAS	Hybrides Teilnehmer-Anschluss-System
Hz	Hertz
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc

IMT	Informations- und Medientechnologien
IMT-2000	International Mobile Telecommunications at 2000 MHz
IND	Institut für Nachrichtengeräte und Datenverarbeitung, RWTH-Aachen
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISM	Industrial, Scientific and Medical Band
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunication Union
Kbit/s	Kilobit/Sekunde
KDG	Kabel Deutschland GmbH
kHz	Kilohertz
km²	Quadratkilometer
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LAN	Local Area Network
LOS	Line-of-Sight
m	Meter
MB	Megabyte
Mbit/s	Megabit/Sekunde
MBWA	Mobile Broadband Wireless Access
MHz	Megahertz
min	Minute
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
mW	Milliwatt
NB	Nutzungsbestimmung
NE	Netzebene
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OFDM	Optical Frequency Division Multiplexing
OPAL	Optische Anschlussleitung
PC	Personal Computer
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
PLC	Powerline Communications
PMP	Punkt-zu-Mehrpunkt
PMSE	Programme Making and Special Events
PSTN	Plain Old Telephone Service
PSTN	Public Switched Telephone Network
PWLAN	Public WLAN

QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RegTP	Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (heute: BNetzA)
RiFu	Richtfunk
RoI	Return on Investment
RTR	Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH (Österreich)
SNR	Signal to Noise Ration (Signal-Störabstand)
SOHO	Small Office/Home Office
TAL	Teilnehmeranschlussleitung
TDD	Time Division Duplex
TK	Telekommunikation
TKG	Telekommunikationsgesetz
UHF	Ultra High Frequency
UHS	Ultra High Sites
UK	United Kingdom
UMTS	Universal Mobile Telecommunications Systems
USA	United States of America
USB	Universal Serial Bus
USD	US-Dollar
VDSL	Very High Bit Rate Digital Subscriber Line
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line
VHF	Very High Frequency
VoIP	Voice over Internet Protocol
WAS	Wireless Access Systems
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access
W-DSL	Wireless DSL
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WLL	Wireless Local Loop
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

Zusammenfassung

Breitbandinternet entwickelt sich zu einer basalen Infrastruktur unserer Arbeits- und Lebenswelt. Sowohl Unternehmen und öffentliche Institutionen als auch berufliche und private Anwender können hierdurch erhebliche Zusatznutzen generieren. Empirische Analysen bestätigen, dass die Vielzahl mikroökonomischer Veränderungen sich auch makroökonomisch in höherer Wertschöpfung und Effizienzgewinnen niederschlägt.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die Frage nach der flächendeckenden Verfügbarkeit wirtschaftlich sowie sozialpolitisch zunehmende Bedeutung. Der von der Bundesregierung veröffentlichte Breitbandatlas zeigt, dass Deutschland bei der Flächenabdeckung erhebliche „weiße Flecken“ aufweist. Daher stellt sich die Frage, ob diese Lücken in der Versorgung mit Breitbandinternet geschlossen werden können und von welchen Technologien ein Beitrag zur Steigerung des Infrastrukturwettbewerbs erwartet werden kann.

Das BMWi hat WIK-Consult beauftragt, die technische Leistungsfähigkeit insbesondere der Funktechnologien WLAN, WiMAX, Portable DSL/UMTS-TDD, UMTS/HSPA sowie der Satellitensysteme zu analysieren und die Frage zu beantworten, welches Marktpotenzial durch entsprechende Geschäftsmodelle ausgeschöpft werden kann. Daneben wurden auch die Breitbandkabelnetze sowie Powerline Communications untersucht.

In Hinblick auf die Intensivierung des Infrastrukturwettbewerbs sind positive Entwicklungen insbesondere bei den Kabelnetzen zu konstatieren. 2005 waren rund 7 Mio. deutsche Kabelhaushalte Internet-fähig. Rund 320.000 davon konnten bisher als Kunden gewonnen werden. Ankündigungen der Kabelnetzbetreiber, die Umrüstung ihrer Netze weiter zu beschleunigen, deuten darauf hin, dass der wichtigste Beitrag zur Intensivierung des Infrastrukturwettbewerbs künftig von den Kabelnetz-Betreibern ausgehen wird.

In Bezug auf die Abdeckung der im Breitbandatlas ausgewiesenen „weißen Flecken“ wird deutlich, dass UMTS/HSPA und vor allem WiMAX – trotz Einschränkungen bzgl. Reichweite und Übertragungskapazität - das größte Potenzial besitzen, zur Verbesserung des Angebots von Breitbandinternet in den OPAL/HYTAS-Gebieten und insbesondere in den ländlichen Räumen beizutragen. Zudem besitzt WiMAX in städtischen Regionen ohne DSL und Kabelinternet ein wichtiges Marktpotenzial.

In den ländlichen Regionen wird für die Realisierung von WiMAX-Angeboten entscheidend sein, bei welcher kritischen Masse von Anschlüssen die Wirtschaftlichkeitsschwelle erreicht wird, damit die gewählten Geschäftsmodelle stabil sein können. Machen z. B. ungünstige topographische Bedingungen höhere Kosten für den Netzaufbau erforderlich, dann werden auch künftig größere Teile der „weißen Flecken“ unversorgt bleiben. Insofern wird nach der Vergabe der WiMAX-Frequenzen die allgemeine Marktentwicklung zu beobachten sein. Das große Interesse an den Lizenzen im Vorfeld der Auktion kann jedoch als Indiz gewertet werden, dass ab 2007 in Deutschland durch WiMAX eine neue, flächendeckende Infrastruktur für Breitband-Internet geschaffen wird.

Summary

Broadband internet has become a basic infrastructure of our daily life. Enterprises, public authorities as well as business and private users are enabled to create additional value by the new communications medium. Due to empirical analyses the multitude of changes in microeconomic processes leads to higher value creation and gains in efficiency even in a macroeconomic perspective.

The increasing economic and social importance of broadband internet raises the question whether access platforms are available nationwide. The “Broadband Coverage Atlas” published by the German Government instead reveals a great deal of areas, where broadband internet is not accessible. So it is of political interest, how these gaps can be filled and which technologies might contribute to increase coverage and infrastructure-based competition.

The Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi) has assigned WIK-Consult, to analyse the technical potentials and capabilities especially of wireless transmission platforms such as WLAN, WiMAX, Portable DSL/UMTS-TDD, UMTS/HSPA and Satellite. The analysis should also comprise broadband cable networks and Powerline Communications.

Our investigation reveals, that particularly cable network infrastructure will contribute to infrastructure-based competition within the next years due to the large investments of their owners. Seven million cable households have been passed until 2005, of which 320.000 had been connected to broadband internet. The announcements of cable network operators to accelerate digitisation and switch-over to full service bi-directional networks indicate, that the importance of cable networks fostering competition between broadband internet access platforms will grow rapidly.

With regard to areas still lacking internet access, it becomes clear, that UMTS/HSPA and WiMAX fit the most to increase broadband internet coverage in OPAL/HYTAS and rural areas, taking their limited range of coverage and transmission capacity into account. Furthermore market potentials for WiMAX are given in municipal areas without DSL and CATV.

In rural areas the realisation of sustainable business models depends on whether critical masses will be reached. Especially in sparsely populated regions the return on investment will become a critical success factor. It seams not to be unlikely, that unfortunate topographic conditions extend the costs for rolling out networks. In this case parts of uncovered areas might stay without broadband internet access even in the long run. From this point of view it will be of great interest to observe market penetration of WiMAX after the frequency auction in 2006. The great interest of investors though seams to indicate, that in 2007 a new nationwide infrastructure for broadband internet access will be created.

1 Management Summary

Breitbandinternet entwickelt sich immer mehr zu einem kaum mehr wegzudenkenden Teil unserer Arbeits- und Lebenswelt. Das neue Kommunikationsmedium ermöglicht es, dass sowohl Unternehmen und öffentliche Institutionen als auch berufliche und private Anwender erheblichen Zusatznutzen generieren können. Empirische Erhebungen bestätigen eindrucksvoll, dass die große Vielzahl mikroökonomischer Veränderungen nicht nur nachhaltigen Einfluss auf die Gestaltung vielfältigster Prozesse hat, sondern auch sich auch makroökonomisch in gesteigerter Wertschöpfung und Effizienzgewinnen niederschlägt. Zudem werden durch Breitbandinternet völlig neue Nutzungsformen und neue Dienste ermöglicht. So z. B. stellt Deutschland heute weltweit einen der größten Märkte für E-Commerce-Dienstleistungen dar.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die Frage nach der flächendeckenden Verfügbarkeit aus wirtschaftlichen sowie sozialpolitischen Gründen eine immer größere Bedeutung. Der von Bundesregierung veröffentlichte Breitbandatlas hat deutlich gemacht, dass Deutschland in Hinblick auf die Flächenabdeckung in nicht unerheblichem Umfang „weiße Flecken“ aufweist. Insofern stellt sich die Frage, ob und durch welche Technologien diese Lücken in der Versorgung mit Breitbandinternet geschlossen werden können und von welchen Technologien ein Beitrag zur Steigerung des Infrastrukturwettbewerbs erwartet werden kann.

Das BMWi hat WIK-Consult beauftragt, im Rahmen eines interdisziplinären Ansatzes zu untersuchen, welche technische Leistungsfähigkeit insbesondere die Funktechnologien WLAN, WiMAX, Portable DSL/UMTS-TDD, UMTS/HSDPA/HSUPA sowie Satellitensysteme aufweisen und welches wirtschaftliche Marktpotenzial mit ihnen auf der Basis unterschiedlicher Geschäftsmodelle ausgeschöpft werden kann. Um diese Aufgabe umzusetzen, hat WIK-Consult eine Arbeitsgemeinschaft mit dem Institut für Nachrichtengeräte und Datenverarbeitung der RWTH Aachen, namentlich Prof. Dr.-Ing. Peter Vary, Dipl.-Ing. Helge E. Lüders sowie Dipl.-Ing. Marc Werner gebildet.

Neben den o. g. Funktechnologien wurden auch die Marktpotenziale der beiden leitergebundenen Technologien der Breitbandkabelnetze sowie von Powerline Communications untersucht.

Die Untersuchung wurde im Oktober 2005 begonnen und im Dezember abgeschlossen. Sie basiert in methodischer Hinsicht neben Desk Research auf unterschiedlichen Ansätzen. So wurde am 19. Oktober 2005 im BMWi ein eintägiger Workshop mit Akteuren bzw. Anbietern des TK-Sektors durchgeführt und intensiv Marktstruktur- und Angebotsentwicklungen diskutiert. Auf der Basis dieses Workshops wurden zahlreiche Interviews mit weiteren Branchenexperten sowie Vertretern öffentlicher Institutionen durchgeführt, um die in der vorliegenden Untersuchung getroffenen Einschätzungen zu validieren.

In Hinblick auf die Intensivierung des Infrastrukturwettbewerbs sind positive Entwicklungen im Bereich der Kabelnetze zu konstatieren. Nach einer langen Phase des Stillstands sind viele Kabelnetzbetreiber zu einem Strategiewechsel übergegangen und haben begonnen, ihre Netze sukzessive Cash Flow-orientiert umzurüsten, um ihren Kunden Triple Play-Dienste (Rundfunk, Breitbandinternet, Telefonie) anbieten zu können. Ende 2005 waren knapp 7 Mio. deutsche Kabelhaushalte Breitbandinternet-fähig. Rund 320.000 davon konnten bisher als Kunden gewonnen werden.

Ankündigungen der Kabelnetzbetreiber, die Umrüstung ihrer Netze weiter zu beschleunigen, lassen darauf schließen, dass der wichtigste Beitrag zur Intensivierung des Infrastrukturwettbewerbs künftig von den Breitbandkabelnetzen ausgehen wird. Diese Entwicklung wird sich jedoch weitgehend auf die Ballungsräume beschränken. Allerdings wird abzuwarten bleiben, inwieweit die Festnetzbetreiber ihrerseits durch die Aufrüstung ihrer Netze mit Triple Play-Angebotsstrategien der Herausforderung durch die Kabelbranche begegnen werden.

In Bezug auf die Abdeckung der im Breitbandatlas der Bundesregierung ausgewiesenen „weißen Flecken“ wird deutlich, dass UMTS/HSDPA und vor allem WiMAX – trotz ihrer technischen Restriktionen bzgl. Reichweite und Übertragungskapazität – im Vergleich mit den übrigen untersuchten Funktechnologien das größte Potenzial besitzen, zur Verbesserung der Angebotssituation von Breitbandinternet in den OPAL/HYTAS-Gebieten bzw. in ländlichen Räumen beizutragen. Zudem besitzt WiMAX in den städtischen Regionen, in denen bisher weder DSL noch Kabelinternet angeboten wird, ein wichtiges, aber auf die vorhandenen Lücken beschränktes Marktpotenzial. Mangels Alternativen werden Nutzer in diesen Regionen ggf. bereit sein (müssen), gewisse Abstriche bei der Bandbreite und auch moderat höhere Preise in Kauf zu nehmen. Auf Grund des Kosten- und Leistungsabstands dürfte WiMAX als infrastrukturelle Alternative zu DSL bzw. Kabelinternet jedoch kein wirkliches Wettbewerbspotenzial besitzen.

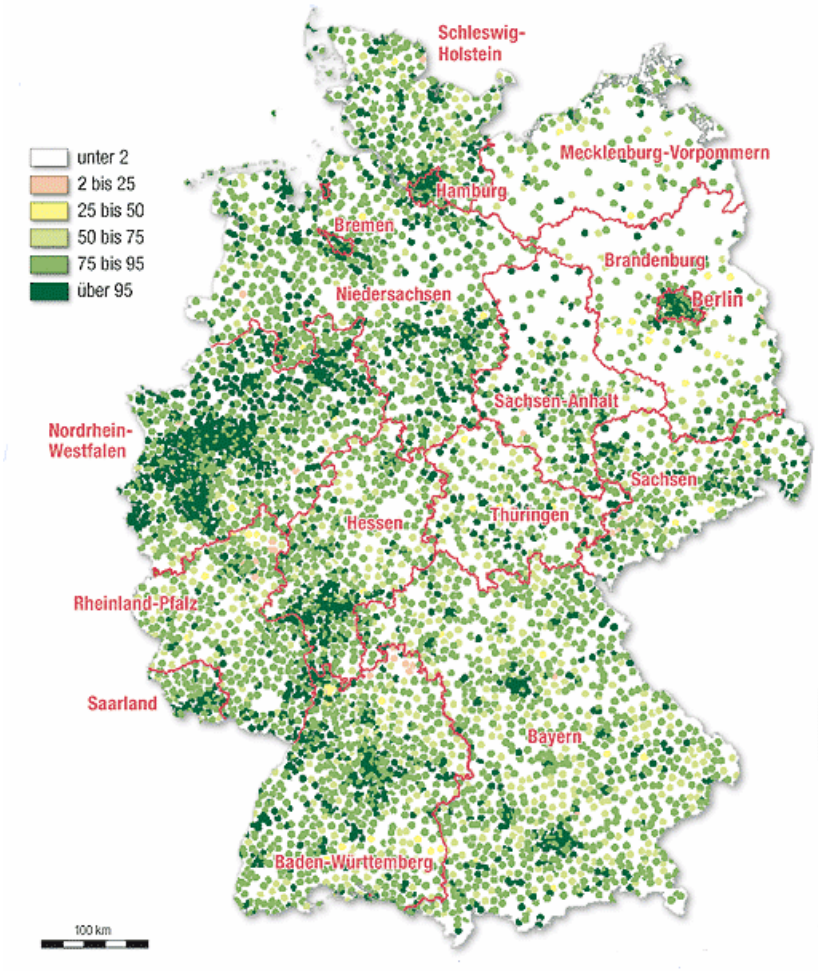
In den ländlichen Regionen wird für die Realisierung von WiMAX-Angeboten entscheidend sein, bei welcher kritischen Masse von Anschlüssen die Wirtschaftlichkeitsschwelle erreicht wird, damit die gewählten Geschäftsmodelle nachhaltig stabil sein können. Machen z. B. ungünstige topographische Bedingungen höhere Kosten für den Netzaufbau erforderlich, dann werden auch künftig größere Teile der „weißen Flecken“ unversorgt bleiben. Insofern wird in Hinblick auf die Abschätzung des Beitrags zur Flächenabdeckung zunächst die allgemeine Marktentwicklung insbesondere nach der zu Beginn 2006 begonnen Vergabe der Funkfrequenzen für WiMAX abzuwarten und genau zu beobachten sein. Dies gilt auch in Hinblick auf die von der Deutschen Telekom angekündigten Ausbauabsichten für die HYTAS/OPAL-Gebiete mittels Out-door-DSLAMs oder Cable-Overbuilt.

2 Die aktuelle Situation der Breitbandversorgung in Deutschland

2.1 Die Bedeutung von Breitbandinternet für Politik und Wirtschaft

Die wirtschaftlichen und politischen Erwartungen an die Verbreitung von schnellen Internetanschlüssen im Unternehmensbereich und im Massenmarkt sind in allen Industrieländern sehr hoch. Breitbandinternet gilt als ein zentraler Eckpfeiler auf dem Weg in die Informationsgesellschaft. In den letzten Jahren wurden daher in allen Mitgliedstaaten der europäischen Gemeinschaft staatliche Programme auf den Weg gebracht, um die Penetration von Breitbandinternet voranzutreiben und dessen Nutzung durch öffentliche Institutionen, Firmen und Privathaushalte zu intensivieren.

Abbildung 2-1: Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen in Deutschland, 2005



Quelle: BMWi, Grafik: F.A.Z.

Dies gilt auch für entsprechende politische Initiativen in Deutschland. Mit der 2002 von der Bundesregierung und der Initiative D21 gegründeten „Deutschen Breitbandinitiative“ wurde frühzeitig eine Plattform geschaffen, um im Dialog zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik breitbandige Infrastrukturen zur wichtigsten Zugangstechnologie zu machen. Eine intensivere Breitbandnutzung, mehr Wettbewerb im Breitbandmarkt, eine bessere Flächenabdeckung und die Förderung innovativer elektronischer Dienste sind zentrale Inhalte dieser Politik. Sie bilden einen Schwerpunkt des „Aktionsprogramms Informationsgesellschaft Deutschland 2006“. Entsprechend den im „Konzept für mittelfristig flächendeckendes Breitbandinternet“ niedergelegten Vorstellungen geht die Bundesregierung davon aus, dass bis zum Jahr 2008 für 98% aller deutschen Haushalte ein breitbandiger Internetzugang auf Basis von Festnetz-, Kabelnetz- bzw. Funkbasierten Anschlüssen verfügbar ist. Auf Grund der aktuellen Marktdynamik erscheint es nicht unwahrscheinlich, dass die bisher von der Bundesregierung verfolgte Zielvorgabe von mindestens 95% Flächenabdeckung bis 2008 übertroffen werden kann.[1]

Flankiert werden die Anstrengungen der nationalen Regierungen durch entsprechende Maßnahmen auf EU-Ebene. Im Rahmen des in Sevilla 2002 verabschiedeten „Aktionsplan eEurope 2005“ wurden einschlägige Initiativen zur Förderung von Breitbandinternet ins Leben gerufen, die seither durch unterschiedliche Begleitprogramme (eTen, eContent, Safer Internet etc.) unterstützt wurden. Nach den Vorstellungen der Kommission sollen bis 2010 mindestens 50% der Haushalte in Europa über einen Zugang zum Breitbandinternet verfügen. Insbesondere soll im Rahmen des Aktionsplans der Breitbandzugang in ländlichen Regionen verfügbar gemacht und damit auch die verbliebenen Versorgungslücken in der Fläche geschlossen werden.[2]

Im Juli 2005 hat die Europäische Kommission zu diesem Thema einen Bericht vorgelegt und einer öffentlichen Konsultation zugänglich gemacht.[3] Nach Auswertung der Kommentare soll eine entsprechende Mitteilung an die Mitgliedstaaten herausgegeben werden.

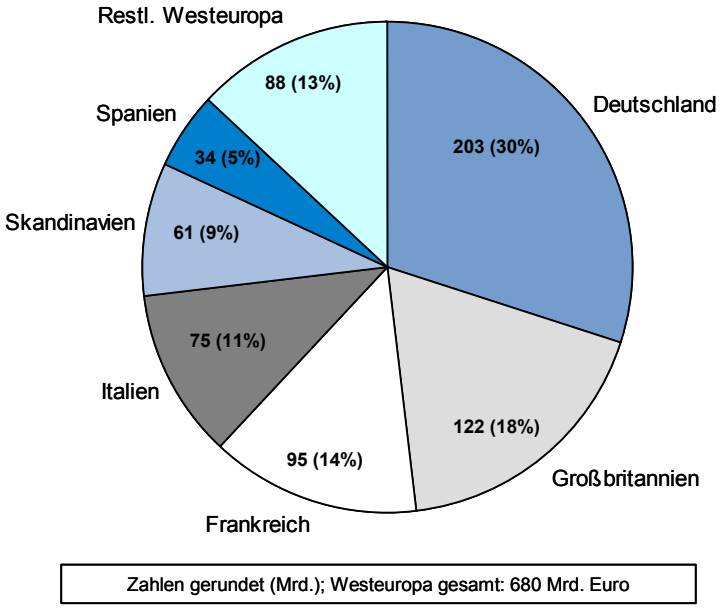
Durch die Fortführung dieser Maßnahmen und die Neuauflage von Programmen wie z. B. i2010 sollen die Rahmenbedingungen für die Nutzung von Breitbandinternet durch die Förderung digitaler Dienstleistungen, durch die Erhöhung der Forschungsmittel sowie weitere Maßnahmen zur Sicherstellung von eAccessibility, eInclusion etc. verbessert werden.[4] Die beschleunigte Verwirklichung des Konvergenz-Gedankens soll nach dem Willen der Kommission nicht zuletzt dazu dienen, den Abstand zu den im internationalen Vergleich führenden Breitband-Nationen wie Süd Korea, Japan oder den USA zu verkürzen.

---

1 Vgl. Bericht der Bundesregierung (2005), Konzept für mittelfristig flächendeckendes Internet, Bonn.
2 Vgl. eEurope: Eine Informationsgesellschaft für alle, KOM (2002) 263, Brüssel, 28.5.2002, S. 20.
3 Vgl. Commission of the European Communities: Digital Divide Forum Report: Broadband access and public support in under-served areas”, Brussels, 15.07.2005.
4 Vgl. EU-Kommission (2005): EU-Politik zur Schließung der „digitalen Kluft“, 17. Oktober 2005.

Das intensive Bemühen zur beschleunigten Diffusion von Breitbandinternet lässt sich darauf zurückführen, dass die Verfügbarkeit von hochbitratigen Zugängen und neuen Diensten als bedeutsame Standort- und Wettbewerbsfaktoren gelten.[5] Auf der einen Seite zählen breitbandige Internetzugänge heute zu den wichtigsten Wachstumsträgern im Telekommunikationssektor, die eine hohe Wertschöpfungsintensität und Profitabilität aufweisen und die dem schleichenden Bedeutungsverlust der Festnetze auf Grund des steigenden Wettbewerbs, der Marktsättigung, der Preiserosion und der Substitution durch den Mobilfunk entgegenwirken. Sie eröffnen für Netzbetreiber, Internet Service Provider sowie Content Anbieter Möglichkeiten für neue Angebote im Bereich innovativer Breitbandanwendungen (z. B. VoIP), für integrierte und unterschiedlich gebündelte Dienstangebote (z. B. Triple Play) sowie für die Distribution von attraktiven Inhalten direkt zum Kunden. Steigende Verfügbarkeit und immer höhere Bandbreiten, günstige Preise, Kostenkontrolle durch Flatrate-Angebote sowie Always-on-Funktionalitäten gehören dabei zu wichtigsten Treibern der Breitbandinternet-Penetration.

Abbildung 2-2: Anteile bei E-Commerce in Westeuropa



Quelle: BITKOM/EITO 2005

Auf der anderen Seite hat die Entwicklung der Breitbandpenetration als wichtigster Wachstumsmarkt im Bereich der Festnetze nicht nur erhebliche Implikationen für die Dynamik des Telekommunikationssektors, sondern für die Volkswirtschaft insgesamt.

5 Vgl. Initi@tive D21, o.J.

Die mit der Penetration von Breitbandinternet verbundenen positiven Effekte streuen über alle Sektoren der Volkswirtschaft und üben damit gesamtwirtschaftlich eine bedeutende Multiplikatorfunktion aus. Breitbandinternet verbessert und beschleunigt die Kommunikation und den Datenaustausch der gesamten Volkswirtschaft und trägt entscheidend zur Prozessoptimierung jener Teile der Wertschöpfungskette bei, in denen die Distribution von Waren und Dienstleistungen erfolgt, wie das Beispiel E-Commerce zeigt: So nimmt Deutschland mit einem Anteil von 30% (203 Mrd. Euro in 2005) am europäischen Gesamtmarkt nicht nur innerhalb Westeuropas eine führende Rolle im elektronischen Geschäftsverkehr ein.

Auch in Hinblick auf gesamtwirtschaftliche Effizienz- und Produktivitätsverbesserungen wird der Penetration von Breitbandinternet eine wichtige Rolle als Katalysator zugemessen. Studien aus den USA schätzen den gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfungsbeitrag von Breitbanddiensten in den USA auf über 500 Mrd. USD pro Jahr. Bei vollständiger Marktpenetration könnte das Bruttoinlandsprodukt dort um 180 Mrd. USD steigen.[6] Pro Jahr könnten diesen Studien zufolge durch eine vollständige Flächenabdeckung mehr als 100.000 dauerhafte Arbeitsplätze geschaffen werden.

Die OECD schätzt, dass Breitbandinternet in den europäischen Staaten in den kommenden Jahren mit gut einem Drittel zum erwarteten Produktivitätszuwachs beitragen wird. Für den EU-Raum wird der volkswirtschaftliche Wertbeitrag des Übergangs zum Massenmarkt beim Breitbandzugang auf mehrere 10 Mrd. EURO pro Jahr geschätzt.

Werden die positiven gesamtwirtschaftlichen Effekte von Breitbandinternet auf die räumlichen Wirkungen von Breitbandinternet herunter gebrochen, so stößt man in wissenschaftlichen Untersuchungen auf die Hervorhebung der besonderen integrativen Effekte abgelegener ländlicher Regionen. Breitbandiges Internet wird als besonders geeignete Infrastrukturtechnologie angesehen, ländlichen Räumen wichtige Wachstumsimpulse zu vermitteln. Der Beitrag breitbandiger Telekommunikationsinfrastrukturen und –dienste zur Regionalentwicklung wird teilweise sogar höher eingeschätzt als z. B. die entsprechenden Effekte klassischer Transportinfrastruktursysteme, deren faktischer Nutzen von verschiedenen weiteren Aufwendungen wie z. B. für Fahrzeuge, Energie, Logistik etc. abhängig ist.[7]

Nach einem Bericht der eEurope Advisory Group vom Juni 2004 kann Breitband sogar einen deutlich höheren Einfluss auf die Entwicklung ländlicher Gebiete entfalten als traditionelle Infrastrukturen wie etwa Telefon, Eisenbahn oder Straßen.[8] Eine möglichst hohe Verfügbarkeit von Breitbandinternet wird daher auch für die ländlichen Räume postuliert und bildet einen der zentralen Aktionspunkte der Informations- und Kommunikationspolitik der Bundesregierung, aber auch verschiedener Bundesländer.

---

6 Z. B. Crandall/Jackson 2001.
7 Vgl. eEurope Advisory Group (Work Group Nr. 1)(2004),
8 eEurope Advisory Group; Work Group Nr. 1: Digital Divide and Broadband Coverage, written recommendations, 29. Juni 2004.

2.2 DSL als Bezugspunkt für alternative Breitbandanschlusstechnologien

Die Diskussion über die Verfügbarkeit von breitbandigen Anschlusstechnologien wird in Deutschland seit der Entstehung des Breitbandinternet-Marktes geprägt durch die DSL-Technologie. Zwar werden alternative breitbandige Anschlüsse[9] in Deutschland derzeit technologisch auch über

- Fernseh-Breitbandkabel (Kabelmodem),
- Stromkabel (Powerline) sowie drahtlos über
- Public Wireless LAN (PWLAN),
- WiMAX,
- UMTS (HSDPA) und
- Satellit

realisiert und auch angeboten, dennoch bildet die DSL-Technologie gewissermaßen den natürlichen Referenzpunkt für wettbewerbliche Zugangstechnologien sowohl in Hinblick auf die Flächenabdeckung als auch in Hinblick auf Bandbreitenverfügbarkeit und Preisstruktur der hierüber angebotenen Dienste Überall dort, wo DSL verfügbar ist, werden es alternative Anschlusstechnologien schwer haben, Fuß zu fassen.

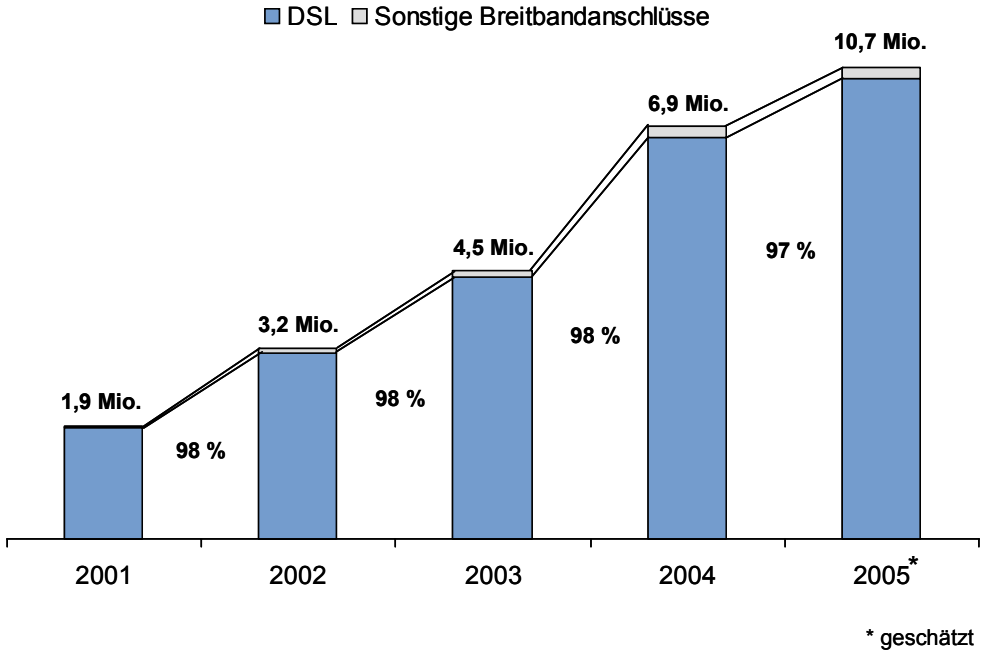
Obwohl es sich beim Markt für Breitbandanschlüsse um einen noch jungen, sehr dynamischen Markt handelt, entfällt mit rund 97% der größte Anteil auf die DSL-Technologie. Seit der Einführung von DSL im Jahr 2001 wurden Jahr für Jahr zweistellige Wachstumsraten im oberen Bereich verzeichnet. So nahm die Zahl breitbandiger Anschlüsse von 1,9 Mio. in 2001 bis zum Jahresende 2004 auf 6,9 Mio. zu. Es wird erwartet, dass die Zahl breitbandiger Anschlüsse zum Jahresende 2005 etwa 10,7 Mio. betragen wird, was bei rund 39 Mio. deutschen Haushalten einer Gesamtmarktpenetration von etwa 27% entspricht. Im internationalen Vergleich der angeschlossenen Teilnehmer wird Deutschland damit Ende 2005 auf dem vierten Platz hinter den USA, Japan und Süd-Korea stehen.[10] Bis zum Jahresende 2007 wird ein weiteres durchschnittliches Wachstum des DSL-Marktes von jährlich 27% auf dann 16,4 Millionen Anschlüsse erwartet.

---

9 Eine einheitliche Definition von Breitbandigkeit existiert im internationalen Rahmen nicht. Es besteht jedoch Übereinstimmung, dass hierunter eine Übertragungsrate von mindestens 128 kbit/s im Download sowie 128 kbit/s im Upload verstanden wird. Eine Bündelung von ISDN-Kanälen als Breitband ist somit definitorisch ausgeschlossen.

10 http://www.dslforum.org/PressRoom/news_9.22.2004_US.html.

Abbildung 2-3: Entwicklung der DSL-Anschlüsse in Deutschland (Marktanteil von DSL in %)



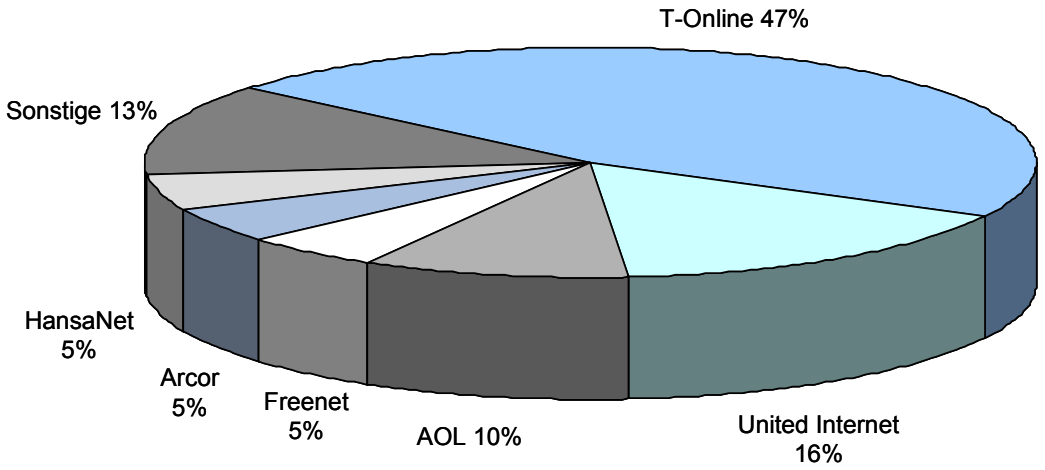
Quelle: BNetzA / WIK-Consult

Die wesentlichen Ursachen für dieses dynamische Wachstum der DSL-Anschlüsse liegen zum einen im regulatorischen Bereich. Durch das Telekommunikationsgesetz (TKG) wurde ein wettbewerbsfördernder Ordnungsrahmen etabliert, der insbesondere eine effiziente sektorspezifische Zugangs- und Entgeltregulierung gewährleistet. Mit der entbündelten Teilnehmeranschlussleitung (TAL) und dem sog. Line Sharing stehen für die Wettbewerber wichtige Produkte im Vorleistungsmarkt für Breitbandanschlüsse zur Verfügung. Die BNetzA hat erst vor wenigen Monaten die Preise für den Zugang zur TAL und für Line Sharing gesenkt. Die deutschen Entgelte nehmen damit im Vergleich mit anderen europäischen Ländern eine sehr gute Position ein.

Seit Juli 2004 bietet der Incumbent außerdem seinen Wettbewerbern auf freiwilliger Basis im Rahmen eines Resale-Angebots den Weiterverkauf von T-DSL-Anschlüssen an. Bis zum 1. Quartal 2005 wurden 465.000 DSL-Anschlüsse allein auf Basis von Resale durch die Wettbewerber realisiert. Die BNetzA prüft derzeit, ob die Voraussetzungen für die Anordnung eines weiteren Angebots im Vorleistungsmarkt, dem sog. Bitstream Access gegeben sind. Dieses Produkt wird insbesondere in Ländern wie Spanien, Großbritannien, Frankreich oder Norwegen erfolgreich von Wettbewerbern für ein eigenes Breitband-Angebot im Endkundenmarkt eingesetzt.

Eine zweite Ursache für das dynamische Wachstum des DSL-Marktes ist eng mit dem Vorleistungsmarkt verknüpft und liegt am intensiven Wettbewerb im Markt für ISP-Dienste. Für den Incumbent und die über 900 bei der BNetzA registrierten wettbewerblichen Anbieter im Markt bestehen in der gegenwärtigen Marktphase besonders hohe Anreize, einen möglichst großen Anteil im noch zu verteilenden restlichen Markt für Breitbandanschlüsse zu erringen, da derzeit die entscheidenden Weichenstellungen für dessen künftige Verteilung erfolgen. Es sind somit aggressive Strategien bei der Kundengewinnung zu beobachten, um sich die entscheidenden Anteile in diesem besonders wertschöpfungsintensiven[11] Marktsegment zu sichern, dessen Potenzial in Deutschland erst zu einem Drittel ausgeschöpft ist und das insgesamt auf eine Größenordnung von etwa 65% bis 75% aller Haushalte geschätzt wird.

Abbildung 2-4: Wettbewerb im ISP-Markt



wik

Quelle: Point Topic, WestLB Equity Research (2004)

11 Bereits 2003 war der Umsatz mit Breitbandinternet mit 1,74 Mrd. Euro höher als der Umsatz mit Schmalbandinternet (1,67 Mrd. Euro).

Der intensive Wettbewerb im ISP-Markt hat nicht nur zu einem, auch im internationalen Vergleich, niedrigen Preisniveau geführt, sondern auch zu qualitativ ständig verbesserten Angeboten im Endkundenmarkt,[12] die sich insbesondere in steigenden Übertragungsraten (1, 2, 3, 6 Mbit/s etc.) bei oft gleich bleibenden Preisen ausdrücken. Lag die Bandbreite des durchschnittlichen DSL-Anschlusses noch vor zwei Jahren bei 768 kbit/s im Download, so werden heute für Privathaushalte im Festnetzbereich kaum noch Anschlüsse unter 2 Mbit/s vermarktet. Durch kontinuierliche Investitionen in die Aufrüstung der Netze etwa durch ADSL2+ werden gleichzeitig immer höhere Bandbreiten für eine immer größere Anzahl von Kunden verfügbar. So bietet z. B. der Anbieter Versatel seit Oktober 2005 seinen Kunden Übertragungsraten von bis zu 20 Mbit/s im Download und 600 kbit/s im Upstream für den Preis von 69,98 Euro an.[13]

Die günstigen Angebotsstrukturen werden begleitet von den Penetrationsstrategien vieler Anbieter, mit subventionierten Endgeräte-Komponenten (Router, WLAN-Equipment) im Endkundenmarkt auch die Rüst- und Wechselkosten auf ein möglichst niedriges Niveau abzusenken. Mit differenzierten und skalierbaren Tarifmodellen (Zeit- oder Volumenkontingente, Flatrates) werden gleichzeitig die verschiedenen Kundensegmente des Breitbandmarktes wie z. B. kleine und mittlere Unternehmen (KMU), Small Offices und Home Offices (SOHO) sowie die unterschiedlichen Anwendersegmente der privaten Haushalte ausgeschöpft, die als Normalnutzer, sporadische Nutzer oder als Low User bislang über keine besondere Affinität zum Medium Internet verfügen.

Eine dritte Ursache für die steigenden Penetrationszahlen von Breitbandinternet liegt in der allmählich zunehmenden elektronischen Medienkompetenz in Deutschland. Dieser von der Medienforschung als „demografische Normalisierung“ beschriebene Prozess beinhaltet, dass die bislang bei der Internetnutzung unterrepräsentierten Gruppen sich diesem Medium immer stärker zuwenden und sowohl Menschen mit geringerer formaler Schulbildung als auch Senioren und Frauen allmählich zu aktiven Internetnutzern werden. So ist der Anteil der Erwachsenen, die das Internet nutzen, von 28,6% im Jahr 2000 auf inzwischen 57,9% (2005) angewachsen. Trotz dieser bereits hohen Durchdringung verweisen Medienforscher darauf, dass in einzelnen soziodemographischen Gruppen durchaus noch weiteres Potenzial für zukünftige Steigerungsraten erkennbar ist.[14]

---

12 Die Preise lagen 2004 in einem Vergleich der vier großen europäischen Märkte (Italien, Großbritannien, Deutschland, Frankreich) sowie den USA im Mittelfeld. Seit der Durchführung dieses Benchmarks wurden die Preise für Vorleistungsprodukte jedoch weiter gesenkt und die Endkundenpreise sind seither drastisch gesunken.

13 Vgl. www.dsl-magazin.de/news vom 26.10.2005

14 Vgl. B. v. Eimeren, B. Frees (2005), S. 362ff.

Tabelle 2-1: Entwicklung der Onlinenutzung in Deutschland 1997 bis 2005

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
gelegentliche Onlinenutzung									
in %	6,5	10,4	17,7	28,6	38,8	44,1	53,5	55,3	57,9
in Mio.	4,1	6,6	11,2	18,3	24,8	28,3	34,4	35,7	37,5
Zuwachs gegenüber dem Vorjahr in %	-	61	68	64	36	14	22	4	5
Onlinenutzung innerhalb der letzten vier Wochen									
in %	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	51,5	52,6	56,7
in Mio.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	33,1	33,9	36,7
Zuwachs gegenüber dem Vorjahr in %	-	-	-	-	-	-	-	2	8

Quelle: Media Perspektiven 8/2005

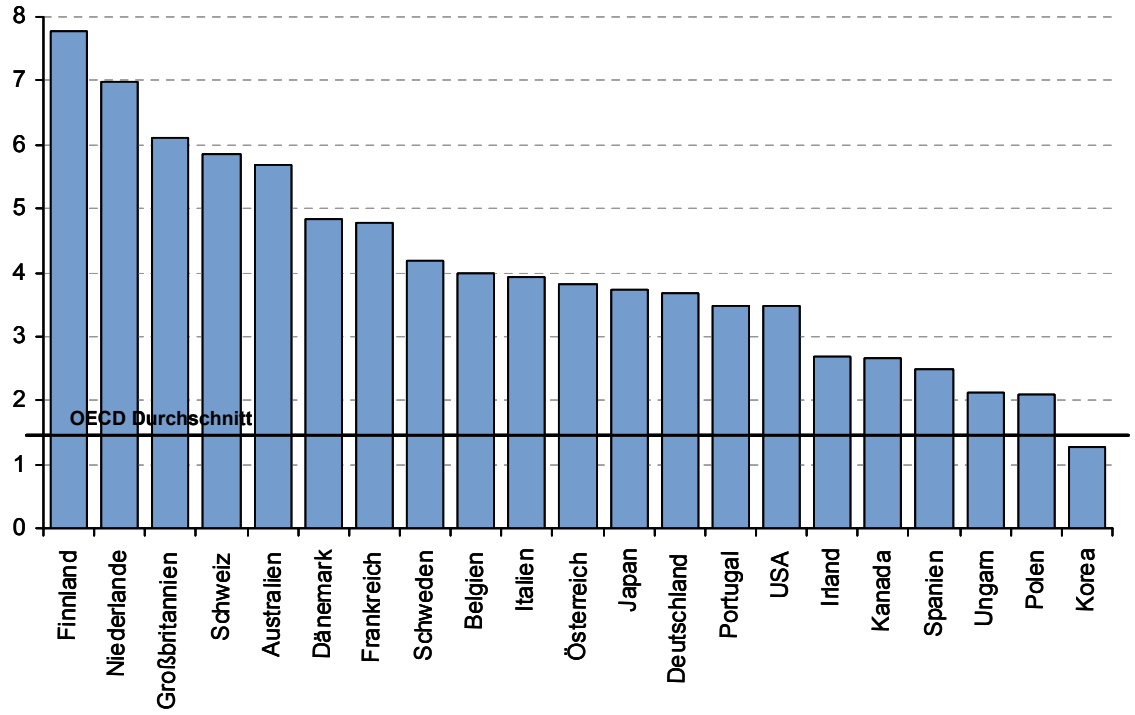
Die günstige Prognose zur Nachfrageentwicklung nach Breitbandinternet erhält Unterstützung durch die Tatsache, dass die Deutsche Telekom AG angekündigt hat, künftig die Aufrüstung der Festnetze auch in solchen Regionen voranzutreiben, in denen DSL bislang auf Grund technologischer oder wirtschaftlicher Gründe nicht verfügbar ist. Rund 33 Mio. der insgesamt 37 Mio. Telefon-Anschlüsse können derzeit für einen DSL-Anschluss genutzt werden, was einer Penetrationsrate von ungefähr 88 aller bundesdeutschen Haushalte entspricht. D. h., dass derzeit rund 4 Mio. Haushalte nicht mit DSL versorgt werden können.

Die Deutsche Telekom AG beabsichtigt, durch eine technische Umrüstung mittelfristig auch solche Gebiete für die DSL-Technologie zu erschliessen, in denen in der Vergangenheit sog. hybride Teilnehmeranschlusssysteme (HYTAS) bzw. Glasfaserverbindungen (OPAL) verlegt worden sind. Hiervon sind rund 1,5 Mio. Anschlüsse in rund 780 Anschlussbereichen in ganz Deutschland betroffen. Nach den Plänen der Deutschen Telekom AG soll bis zum Jahr 2008 in denjenigen OPAL-Gebieten, in denen entsprechende Investitionen wirtschaftlich tragfähig erscheinen, eine Überbauung auf der Basis des klassischen Kupferdoppeladerkabels erfolgen. Die DTAG will für dieses Projekt insgesamt 500 Mio. Euro zur Verfügung stellen. Werden die Pläne der DTAG verwirklicht, dann würde sich die bundesweite DSL-Verfügbarkeit um 1,6% auf dann knapp 90% erhöhen.

Für die HYTAS-Gebiete gibt es derzeit verschiedene Überlegungen für den Netzausbau. Ein einheitliches Konzept zur Umrüstung und zur Herstellung der DSL-Verfügbarkeit fehlt zwar noch, aber die DTAG prüft derzeit verschiedene technische Lösungsoptionen wie z. B. den Ausbau von sog. Outdoor-DSLAMs in Hinblick auf deren Wirtschaftlickeit und Umsetzbarkeit. Nach Einschätzung von Experten kann davon ausgegangen werden, dass die Umrüstung von HYTAS-Gebieten die Verfügbarkeit von DSL um weitere 3% auf dann insgesamt rund 93% steigern würde.

Mit diesen Werten wird deutlich, dass Deutschland in Bezug auf DSL-Verfügbarkeit im internationalen Vergleich eine der vorderen Positionen einnimmt. Ein Benchmark mit hochindustrialisierten Vergleichsländern zeigt, dass die Verfügbarkeit der DSL-Technologie bezogen auf die Privathaushalte mit 98% nur in Belgien, Dänemark und der Schweiz sowie mit 94% im Vereinigten Königreich und mit 92% in Japan höher ist. In Kanada (86%), in Italien (85%), in Frankreich (83%) sowie in den USA (81%) hingegen ist die DSL-Verfügbarkeit deutlich geringer.

Abbildung 2-5: Wachstum der Breitbandnutzer im internationalen Vergleich, Nettoanstieg Breitbandnutzer je 100 Einwohner Juni 2004 bis Juni 2005



wik

Quelle: OECD

Der Blick auf die absolute Verfügbarkeit von DSL in Bezug auf die Anzahl der Haushalte überlagert häufig die Tatsache, dass diese in Hinblick auf die räumliche Verteilung sehr unterschiedlich ausfällt. Während in den städtischen Verdichtungsräumen die Verfügbarkeit von DSL nahezu flächendeckend gegeben ist, weist der Breitbandatlas, der von der Bundesregierung im Juli 2005 veröffentlicht wurde und der die geografische Verfügbarkeit unterschiedlicher Anschlusstechnologien und ihrer Anbieter dokumentiert, für viele ländliche Regionen und (ehemalig) grenznahe Gebiete „weiße Flecken“, d. h.

nicht mit DSL versorgte Gebiete aus. Im internationalen Vergleich nimmt Deutschland zwar mit einer durchschnittlichen Penetrationsrate von 55% für die ländlichen Regionen im Vergleich mit Ländern wie z. B. Frankreich (45%) oder Italien (40%) oder dem Vereinigten Königreich (40%) eine gute Position ein. Dennoch verdeutlicht diese Zahl, dass bisher nicht unbeträchtliche Teile der suburbanen, kleinstädtischen oder ländlichen Regionen nicht mit einem DSL-Angebot erschlossen wurden.

Dies liegt zum einen an der mangelnden Wirtschaftlichkeit in Folge einer zu großen räumlichen Streuung der Nachfrage. Im bestehenden räumlichen Angebot von Breitbandzugängen spiegeln sich im Kern stets Economies of Density wider, d. h., das faktische sowie das erwartete Aufkommen von Datenverkehr nach regional unterschiedlicher Dichte. Die hierauf basierenden Investitionsentscheidungen der Marktakteure haben in allen Ländern sowohl zu regional unterschiedlich verteilten Angeboten und Verfügbarkeiten als auch zu unterschiedlichen Endkundenpreisen geführt. Die beste Versorgung findet sich grundsätzlich in den dicht besiedelten großstädtischen Regionen, wo sowohl wettbewerbliche DSL-Angebote zu attraktiven Preisen und mit hohen Geschwindigkeiten als auch zum Teil Breitbandzugänge über alternative Techniken wie etwa das Breitbandkabel angeboten werden.[15]

Ein weiterer Ausbau der Verfügbarkeit von leitungsgebundenen Breitbandzugängen in den bislang unerschlossenen Gebieten ist mit sehr hohen Grenzkosten verbunden. Die Deutsche Telekom geht beispielsweise davon aus, dass der DSL-Ausbau in ihrem Netz für das verbleibende Zehntel der noch nicht erschlossenen Haushalte noch einmal die gleiche Investitionssumme erforderlich machen würde wie die Erschließung der übrigen 90%.

Zum anderen liegt die fehlende Erschließung der Fläche an technologisch bedingten Restriktionen, die sich aus Reichweiteproblemen der DSL-Technologie ergeben. Mit DSL kann üblicherweise bis zu einer Länge des Kupferdrahtes von 4 Kilometern zwischen DSL-Modem beim Kunden und dem DSLAM im Hauptverteiler oder Kabelverzweiger eine Übertragungsrate von mindestens 384 kbit/s realisiert werden. Durch den Einsatz neuer Technologien kann diese Entfernung sukzessive in kleinen Schritten auf rund 5 Kilometer gesteigert werden. Größere Reichweiten lassen sich allerdings durch die DSL-Technologie nicht überbrücken. Nach Schätzungen von Experten können in Deutschland mehr als eine Mio. Anschlüsse wegen zu großer Entfernung nicht für das Breitbandinternet erschlossen werden, ohne dass aufwändige Erschließungsarbeiten z. B. mittels Outdoor DSLAMS vorgenommen werden müssten. In Gebieten, in denen DSL bereits ausgebaut ist, können wegen zu hoher Entfernungen zwischen DSLAM und DSL-Modem mehr als eine Million Anschlüsse nicht mit DSL versorgt werden.

---

15 Vgl. hierzu insbesondere das Portal des BMWi und den dort verfügbaren Breitbandatlas.

Angesichts der oben dargestellten wirtschaftlichen und technologischen Engpässe muss davon ausgegangen werden, dass auch längerfristig zwischen drei und fünf Prozent der bundesdeutschen Haushalte nicht durch die DSL-Technologie zu wirtschaftlich vertretbaren Bedingungen angeschlossen werden können. Vor diesem Hintergrund wurde in der letzten Zeit in der politischen Diskussion die Forderung erhoben, sich von der Fokussierung auf die DSL-Technologie zu lösen und den Blick verstärkt auf die Verfügbarkeit von technologischen Alternativen zu rücken. Dabei geht es sowohl um die technischen Möglichkeiten und Potenziale als auch um Wirtschaftlichkeit und Attraktivität der Geschäftsmodelle von Akteuren, die bestehenden „weißen Flecken“ der Breitbandversorgung in Deutschland zu schließen.

Da die Beseitigung der „weißen Flecken“ in der Breitbandversorgung und die Steigerung des Infrastrukturwettbewerbs in den bisherigen DSL-Gebieten durch wirtschaftlich und technisch attraktive Alternativtechnologien zu den wesentlichen, von der Bundesregierung formulierten infrastrukturpolitischen Zielsetzungen gehört, soll in der nachfolgenden Analyse untersucht werden, welche technologischen Möglichkeiten und marktrelevanten Potenziale durch die vorhandenen Alternativlösungen geboten werden und welchen Beitrag sie auf der Basis tragfähiger Geschäftsmodelle zur flächendeckenden Versorgung mit Breitbandinternet leisten können.

Um den Beitrag alternativer Anschlusstechnologien zur Abdeckung der Fläche mit breitbandigen Zugangsmöglichkeiten bewerten zu können, ist es zunächst erforderlich, die technologischen Hintergründe und die Leistungsfähigkeit zu beleuchten. Dies soll nachfolgend dadurch geschehen, in dem für jede Funktechnologie idealtypische „Normregionen“ entwickelt und darin möglichst realistische Einsatzszenarien gespiegelt werden. Für jede Funktechnologie werden anschließend die Frequenzverfügbarkeit sowie der regulatorische Rahmen skizziert. Daran anschließend wird die Tragfähigkeit sowie die Nachhaltigkeit der im Markt feststellbaren Geschäftsmodelle betrachtet und abschließend die jeweiligen Markthemmnisse sowie Marktperskpektiven identifiziert und bewertet.

3 Alternative Breitbandzugänge per Funk

Für die folgenden Vergleiche verschiedener Funksysteme spielen zwei Größen eine besondere Rolle: Zum einen ist dies die Größe der von einer Funkzelle eines Systems abgedeckten Fläche, zum anderen die Anzahl der Nutzer, die in dieser Zelle versorgt werden können. Während die Größe einer Funkzelle maßgeblich von der verfügbaren Sendeleistung und den verwendeten Trägerfrequenzen abhängt, ist die Anzahl der bedienbaren Nutzer vom Dienstemix, sowie von der verwendeten Übertragungstechnik, also Modulationsart, Kanalcodierung und Frequenzspektrum abhängig.

Für den Vergleich der Systeme soll im Folgenden von gleichartigen „Norm-Nutzern" ausgegangen werden. Ein „Norm-Nutzer" eines Systems beansprucht einen Streaming-Dienst mit einer Nutz-Datenrate von 768 kbit/s (im Downlink, nach Kanaldecodierung). Wenn eine Funkzelle eines Systems beispielsweise maximal zwei solcher Nutzer gleichzeitig bedienen kann, also eine Summendatenrate von mindestens 2×768 kbit/s = 1536 kbit/s aber weniger als 3×768kbit/s = 2304 kbit/s zur Verfügung stellt, und dabei eine Fläche von 1 km² abdeckt, entspricht dies einer möglichen Nutzerdichte von 2 pro km². Bei einer angenommenen Kreisfläche entspricht dies einem Radius von 564 m. Je nach Bevölkerungsdichte des zu versorgenden Gebietes kann diese zu gering oder überdimensioniert sein. In dicht besiedelten Gebieten kann es notwendig sein, kleinere Funkzellen zu etablieren, um der Nachfrage (Verkehrsangebot pro Fläche) gerecht zu werden. Demgegenüber könnte in weniger dicht besiedelten Gebieten der Bedarf u.U. mit größeren Zellen gedeckt werden. Es werden zwei Szenarien exemplarisch betrachtet:

a. „Normregion 1" stellt eine städtische Umgebung mit einer typischen Bevölkerungsdichte von 2000 Einwohnern pro km² (z. B. Hamburg/Bremen, gerundet)[16] dar. Es wird davon ausgegangen, dass 10% davon das betrachtete System als Kunden benutzen. Von diesen 200 Nutzern seien wiederum 10%, also 20, in der Hauptzeit (busy hour) online. Von diesen Nutzern verlangen im statistischen Mittel 60% gleichzeitig den Datendienst mit der erwähnten Rate von 768 kbit/s, während die restlichen Nutzer vorübergehend keine Daten anfordern. Dies entspricht 12 gleichzeitig aktiven Normnutzern. Für die Dimensionierung der Zelle wird hilfsweise die für verbindungsorientierte Übertragung gültige Erlang-B-Formel herangezogen. Bei einem Verkehrsangebot von 12 Erlang und einer zugelassenen Blockierwahrscheinlichkeit von 1% würden dann 20 Nutzkanäle benötigt, um diesen Bedarf zu decken. Dieser Wert ist als eine Obergrenze zu interpretieren, da bei einer paketorientierten Übertragung der Datendurchsatz einer Zelle unter Berücksichtigung unterschiedlicher Diensteklassen optimiert werden kann. Eine genaue Erfassung dieser Effekte erfordert eine aufwändige verkehrstheoretische Modellierung, die allerdings über die hier interessierenden überschlagsmäßigen Betrachtungen hinausge-

16 Vgl. Statistisches Bundesamt Deutschland, www.destatis.de

hen. Aus der Anzahl der im System pro Funkzelle zur Verfügung stehenden Nutzkanäle leitet sich damit die Anzahl der Zellen und deren Größe ab, die nötig ist, um ein Gebiet der Größe 1 km² unter den entsprechenden Voraussetzungen zu versorgen.

b. „Normregion 2“ modelliert eine ländliche Umgebung mit einer Bevölkerungsdichte von 80 pro km² (Mecklenburg-Vorpommern/Brandenburg, gerundet)[17]. Auch hier wird davon ausgegangen, dass 10% der Bevölkerung das System als Kunden benutzen und davon wiederum 10% in der busy hour als Nutzer online sind. Von diesen Nutzer fordern auch hier 60% gleichzeitig einen Datendienst mit einer Rate von 768 kbit/s, was einem Verkehrsangebot von 0,48 Erlang entspräche. Bei einer Blockierwahrscheinlichkeit von 1% würden hier 4 Nutzkanäle benötigt.

Die beiden unterschiedlichen Normregionen werden also durch den Bedarf von 20 Nutzkanäle pro km² (Normregion 1) und 4 Nutzkanäle pro km² (Normregion 2) charakterisiert.

Eine weitere wichtige Größe für den Systemvergleich ist die so genannte „spektrale Effizienz“. Der Begriff der spektralen Effizienz ist dabei in der Literatur nicht eindeutig definiert. Generell dient er zur Charakterisierung einer Übertragungstechnik und gibt an, wie effektiv die jeweilige Technik das ihr zur Verfügung stehende Frequenzspektrum nutzt, also wie viele Nutz-Daten auf einem Frequenzkanal einer gewissen Frequenzbandbreite übertragen werden können. Die spektrale Effizienz wird dementsprechend angegeben in kbit/s/Hz oder, bei zellularen Systemen, bei denen nur eine Zelle betrachtet wird, in kbit/s/Hz/Zelle. Nicht fest vorgegeben ist dabei die Art der Messung der übertragenen Datenmenge. So können beispielsweise die von der physikalischen Schicht unter Idealbedingungen maximal erreichbaren Datenraten betrachtet werden, aber auch nur die Datenrate, die den Nutzern in gestörter Umgebung durchschnittlich zur Verfügung steht. Wenn bei den folgenden Betrachtungen der einzelnen Funktechnologien Werte für die spektrale Effizienz angegeben werden, so beziehen sich diese auf die von einer Funkzelle eines Systems tatsächlich zur Verfügung gestellten Summendatenrate (nach Kanaldecodierung).

Bei allen Systemen besteht eine große Diskrepanz zwischen theoretischen maximalen Datenraten der Standards und den unter realen physikalischen Übertragungsbedingungen unter Berücksichtigung von ökonomischen Randbedingungen tatsächlich erreichbaren Datenraten. Ein Beispiel dafür stellen die heutigen UMTS-FDD-Systeme dar. Hier sind theoretische Datendurchsätze[18] von bis zu 5,616 Mbit/s je Zelle möglich (keine Kanalcodierung, Spreizfaktor 4, 3 parallele Spreizcodes). Dies entspräche bei einer Frequenzbandbreite von 5 MHz einer spektralen Effizienz von 1,1232 bit/s/Hz. Einge-

---

17 Vgl. Statistisches Bundesamt Deutschland, www.destatis.de
18 Holma/Toskala (2004).

hende theoretische Untersuchungen ergeben jedoch eine mittlere spektrale Effizienz von höchstens 0,3 bit/s/Hz in voll ausgelasteten Netzen. Dies entspricht einer Summendatenrate von 1,5 Mbit/s, die auf sämtliche Nutzer aufzuteilen ist. Damit könnten die Anforderungen für lediglich zwei Normnutzer erfüllt werden. Deshalb ist es unter Umständen aus ökonomischen Gründen sinnvoll die einem Nutzer maximal zur Verfügung stehende Datenrate zu begrenzen. In den derzeitigen UMTS-Netzen liegt diese Obergrenze bei 384 kbit/s, so dass etwa 4 Nutzer gleichzeitig bedient werden können. Bei steigender Nutzerzahl wird im UMTS-System die Summendatenrate auf die Nutzer aufgeteilt, so dass z.B. 10 Nutzer mit 150 kbit/s bedient werden können. Generell gilt für die verschiedenen Systemstandards, dass die in einem ausgelasteten Netz verfügbare Summendatenrate sich um Faktoren von der theoretisch verfügbaren unterscheiden kann.

3.1 Wireless LAN

3.1.1 Technische Leistungsfähigkeiten und Entwicklungspotenziale

3.1.1.1 Charakterisierung

Der Begriff „Wireless LAN“ (WLAN, Wi-Fi) bezeichnet zunächst sämtliche Systeme, die eine funkbasierte Datenübertragung innerhalb eines lokalen Computernetzes mit einer räumlichen Ausdehnung von einigen 100 m ermöglichen (Local Area Network). Im engeren Sinn bezeichnet WLAN ein nach der Standardfamilie IEEE 802.11 aufgebautes drahtloses Netz. Inneralb dieser Familie existieren verschiedene Standards mit abgewandelten Funktechniken und Datenraten. Zurzeit werden in nahezu allen im zuteilungsfreien ISM-Band bei 2,4 GHz betriebenen Systemen die Standards 802.11b oder 802.11g verwendet, die nominelle (theoretische) Datenraten von 11 Mbit/s bzw. 54 Mbit/s (inklusive Paket-Header) pro Kanal bieten. Proprietäre Lösungen, die den 802.11b-Standard abwandeln, bieten höhere Datenraten (z. B. 22 Mbit/s). Auch Abwandlungen des 802.11g-Standards mit höheren Datenraten sind verfügbar. Diese Systeme sind jedoch wegen der fehlenden Kompatibilität zu anderen Herstellern eher ungeeignet für den öffentlichen Betrieb. Der Standard 802.11a ist für Systeme mit Betrieb im zuteilungspflichtigen 5-GHz-Band vorgesehen und bietet ebenfalls nominelle Maximaldatenrate von 54 Mbit/s. Die tatsächliche erreichbare maximale Nettodatenrate für den Endnutzer beträgt in allen Systemen etwa 50% der theoretischen Maximalraten.

Ein Handover zu anderen WLAN-Systemen ist nicht vorgesehen. WLAN-Endgeräte sind daher zwar portabel zwischen verschiedenen Netzen, ermöglichen jedoch keine volle Mobilität.

Systeme nach 802.11g sind abwärtskompatibel zu 802.11b, es ist jedoch systembedingt mit einer erheblichen Reduzierung der Datenraten zu rechnen, sobald sich ein 802.11b-Endgerät in ein 802.11g-Netz einbucht.

Durch die Verwendung des zuteilungsfreien ISM-Frequenzbandes bei 2,4 GHz ist jeder Privatperson und jedem kommerziellen Anbieter der Aufbau eines WLAN-Netzes nach 802.11b oder 802.11g erlaubt. Die benötigten Netzkomponenten sind zudem sehr preisgünstig in der Anschaffung. Allerdings beträgt die maximale Sendeleistung der WLAN-Endgeräte 100 mW, wodurch sich eine stark eingeschränkte maximale Reichweite ergibt, die zudem von Mauern und Wänden zusätzlich reduziert wird.

Eine Besonderheit der WLAN-Netze besteht in dem von kabelgebundenen Computernetzen abgeleiteten Zugriffsverfahren Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA), bei dem alle beteiligten Sende-/Empfangsstationen den Kanal beobachten und einen gleichzeitigen Sendebetrieb vermeiden. Es wird keine explizite Duplex-Trennung durchgeführt, d.h. die Uplink- und Downlinkübertragung erfolgt ebenfalls nach dem CSMA/CA-Prinzip. Sämtliche Uplink- und Downlinkverbindungen des lokalen Netzes teilen sich die Gesamtdatenrate des Kanals (theoretisch 11 bzw. 54 Mbit/s), was zu einer entsprechenden Reduzierung der Nutzerdatenrate führt. Bei schlechten Übertragungsbedingungen werden die Datenraten automatisch reduziert.

In Europa stehen im 2,4-GHz-Band (Gesamt-Bandbreite: 83,5 MHz) 13 Kanäle mit einem Abstand von 5 MHz zur Verfügung. Durch die hohe systembedingte Abstrahlung in Nachbarbänder können jedoch nur drei dieser Bänder für WLAN genutzt werden, ohne dass erhebliche Interferenzen innerhalb des WLAN-Netzes auftreten. Interferenzen, die durch andere Funksysteme dieses Frequenzbandes verursacht werden, lassen sich jedoch nicht verhindern.

Die technischen Kenngrößen der WLAN-Systeme sind in Tabelle 3-1 zusammengefasst.

Tabelle 3-1: Technische Kenngrößen der WLAN-Systeme

Standard	802.11b	802.11g
Duplex-/Zugriffsverfahren	CSMA/CA	CSMA/CA
Modulation	CCK+QPSK	COFDM+(64-QAM, 16-QAM, QPSK, BPSK)
Kanalcodierung	Variabel	Variabel
Frequenzbereich	2400-2483,5 MHz	2400-2483,5 MHz
Bandbreite	real: 27,83 MHz pro Kanal	real: 27,83 MHz pro Kanal
Datenrate theoretisch (brutto)	11 Mbit/s	54 Mbit/s
Datenrate praktisch (netto)	5 Mbit/s	16 Mbit/s

Quelle: IND

3.1.1.2 Frequenzplanung, Flächendeckung und Kapazität

Bei der Planung eines WLAN-Netzes ist zu unterscheiden, ob es sich um eine isolierte WLAN-Zelle handelt oder ob ein flächendeckendes Zugangsnetz mit mehreren Zugangsknoten geschaffen werden soll. Während im ersten Fall alle drei verfügbaren Frequenzbänder in einem Netz genutzt werden können (und so eine Verdreifachung der Summenrate möglich ist), werden aus Interferenzgründen in zellularen WLAN-Netzen die drei Frequenzbänder in einem regelmäßigen Muster pro Netz wiederholt (Clustergröße 3). Hier ergibt sich also die oben erwähnte einfache Maximaldatenrate.

Die Abschätzung der spektralen Effizienz von flächendeckenden 802.11b-WLAN-Systemen ergibt sich aus der tatsächlich erreichbaren Summenrate pro Zelle, die mit 5 Mbit/s angenommen wird. Das Gesamtsystem belegt das komplette ISM-Band mit einer Bandbreite von 83,5 MHz. Für ein System mit Clustergröße 3 ergibt sich bei Nutzung eines Kanals pro Zelle eine effektive Kanalbandbreite von 83,5/3 = 27,83 MHz. Somit beträgt die spektrale Effizienz 0,18 bit/s/Hz/Zelle – ein Wert, der im Bereich von zellularen Mobilfunksystemen liegt (GSM: ca. 0,15 bit/s/Hz/Zelle). Zu bemerken ist allerdings, dass für eine Datenrate von 5 Mbit/s ein Signal-Störabstand (SNR) am Empfänger von etwa 20 dB erforderlich ist.[19] Dieser kann bei gleichzeitiger Aktivität und ungünstiger Verteilung der Nutzer erst ab einem Frequenzwiederholfaktor von 13 garantiert werden, der jedoch schon wegen mangelnder Frequenzausstattung nicht realisiert werden kann. In diesen Fällen sinkt also die erreichte Datenrate bzw. spektrale Effizienz weiter ab.

Für 802.11g-Systeme wird eine reale maximale Gesamtdatenrate von 16 Mbit/s angenommen. Das hierfür erforderliche SNR beträgt etwa 50 dB. Dieser Wert kann praktisch nur in isolierten Zellen realisiert werden. Sobald in der Umgebung eine Aktivität in anderen WLAN-Zellen des gleichen Frequenzbands herrscht, sinkt die Datenrate stark ab. Für den idealen Fall von 16 Mbit/s ergibt sich eine spektrale Effizienz von 0,57 bit/s/Hz/Zelle. Die Verbesserung ist teilweise auf das Modulationsverfahren OFDM zurückzuführen.

Die Reichweite von handelsüblichen WLAN-Sendern ist selbst bei Sichtverbindung auf etwa 100 m beschränkt. In Innenräumen beträgt die Reichweite je nach Positionierung er Sende- und Empfangseinheiten und der Wände nur einige zehn Meter. Es existieren allerdings auch spezielle Endgeräte, die eine Richtfunk-ähnliche Verbindung bei fest installierten Antennen mit Sichtverbindung über einige km realisieren können.

a) Flächendeckende Versorgung

Für die flächendeckende Versorgung ganzer Regionen mit breitbandigen Internetdiensten über WLAN lässt sich folgende verkehrstheoretische Überschlagsrechnung durchführen:

---

19 Chen/Chen/Rappaport (2004).

Es soll ein Gebiet der Größe 1 km² (Radius r = 564 m) mit breitbandigem Internetzugang mit einer individuellen Downlink-Rate von 768 kbit/s versorgt werden. Bei einer maximalen Summenrate von 5 Mbit/s lassen sich somit bei reinem 802.11b-Downlink-Betrieb sechs gleichzeitige Norm-Nutzer bedienen. In 802.11g-Systemen mit maximal 16 Mbit/s sind sogar 20 gleichzeitige Norm-Nutzer möglich. Bei einem typischen Zellradius von 100 m ergibt sich in 802.11b-Systemen bei einer angenommenen Nutzerdatenrate von 768 kbit/s durch die Aufteilung auf 32 Zellen eine maximale Nutzerdichte von 191 gleichzeitig aktiven Nutzern pro km², WLAN-Systeme nach 802.11g können 637 Nutzer pro km² bedienen. Diese Nutzerzahlen lassen sich durch Verkleinerung der Zellen steigern.

b) Kapazitätsbedarf für Normregion 1: städtische Umgebung

Als Kundendichte des WLAN-Netzes wird 200 pro km² angenommen. In der *busy hour* seien 10% aller Kunden mit dem Netz verbunden, bis zu 60% davon verlangen gleichzeitig den Dienst mit einer Download-Rate von 768 kbit/s. Den obigen Ausführungen folgend müssen 20 Nutzkanälen für das Gebiet von 1 km² zur Verfügung gestellt werden. Somit werden vier 802.11b-Zellen oder eine 802.11g-Zelle mit je einem Frequenzkanal benötigt. Diese weisen bei der angenommenen Versorgungsfläche einen Radius von 282 m (802.11b) bzw. 564 m (802.11g) auf. Solche Radien wären nur mit gerichteten Außenantennen und ggf. höheren Sendeleistungen realisierbar.

c) Kapazitätsbedarf für Normregion 2: ländliche Umgebung

Bei einer Kundendichte von 8 pro km² (10% der typischen Einwohnerdichte eines ländlichen Gebiets) werden unter den obigen Annahmen 4 Nutzkanäle benötigt. Diese können sowohl in 802.11b- als auch in 802.11g-Systemen mit einer einzigen Zelle bzw. einem Frequenzkanal angeboten werden. Der Zellradius würde dann für ein Gebiet von einem km² 564 m betragen und damit ebenfalls die Reichweite derzeitiger Systeme überschreiten.

3.1.1.3 Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit

Aufgrund des Betriebs von WLAN-Systemen im frei nutzbaren ISM-Band können die theoretisch verfügbaren (und auch in den obigen Berechnungen zur spektralen Effizienz und zur Nutzerdichte angenommenen) Datenraten nicht garantiert werden. Der tatsächlich verfügbare Durchsatz hängt zudem sehr stark von der aktuellen Auslastung, den Positionen der WLAN-Sender und der Kanalverteilung ab.

Unter günstigen Bedingungen lässt sich mit dieser Technologie durchaus die Versorgung eines Gebietes mit breitbandiger Datenübertragung realisieren. Steigt jedoch die Nutzerzahl an, so ist mit einer erheblichen Reduzierung der Dienstgüte zu rechnen. Weiterhin sind Konflikte mit parallelen, privat betriebenen WLAN-Netzen unvermeidbar. Diese prinzipielle Einschränkung lässt sich auch durch die Verwendung leistungsfähige-

rer Systeme im 2,4-GHz-Band (802.11n mit Datenraten über 100 Mbit/s) nicht ausräumen. Ein Ausweichen auf zuteilungspflichtige Frequenzbänder (802.11a bei 5 GHz) ist daher dringend geboten.

3.1.2 Frequenzverfügbarkeit und Regulierung

WLAN-Funksysteme nach IEEE 802.11 nutzen je nach Standardvariante Frequenzen im 2,4 GHZ- (802.11b und g) oder im 5 GHz-Band (802.11a bzw. h). Beide Frequenzbänder sind auf Basis unterschiedlicher Regulierungen für WLAN-Dienste nutzbar.

a) 2,4 GHz-Band

Das 2,4 GHz-Band ist Teil der international zugewiesenen ISM-Funkbänder, die für eine freizügige Nutzung für industrielle, wissenschaftliche und medizinische Anwendungen zur Verfügung stehen (vgl. Tabelle 3-2).[20] Der Vorteil der Nutzung der ISM-Frequenzen liegt darin, dass für die Nutzung der Frequenzen keine Zuteilungsverfahren durchlaufen werden müssen sowie keine Zuteilungsgebühren oder Nutzungsentgelte anfallen. Sie stehen somit für jeden sofort zur Verfügung. Gleichzeitig aber muss der Nachteil in Kauf genommen werden, dass kein Schutz vor Störsignalen durch andere Nutzer besteht.

Tabelle 3-2: WLAN-Frequenzen (gefettet) innerhalb der ISM-Frequenzbereiche

6.765 – 6795 kHz	40,66 – 40,7 MHz	24 – 24,25 GHz
13553 – 13567 kHz	433,05 – 434,79 MHz	61 – 61,5 GHz
26957 – 27283 kHz	**2400 – 2500 MHz**	122 – 123 GHz
	5725 – 5875 MHz	244 – 246 GHz

Quelle: BNetzA

Beispiele für andere ISM-Anwendungen sind Funkkopfhörer, Babyphones, Funkwetterstationen oder Funkfernsteuerungen für Garagentore, Spielzeuge oder Autozentralverriegelungen. Zu den häufigsten Anwendungen im 2,4 GHz Frequenzbereich zählen Mikrowellenherde, Garagentoröffner und zunehmend per Bluetooth miteinander vernetzte elektronische Geräte.

b) 5 GHz-Band

Die Frequenznutzung im 5 GHz-Band erfolgt auf Grund einer Allgemeinzuteilung für WLAN-Anwendungen. Um die stark steigende Nachfrage nach WLAN-Anwendungen längerfristig nicht durch die im ISM-Band zu erwartende Frequenzknappheit zu behin-

20 Vgl. www.bundesnetzagentur.de.

dern, wurde die RegTP bereits sehr frühzeitig aktiv und hat im November 2002 eine Allgemeinzuteilung für WLAN-Anwendungen im 5 GHz-Bereich getroffen. Die Bereiche 5150 MHz - 5350 MHz und 5470 MHz - 5725 MHz können seither gebührenfrei und ohne weitere Individualzuteilungen für WLAN-Anwendungen genutzt werden. Es besteht jedoch auch in diesem Frequenzband keine Gewähr für eine Qualitätsgüte oder Störungsfreiheit für den WLAN-Funkverkehr, da die betreffenden Bereiche auch für andere Funkanwendungen wie z. B. Satellitenfunk, Ortungsfunk und Amateurfunk genutzt werden.[21]

Die Allgemeinzuteilung für den 5 GHz Frequenzbereich enthält keine Vorschriften über die Anwendung bestimmter Standards, sondern ist generell technologieneutral formuliert. Allerdings müssen spezielle technische Vorgaben wie z. B. die Sendeleistungskontrolle und die dynamische Frequenzwahl erfüllt werden, um eine Störung bereits vorhandener Funkanwendungen auszuschließen. Eine Spezifikation, die diese regulatorischen Vorgaben berücksichtigt und in Deutschland eingesetzt werden darf, stellt beispielsweise IEEE 502.11h dar. In der Praxis wird das 5 GHz-Band bislang noch relativ wenig für WLAN-Anwendungen genutzt.

Auch auf internationaler Ebene wurde mittlerweile Einigung über die Freigabe des 5 GHz Frequenzbandes für WLAN erzielt. Auf der "World Radiocommunication Conference" der ITU, die Anfang Juli 2003 in Genf stattfand, wurde eine bevorzugte Zuteilung dieser Frequenzen an Wireless Access Systems (WAS) beschlossen.[22] Dies gibt den Herstellern weitere Planungssicherheit und es sind Skaleneffekte bei der Produktion und entsprechende Preisrückgänge bei den Systemen zu erwarten.

Nach Einschätzung von WLAN-Hotspotbetreibern stellen die verfügbaren Frequenzressourcen derzeit keinen Engpass dar. Durch intelligente Zellenplanung mit wenig überlappenden Kanälen kann das verfügbare Spektrum sehr effizient genutzt werden.

3.1.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle

WLAN-Netze zeichnen sich durch kostengünstige Netzkomponenten, eine einfache Installation sowie die freizügige Frequenznutzung aus. Zudem sind inzwischen die meisten portablen Endgeräte wie z. B. Notebooks serienmäßig mit WLAN-Schnittstellen ausgerüstet und die Betriebssysteme erlauben eine unkomplizierte Einbuchung. Vor diesem Hintergrund hat sich diese Funktechnologie innerhalb weniger Jahre einen Massenmarkt erobert. Zum einen zur privaten Vernetzung von Wohnungen, Büros und Firmengeländen und somit als Komplementärprodukt zu Breitbandanschlüssen und zum anderen zum Angebot öffentlicher Internetzugangsdienste an sog. PWLAN-

---

21 Vgl. RegTP Verfügung 35/2002 vom 13.11.2002.
22 Vgl. ITU, Pressemitteilung vom 4. Juli 2003.

Hotspots. Insofern leistet WLAN einen wichtigen Beitrag zur Intensivierung der Breitbandnutzung.

Derzeit werden Internetzugänge an rund 6.000 PWLAN-Hotspots in Deutschland angeboten, vornehmlich in Hotels, Cafés, Tankstellen, Flughäfen, Einkaufszentren, Bahnhöfen und auf Messegeländen.[23] Das Geschäftsmodell, das sich für PWLAN-Hotspots zunehmend durchzusetzen scheint, ist eine Entkopplung von Netzbetrieb und Angebot des Zugangsdienstes. Auf Basis von Roaming-Vereinbarungen bieten ISP ihren Kunden PWLAN-Dienste auch an nicht eigenbetriebenen Hotspots an. Auf diese Weise wird ein nomadischer Netzzugang für die Nutzer möglich, ohne dass sie sich an jedem Hotspot aufs Neue mit Tarifmodellen und dem Kauf von Zeitkontingenten auseinandersetzen müssen.

Durch die bereits hohe und noch weiter wachsende Anzahl von PWLAN-Hotspots stehen Breitbandzugänge an öffentlichen Orten in weiten Teilen Deutschlands zur Verfügung. Schwerpunkte sind Orte mit hoher Verkehrsdichte in Ballungsräumen. Zunehmend werden auch in öffentlichen Bibliotheken und Schulen Hotspots eingerichtet. Diese können für die Einwohner von Gegenden mit Breitbandunterversorgung zumindest eine gelegentlich nutzbare Breitbandzugangsmöglichkeit darstellen.

Die dritte Kategorie von WLAN-Anwendungen, die zwar weit weniger häufig verbreitet ist als die private Inhausvernetzung oder öffentliche PWLAN-Hotspots, aber im Zusammenhang mit dieser Studie hohe Relevanz besitzt, ist die Überbrückung der letzten Meile per WLAN.

Um Haushalte per WLAN-Schnittstelle breitbandig anzubinden, müssen die Sender angesichts ihrer geringen Reichweite und der in Deutschland vorherrschenden Massivbauweise und Gebäudeisolierung für eine Inhausversorgung relativ nahe an den Wohngebäuden platziert werden. Alternativ können an den Wohngebäuden gerichtete Außenantennen zur wenige hundert Meter entfernten Basisstation eingesetzt werden.

Die Kosten für die Installation und Vernetzung von Außenantennen stehen allerdings in einem ungünstigen Verhältnis zu den erwartbaren Umsätzen pro Haushalt. An den Kosten und der mangelnden Akzeptanz von Außenantennen scheiterten nach Experteneinschätzungen bereits die Geschäftsmodelle der WLL-Anbieter zu Beginn des Jahrzehnts. Wirtschaftliche Vorteile für Netzkonzepte unter Einsatz von gerichteten Außenantennen können lediglich in dörflich strukturierten Siedlungen vermutet werden, wo längere Distanzen auf der letzten Meile überbrückt werden müssen. Hier dürfte jedoch künftig bei Verfügbarkeit der leistungsstärkeren Funktechnologie WiMAX WLAN nur in Ausnahmefällen zum Einsatz kommen.

---

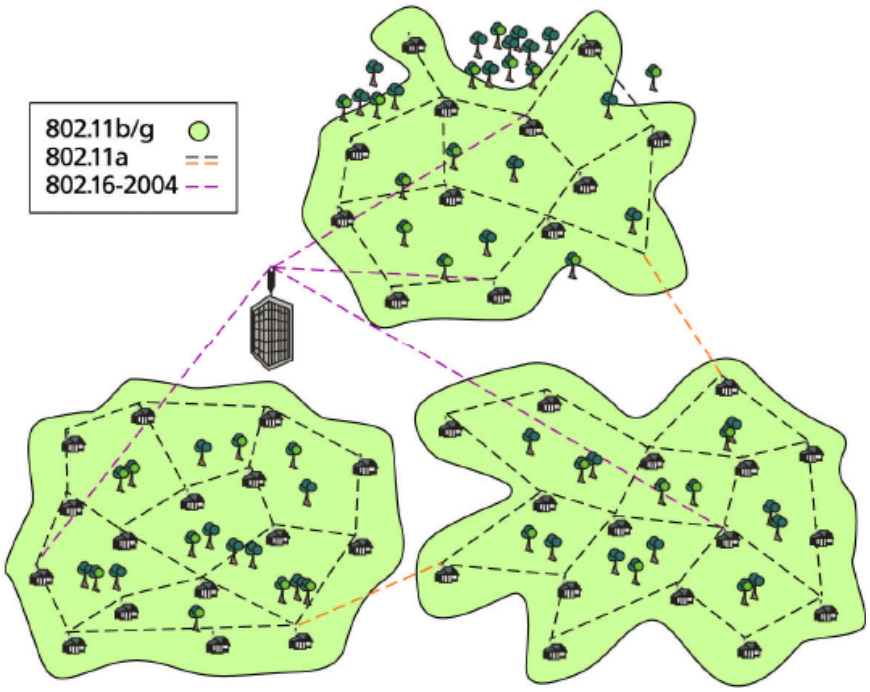
23 Vgl. Plan Online (2005), S. 42.

Beim Netzkonzept wohnungsnaher WLAN-Basisstationen entstehen die Kosten weniger nutzerseitig, sondern im Netzaufbau. Zu nennen sind Kosten der Installation eines dichten Netzes von Basisstationen, ihrer Versorgung mit Elektrizität und nicht zuletzt der notwendigen Backhaul-Anbindung. Mögliche Standorte für kleine WLAN-Funkzellen wären beispielsweise Straßenlaternen. Hier bedarf es allerdings einer Kooperation mit den kommunalen Behörden.

Derartig engmaschige Netze können nutzerseitige Kostenvorteile für sich reklamieren, wenn die Funksignale innerhalb des Hauses stark genug empfangen werden und die Nutzer ihre bereits vorhandenen WLAN-Schnittstellen in Notebooks bzw. relativ preiswerte WLAN-Komponenten am PC einsetzen können. Standardisierung und Economies-of-Scale haben bei WLAN zu sehr geringen Kosten beim Customer Premise Equipment (CPE) geführt.

Vor dem Hintergrund dieser Kostenstrukturen, der Frequenzverfügbarkeiten in den Bändern 2,4 GHz und 5 GHz und der Verbreitung von Endgeräten mit Funkschnittstellen nach 802.11b/g wurden Netzkonzepte entwickelt, die in Maschentopologie Funkschnittstellen nach unterschiedlichen Spezifikationen integrieren (vgl. Abbildung 3-1).

Abbildung 3-1: WLAN/WiMAX-Netze in Maschentopologie



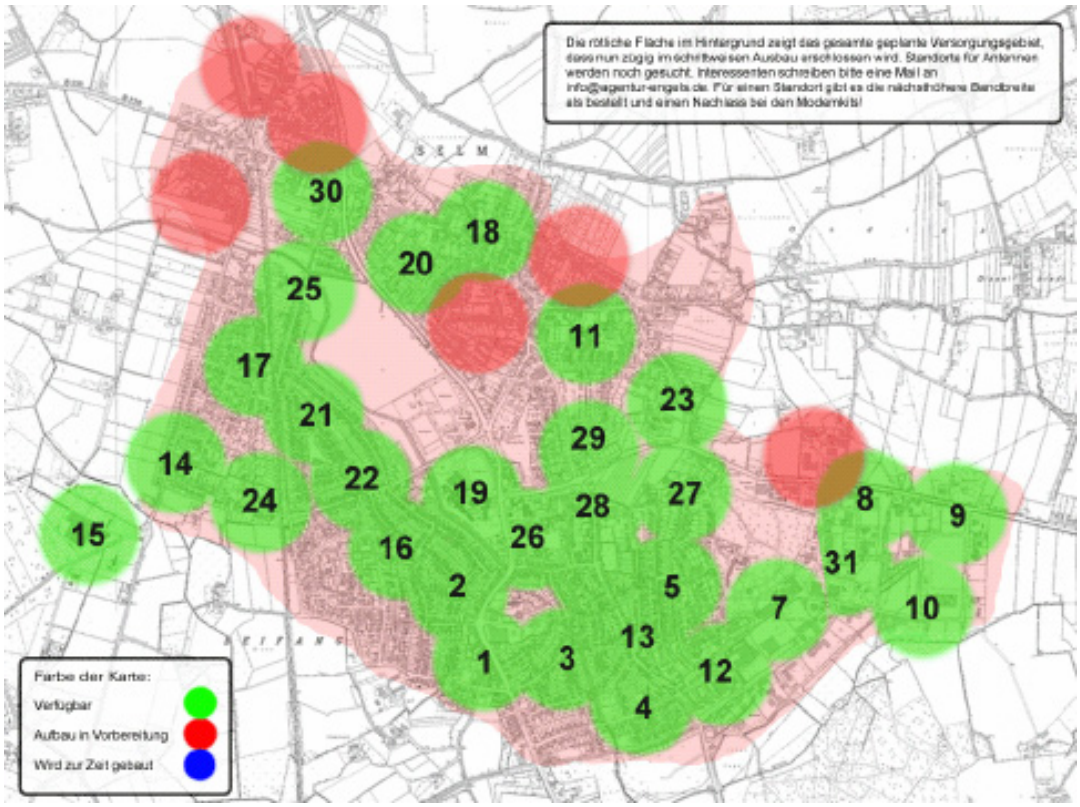
wik

Quelle: arvato systems Technologies

Hierbei werden wohnungsnah Basisstationen mit 802.11b/g eingesetzt, die im 2,4 GHz-Band arbeiten und den Inhauseinsatz der preiswerten und weit verbreiteten CPEs ermöglichen. Diese Basisstationen sind wiederum untereinander durch WLAN-Funkschnittstellen nach mit 802.11h im 5 GHZ-Band in der Regel durch Line-of-Sight (LOS) Verbindungen vermascht. Die Verbindung zu Backhaul-Netzen erfolgt von einigen Basisstationen aus in der Regel ebenfalls über Funkverbindungen mit LOS. Hier können proprietäre Funkstandards oder (Pre-)WiMAX-Verbindungen eingesetzt werden.

Erste Praxiserfahrungen mit dem Einsatz von WLAN auf der letzten Meile im Rahmen eines Netzes in Maschentopologie wurden beispielsweise in der Stadt Selm im Landkreis Unna in Nordrhein-Westfalen gemacht (vgl. Abbildung 3-2).

Abbildung 3-2: Praxisbeispiel Selm – Netzausbaustand 1. September 2005



Quelle: arvato systems Technologies

Selm zählte vor dem Aufbau dieses Funknetzes wegen der vorhandenen Glasfasernetze zu den Orten ohne Breitbandversorgung. Da WiMAX Ende 2004, als mit dem Netzaufbau begonnen wurde, noch nicht zur Verfügung stand, entschied sich der Netzbetreiber für die Maschentopologie. Bis Juli 2005 konnte ca. 80% der Fläche und 90% der Vertragskunden mit Breitbandzugang versorgt werden. Erreicht werden DSL-

übliche Downloadgeschwindigkeiten von 1-3 Mbit/s sowie Uploadgeschwindigkeiten von 0,25-3 Mbit/. Je nach örtlichen Gegebenheiten sind zum Teil gerichtete Außenantennen an den Gebäuden der Nutzer notwendig.[24]

Als wirtschaftlicher Engpass für die Erschließung von Breitband-unterversorgten Regionen mit Funknetzen erweist sich vielmals die Verfügbarkeit von leistungsfähigen Backhaul-Verbindungen zum Internet. In städtischen OPAL/HYTAS-Gebieten ist diese in der Regel noch zu vertretbaren Kosten zu realisieren, während dies bei abgelegenen Gemeinden auf dem Land nicht der Fall ist.

3.1.4 Markthemmnisse und Marktperspektiven

Als wichtiges Markthemmnis hat sich im Praxisbeispiel Selm die Abschätzung der potentiellen Nachfrage für die Erschließung dieses regionalen Marktes erwiesen. Von den ursprünglich 1.000 Breitbandinteressenten in der 22.000-Einwohner umfassenden Kernstadt Selm konnten letztlich nur 220 Haushalte als Kunden gewonnen werden. Gravierendes Hemmnis war in diesem Fall, dass kurz nach dem Aufbau des Funknetzes die Deutsche Telekom DSL auf Basis von Outdoor-DSLAMs verfügbar machte und verstärkt Maßnahmen zur Kundengewinnung ergriff.

Die Marktperspektiven der WLAN-Technologie zur Versorgung großflächiger Gebiete mit Breitbandinternet werden von Experten insgesamt eher verhalten eingeschätzt. Wirtschaftliche Chancen werden allenfalls im Rahmen von vermaschten Netzen gesehen. Der Vorteil der kostengünstigen und weit verbreiteten Endgeräte wird durch die geringe Reichweite und die damit verbundenen hohen Netzkosten aufgewogen.

WLAN-Funkschnittstellen sind daher derzeit hauptsächlich eine Option für Netzbetreiber, die (noch) nicht über Frequenzen für WiMAX verfügen und die sehr kurzfristig Breitbandzugänge einrichten wollen. Mittelfristig gesehen handelt es sich im Anschlussbereich eher um eine Übergangstechnologie, deren Stärken viel mehr in der Inhausvernetzung und der Versorgung von Hotspots liegen.

---

24 Vgl. Müller, J.E. (2005).

3.2 WiMAX

3.2.1 Technische Leistungsfähigkeiten und Entwicklungspotenziale

3.2.1.1 Charakterisierung

In der Standardfamilie IEEE 802.16 werden Funksysteme spezifiziert, die mit jeder Basisstation ein größeres Gebiet, etwa einen Stadtteil, abdecken sollen (Metropolitan Area Network, MAN). Ähnlich wie bei WLAN existieren auch hier mehrere Standards unterschiedlicher technischer Ausprägung. Wichtigstes Unterscheidungsmerkmal der Standards ist der vorgesehene Frequenzbereich und der damit zusammenhängende Betrieb bei Sichtverbindung (Frequenzbereich ab 11 GHz, insbesondere für Richtfunksysteme bzw. zum drahtlosen Anschluss von Basisstationen an das Kernnetz) oder ohne Sichtverbindung (realistisch bis ca. 6 GHz, auch zur Versorgung der Endnutzer). Der derzeit aktuelle und meistverwendete Standard für eine Funkübertragung, 802.16-2004, enthält die wesentlichen Elemente der früheren Standards 802.16a und 802.16d. Die Bezeichnung „WiMAX“ (Worldwide Interoperability for Microwave Access) umfasst sämtliche Funksysteme, die sich an der Familie 802.16 orientieren. Der Begriff ist jedoch rechtlich nicht geschützt und kann auch für proprietäre Systeme verwendet werden. Das WiMAX-Forum startet in naher Zukunft ein Zertifizierungsprogramm, wodurch nur solche Systeme die Bezeichnung „WiMAX Forum certified“ tragen dürfen, die vollständig mit einem 802.16-Standard kompatibel sind.

Als Duplexverfahren sind sowohl TDD als auch FDD spezifiziert, in gepaartem Spektrum wird vorzugsweise FDD verwendet. WiMAX nach 802.16-2004 ermöglicht sowohl Single Carrier Modulation als auch OFDM mit 256 Unterträgern. Je nach Kanalgüte können verschiedene Modulationsverfahren genutzt werden. Für höchste Datenraten wird 64-QAM verwendet, bei schlechteren Übertragungsbedingungen kommt QPSK oder BPSK zum Einsatz. Die Kanalcodierung wird durch zwei verkettete Codes (Faltungscode und Reed-Solomon-Code) realisiert. Optional kann Turbo-Codierung eingesetzt werden. Derzeit in Deutschland betriebene WiMAX bzw. Pre-WiMAX-Systeme (nicht komplett standardkonform) nutzen gepaarte Frequenzbänder der Breite 3,5 MHz im 3,5-GHz-Bereich. Die Mobilität der WiMAX-Endgeräte ist auf die Reichweite einer Funkzelle beschränkt, ein Handover ist erst in zukünftigen Systemen nach 802.16e (ab 2006) vorgesehen.

Theoretisch lassen sich bei Bündelung vieler Frequenzkanäle bei Sichtverbindung sehr hohe Datenraten im Bereich von 50 bis 70 Mbit/s pro Zelle erreichen. Für eine Bewertung der Leistungsfähigkeit ist jedoch die tatsächlich erreichbare Datenrate bei Betrieb eines einzelnen 3,5-MHz-Frequenzkanals im 3,5-GHz-Band ohne Sichtverbindung bedeutsam. In günstigen Fällen kann dann eine Summenrate von bis zu 10 Mbit/s pro Zelle realisiert werden. Simulationsergebnisse deuten jedoch in stärker ausgelasteten Szenarien reduzierte Summenraten von ca. 3,9 Mbit/s pro Zelle an.

Die technischen Kenngrößen der WiMAX-Systeme sind in Tabelle 3-3 zusammengefasst.

Tabelle 3-3: Technische Kenngrößen der WiMAX-Systeme

Standard	WiMAX (802.16-2004)
Duplex-/Zugriffsverfahren	FDD oder TDD, OFDM
Modulation	64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK
Kanalcodierung	Verkettete Reed-Solomon-/Faltungscodierung
Frequenzbereich	z. B. 3,5 GHz
Bandbreite	z. B. 3,5 MHz
Datenrate theoretisch.	3,5 MHz: 10 Mbit/s pro Zelle
Datenrate praktisch	3,9 Mbit/s pro Zelle

Quelle: IND

3.2.1.2 Frequenzplanung, Flächendeckung und Kapazität

In dem für WiMAX vorgesehenen Frequenzband stehen in Zukunft voraussichtlich 2 x 84 MHz (d. h. je 84 MHz für Uplink und Downlink) zur Verfügung. Bei einer Kanalbandbreite von 3,5 MHz ergibt dies 24 verfügbare Kanäle. Die erreichten Datenraten hängen wesentlich davon ab, wieviele dieser Kanäle dem Betreiber zur Verfügung stehen. Einerseits kann die Datenrate pro Zelle durch Verwendung mehrerer paralleler Kanäle gesteigert werden, andererseits ist in stark ausgelasteten Szenarien ein Frequenzwiederholfaktor von etwa drei erforderlich, um mit einem hochstufigen Modulationsverfahren und hochratiger Kanalcodierung eine hohe Summenrate pro Kanal realisieren zu können. In diesem Fall werden die verfügbaren Frequenzkanäle auf Gruppen von jeweils drei Zellen aufgeteilt, um Interzell-Interferenz zu reduzieren.

Falls nicht genügend Frequenzbänder zur Verfügung stehen, muss trotz der Leistungseinbußen durch eventuelle Interzell-Interferenzen jedes Frequenzband in allen Zellen verwendet werden. Für diesen Fall ergibt sich bei einer Summenrate von 3,9 Mbit/s eine spektrale Effizienz von 1,11 bit/s/Hz/Zelle. Sollte sich herausstellen, dass die angenommene Summenrate von 3,9 Mbit/s nur bei einem Frequenzwiederholfaktor größer eins realisiert werden kann, reduziert sich die spektrale Effizienz entsprechend. Dies kann durch Messungen in einem realen voll ausgelasteten Netz oder durch entsprechende statistische Systemsimulation der WiMAX-Funkübertragung festgestellt werden.

Die maximale Sendeleistung der Basisstationen hängt vom verwendeten Frequenzbereich ab und liegt mit einigen Watt bis einigen zehn Watt deutlich über der Sendeleistung von WLAN-Systemen. Die Reichweite kann bei Richtfunkverbindungen und gerin-

geren Datenraten einige zehn km betragen, ohne Sichtverbindung im städtischen Gebiet betragen die Zellradien weniger als 1 km bei hohen Datenraten. Bei geringeren Raten lassen sich dort auch wenige km überbrücken.

a) Flächendeckende Versorgung

Für die flächendeckende Versorgung der Endnutzer mit WiMAX lässt sich folgende verkehrstheoretische Überschlagsrechnung durchführen:

Bei einer maximalen Summenrate von 3,9 Mbit/s lassen sich pro WiMAX-Zelle mit einem Frequenzkanal fünf gleichzeitige Nutzer mit 768 kbit/s bedienen. Durch den Zellradius und durch Sektorisierung lässt sich die Zahl gleichzeitig bedienbarer Nutzer eines bestimmten Gebietes variieren.

b) Kapazitätsbedarf für Normregion 1: städtische Umgebung

Unter den oben angenommenen Voraussetzungen werden 20 Nutzkanälen für das Gebiet von 1 km² benötigt. Diese können beispielsweise durch vier WiMAX-Zellen mit je einem Frequenzkanal oder zwei Zellen mit zwei Kanälen angeboten werden. Bei Sektorisierung mit drei Sektoren je Zelle werden zwei Zellen mit einem Frequenzkanal oder eine Zelle mit zwei Frequenzkanälen benötigt.

c) Kapazitätsbedarf für Normregion 2: ländliche Umgebung

Unter den oben angenommenen Voraussetzungen werden 4 Nutzkanäle benötigt. Diese können mit einer einzigen Zelle bzw. einem Frequenzkanal angeboten werden. Der Zellradius von 564 m wäre ohne Weiteres realisierbar. Es ist anzumerken, dass gerade im ländlichen Raum mit festen Außenantennen und Sichtverbindung zur Basisstation eine erhebliche Steigerung der Datenraten möglich ist. Zudem ermöglicht eine Sichtverbindung den Einsatz höherer Frequenzbereiche und somit zusätzlicher Frequenzbandbreite.

3.2.1.3 Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit

Prinzipiell ist das WiMAX-System aus technischer Sicht für eine flächendeckende breitbandige Versorgung mit Internetzugängen geeignet, dies auch, weil das System speziell für diesen Zweck konzipiert wurde. Die erreichten Datenraten für die Endnutzer hängen stark von der Anzahl verfügbarer Frequenzkanäle ab, so dass sich eine diesbezügliche Einschränkung nicht in erster Linie aus technologischen Gesichtspunkten, sondern aus regulatorischen oder wirtschaftlichen Randbedingungen ergibt.

Die Familie der 802.16-Standards wird ständig erweitert. Mit 802.16e (802.16-2005) steht in naher Zukunft eine breitbandige Funktechnologie mit voller Mobilität zur Verfügung. Im Rahmen der Standardisierung von MBWA (Mobile Broadband Wireless Access, IEEE 802.20) wird mittelfristig eine Konvergenz von WiMAX- und 3G-Mobilfunksystemen angestrebt.

3.2.2 Frequenzverfügbarkeit und Regulierung

In Hinblick auf die Reservierung bestimmter Frequenzbänder für WiMAX wurden in Deutschland bereits vor einigen Jahren im Rahmen der Frequenzbereichszuweisung regulatorische Weichenstellungen vorgenommen. Das Antragsverfahren zur Bedarfsermittlung für Funktechnologien zur Überbrückung des Wireless Local Loop (WLL) sowie für Richtfunkverbindungen wurde Ende 1998 eröffnet. Im Umfeld der Versteigerung von Funkfrequenzen für die 3. Mobilfunkgeneration (August 2000) wurden von 1999 bis 2000 in zwei Vergabeverfahren Lizenzen zur Nutzung eines reservierten Frequenzspektrums für

- Punkt-zu-Punkt Verbindungen in den Bereichen 7, 13, 15, 18, 23, 26 und 38 GHz,
- Punkt-zu-Multipunkt-Richtfunk mit Teilnehmeranschlüssen (WLL-PmP-RiFu) in den Bereichen 2,540 – 2,670 GHz; 3,4 – 3,6 GHz; 24,549 – 25,053 GHz; 25,557 – 26,061 GHz, sowie
- Punkt-zu-Multipunkt (PMP) für Verbindungen innerhalb von Netzinfrastrukturen in den Bereichen 25,067 – 25,151 GHz; 26,075 – 26,159 GHz; 28,0525 – 28,4445 GHz; 29,0605 GHz

ausgeschrieben und vergeben. Mit der Vergabe von Frequenzen für die Anwendung von WLL-PmP-Technologie wurde die Hoffnung verbunden, eine alternative Zugangstechnologie im Bereich der Ortsnetze zu schaffen, um den bis dahin kaum vorhandenen Infrastruktur-Wettbewerb durch die Überbrückung der „letzten Meile“ zu beleben.

Nachdem Ende 1999 die Frequenzzuteilungen für WLL-PMP-Richtfunkanlagen an die im ersten Ausschreibungsverfahren erfolgreichen Unternehmen erfolgt waren, wurden im Frühjahr 2000 Frequenzen auch in den Regionen zugeteilt, in denen zunächst keine Frequenzknappheit festgestellt wurde.

Da im Fortgang von verschiedenen Unternehmen weitere Anträge auf Frequenzzuteilung gestellt wurden, wurde im Mai 2000 eine zweite Ausschreibungsrunde ausgetragen. Ausgeschrieben wurden 162 Zuteilungsmöglichkeiten in insgesamt 143 Versorgungsbereichen. Hierbei wurden Frequenzen in den o. g. Bereichen von 2,6 GHz, 3,5 GHz, sowie 26 GHz vergeben. Von den sich bewerbenden 14 Unternehmen wurden schließlich im Dezember 2000 noch einmal sechs Firmen im Rahmen eines „Schönheitswettbewerbs“ von der Regulierungsbehörde positiv beschieden.

Tabelle 3-4: Inhaberfirmen von WLL-Frequenzen am Stichtag 31.12. 2000

Unternehmen	Zuteilungen
Airdata	32
Associated Com.	36
ArcTel	8
Broadnet	42
Callino	554
ComIn	1
Deutsche LandTel	17
FirstMark	153
HanseTel	5
Highway One GmbH	142
K-net	1
Mannesmann Arcor	201
PfalzKom	2
Regio XtraCom	2
STAR 21	221
Tele 2	3
TeleLev	2
tesion	20
VIAG Interkom	225
Viatel (Viaphone)	2
Winstar	2
Summe	**1.671**

Quelle: BNetzA

Für die Jahresmitte 2001 stellte sich die Zuteilungssituation für WLL-Frequenzen schließlich so dar, dass im Bereich 2,6 GHz 285, im Bereich 3,5 GHz 403 sowie im Bereich 26 GHz 983 Frequenzen vergeben worden waren. In jedem Landkreis in Deutschland konnten damit mindestens zwei WLL-PMP-Richtfunknetze aufgebaut werden.[25]

25 Vgl. RegTP (2001), S.128ff.

Tabelle 3-5: Vergabe von WLL-PMP-Richtfunklizenzen in Deutschland

Anzahl der Zuteilungen			
2,6 GHz	3,5 GH	26 GHz	Summe
2858	403	983	1.671

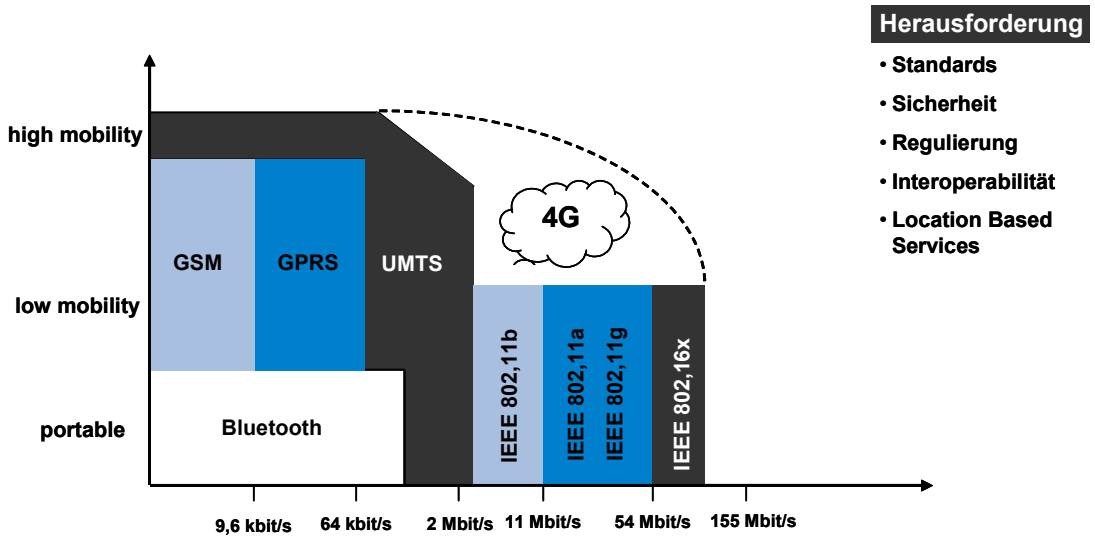
Quelle: BNetzA 2001

Nach der Durchführung der Vergabeverfahren schritt die Implementierung der auf WLL-Technologie basierenden Funknetze zunächst rasch voran. Bis Mai 2001 zeigten die Betreiber – oft junge Start-up-Unternehmen – der Regulierungsbehörde den Aufbau von rund 800 WLL-PMP-Richtfunkanlagen an. Dann jedoch erfasste die um die Jahrtausendwende einsetzende Konsolidierungswelle und das schwindende Vertrauen der Kapitalmärkte auch die Richtfunkanbieter. Viele junge Unternehmen wie Associated Com, Callino, Deutsche Landtel, First Mark oder STAR 21 stellten in der Folge Insolvenzanträge. Die Frist für die Vollversorgung, die bei der Vergabe zunächst auf vier Jahre festgelegt worden war, wurde später noch einmal auf sechs Jahre erweitert, um auch den sich in wirtschaftlichen Schwierigkeiten befindlichen Lizenznehmern die Möglichkeit zu geben, ihren Verpflichtungen nachzukommen. Dies bedeutet, dass die Auflagen für diejenigen Lizenzen, die zuletzt vergeben worden sind, bis spätestens 2006 erfüllt werden müssen.

Mitte 2004 waren insgesamt drei der ursprünglich 23 Anbieter noch im Markt aktiv. WLL-Geschäftsmodelle spielen jedoch im Portfolio dieser Unternehmen wie z. B. Arcor heute eher eine Nebenrolle.

Je mehr WiMAX im Zuge der Standardisierungsprozesse als neue und verlässliche Funktechnologie in den vergangenen Jahren Gestalt angenommen hat, um so mehr ist die Verfügbarkeit der erforderlichen Frequenzen in den Mittelpunkt gerückt. Vor diesem Hintergrund ist die Regulierungsbehörde im Rahmen von Rückforderungsverfahren bemüht, solche WLL-Lizenzen, die bislang nicht genutzt worden sind, von den Inhabern zurückzuerhalten. Bis Dezember 2006 ist mit weiteren Rückforderungen zu rechnen, wenn bis dahin die Vollversorgungspflichten nicht erfüllt werden. Die WLL-Frequenzen im Bereich von 2,6 GHz sind nicht Gegenstand der Rückforderungsbemühungen der BNetzA, da die Frequenzplanung ab 2008 für dieses Band eine Neuvergabe für UMTS vorsieht.

Abbildung 3-3: Broadband Wireless Access (WiMAX) als Ergänzung und Erweiterung von 2G - und 3G -Funktechnologien



Quelle: dacor GmbH 2005 / WIK Consult

Im Jahr 2004 hat die BNetzA vor diesem Hintergrund die Diskussion zur Frequenzallokation neu eröffnet und „Eckpunkte für die Zuteilung von Frequenzen im Bereich 3400 – 3600 MHz und Anhörung zum geplanten Zuteilungsverfahren“ zur Kommentierung veröffentlicht.[26] Sie hat ferner im Juli 2005 eine Anhörung durchgeführt, um für den deutschen Markt möglichst rasch Frequenzen zur Verfügung stellen zu können. Die mit dem Begriff „Fixed Wireless Access“ (FWA) bezeichneten Frequenzen in den o. g. Frequenzspektren sollen voraussichtlich zum Jahresanfang 2006 zur Verfügung stehen und durch Einzelzuteilung nach § 55 Abs. 3 TKG vergeben werden.[27]

Die BNetzA verfolgt bei der Vergabe der FWA-Frequenzen einen technologieneutralen und flexiblen Ansatz, um der dynamischen Weiterentwicklung neuer Funktechnologien keine Hürden entgegenzusetzen. In der Kommentierung der entsprechenden Stellungnahmen der Marktakteure sowie der Verbände streicht die BNetzA folgende Gesichtspunkte des Regulierungsrahmens besonders heraus:

- Die Frequenzen sollen für breitbandige feste Funkdienste zur Anbindung von Teilnehmern genutzt und nur bei Unterauslastung im Sinne einer effizienten

26 Vgl. BNetzA (2005).

27 Der Begriff „Fixed Wireless Access“ wird von der Fachwelt teilweise insofern als problematisch empfunden, da er die mögliche Nutzung der Frequenzen für nomadische Anwendungen „einengt“. Da derzeit im Rahmen der Standardisierung von WiMAX bereits an einer Vorgabe für eine mobile Anwendung von WiMAX gearbeitet wird, erscheint der Begriff des „Broadband Wireless Access“ zukunftssicherer.

Nutzung für weitere Zwecke verwendet werden. Eine nomadische Nutzung ist möglich, jedoch ist eine volle Mobilität mit einem „seamless handover“ im Sinne der Frequenzbereichszuweisungsplanverordnung nicht zulässig.

- Prinzipiell soll das nutzbare Spektrum maximal 2 x 84 MHz gepaart betragen (3410 – 3494 MHz im Unterband sowie 3510 – 3594 im Oberband). Aufgrund bestehender Nutzungsrechte durch die früheren WLL- bzw. PmP-Rifu-Frequenzzuteilungen steht in vielen Regionen oder Bundesländern allerdings nur ein Teil dieses Spektrums zur Verfügung. Außerdem muss hierbei das erforderliche Spektrum für die Schutzkanäle abgezogen werden. Sollte sich ein größerer Bedarf ergeben, beabsichtigt die BNetzA, die Vergabe von weiterem Spektrum im Bereich von 3,6 bis 3,8 GHz zu prüfen. Zusätzlich wird die Öffnung des Frequenzbereichs von 5725 – 5875 MHz geprüft, allerdings stehen hier auf europäischer Ebene Harmonisierungsbemühungen aus, deren Ergebnis nicht vor Mitte 2006 erwartet wird. Aus physikalischen Gründen gilt dieses höherfrequente Spektrum in Hinblick auf die Übertragungsqualität insbesondere bei mobilen Anwendungen allerdings als weniger attraktiv.

- Die Nutzung der Frequenzen durch Anbieter soll auf der Basis eines Registrierungsverfahrens erfolgen („licensing light approach“). Damit soll einer möglichst großen Vielzahl von lokalen, regionalen und bundesweiten Anbietern unterschiedliche Geschäftsmodelle ermöglicht werden. Es soll den Anbietern von WiMAX-basierten Diensten überlassen bleiben, die Präsenzgebiete nach eigenen Vorstellungen zu gestalten. Bei Überschneidungen von Anbieterinteressen soll mit bzw. zwischen den Akteuren der Dialog gesucht werden, damit diese ihren Interessenausgleich insbesondere in Hinblick auf die Frequenz- und Standortabstimmung, aber auch bei möglichen Kooperationen oder der Abstimmung von Geschäftsmodellen selbst koordinieren. Zur Sicherung der effizienten Frequenznutzung sollen die Inhaber halbjährlich über Stand und Änderungen der Frequenznutzung an die BNetzA berichten. Eine Vorgabe von Versorgungsgebieten soll nicht erfolgen. Das Startspektrum soll für jede Region für jeden Anbieter 2 x 7 MHz betragen, um allen Unternehmen gleiche Ausgangsbedingungen zu ermöglichen.

- Das vorgeschaltete Registrierungsverfahren soll dazu dienen, die Geschäftsinteressen potenzieller Anbieter frühzeitig zu identifizieren und damit möglichen Konflikten entgegenzuwirken. Falls das Interesse an Lizenzen in einzelnen Gebieten jedoch größer als erwartet sein sollte und eine Einigung der Akteure nicht zustande kommt, behält sich die BNetzA eine Entscheidung nach den im TKG vorgesehenen Mechanismen zur Konfliktlösung vor. Dies könnte z. B. zu einer Auktion von Lizenzen für solche Gebiete führen, die von einer größeren Zahl von Akteuren als besonders attraktiv bewertet werden. Der von einigen potenziellen Lizenzinteressenten im Vorfeld geforderte Ausschluss des Incumbent T-

Com vom Zuteilungsverfahren wird von der BNetzA als sachlich unbegründet verneint.[28]

In Hinblick auf das Vergabeverfahren plant die BNetzA gegenüber der Frequenzvergabe bei WLL eine wesentliche Änderung. Um zu verhindern, dass es zu längerfristigen Spektrumsblockaden kommt, sollen die Frequenzen so zugeteilt werden, dass die Zuteilung dem Infrastrukturausbau zeitlich nur wenig vorauseilt. D. h., dass nur diejenigen Akteure, die innerhalb eines Jahres nach Frequenzzuteilung mit dem Aufbau der Netze beginnen, sich die Rechte an der Frequenznutzung sichern können sollen. Außerdem soll die Zuteilung nicht entsprechend der Planung, sondern entsprechend der de facto Realisierung von Standorten erfolgen. Nicht genutzte Frequenzen müssen an die BNetzA zurückgegeben werden; sie dürfen aber auch an andere Unternehmen übertragen werden, wenn diese die daraus resultierenden Verpflichtungen übernehmen. Die Frequenzzuteilungen werden einheitlich befristet bis zum 31.12.2016 mit der Möglichkeit der Verlängerung.

3.2.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle

Mit dem Einsatz von WiMAX wird die Vorstellung verbunden, hierüber Geschäfts- oder Privatkunden einen Breitbandinternet-Anschluss über die Luftschnittstelle zur Verfügung stellen zu können. Der Frequenzbereich im 3,5 GHz Band ist insofern für Anbieter interessant, als in diesem Bereich höhere Sendeleistungen und damit auch höhere Reichweiten erlaubt sind und sich damit stabile Funkübertragungen ohne direkte Sichtverbindung realisieren lassen.

Grundsätzlich werden sich der Aufbau von WiMAX-Funknetzen und die entsprechenden Geschäftsmodelle an der räumlichen Verfügbarkeit von Breitbandzugängen über DSL oder Breitbandkabelnetzen sowie an dem im internationalen Vergleich relativ niedrigen Preisniveau orientieren (müssen). Dies bedeutet, dass WiMAX in den dichter besiedelten Ballungsräumen mit großer Wahrscheinlichkeit nur in Ausnahmenfällen zum Einsatz kommen wird, da Festnetze i. d. Regel höhere Bandbreiten zu günstigeren Konditionen ermöglichen. Da sowohl die PSTN als auch die Kabelnetze künftig weiter aufgerüstet und auch die HYTAS/OPAL-Gebiete durch Kuperkabel-Überbau und den Aufbau von Outdoor-DSLAMs sukzessive DSL-fähig gemacht werden, nimmt die Zahl derjenigen Haushalte, die hierüber für Breitbandinternet angeschlossen werden, künftig weiter zu. Es ist nicht auszuschließen, dass hierbei eine Penetrationsrate von 95% erreicht wird.

Da WiMAX ein „shared medium“ darstellt, bei dem sich die Kunden im Abdeckungssektor einer Antenne die maximal verfügbare Bandbreite von 10 Mbit/s teilen müssen, kann diese Technologie in Hinblick auf DSL bzw. Breitbandkabel prinzipiell kein Substitut,

---

28 Vgl. BNetzA (2005), ebenda.

sondern nur eine Ergänzung sein. Die Stilisierung zum „Hoffnungsträger“ einer wettbewerblichen und leistungsfähigen infrastrukturellen Alternative zu DSL oder Breitbandkabelnetzen entspricht daher nicht den Erwartungen der Experten.[29] Vielmehr ist davon auszugehen, dass WiMAX vor allem in den nicht mit DSL oder Kabelnetzen versorgten suburbanen sowie ländlichen Gebieten zum Einsatz kommen wird und wo zu erwarten steht, dass der Aufbau einer Festnetz-basierten Infrastruktur auch längerfristig zu wirtschaftlichen Bedingungen nicht realisierbar sein wird.

Mit zusätzlichen oder breiteren Frequenzbändern könnte die in der öffentlichen Diskussion häufig genannte Übertragungskapazität von bis zu 70 Mbit/s zwar theoretisch erreicht werden, jedoch steht in Deutschland und auch in den meisten übrigen Ländern das erforderliche zusätzliche Spektrum nicht zur Verfügung.[30] In Hinblick auf die verfügbaren bzw. vermarkteten Bandbreiten pro Anschluss wird es daher im Massenmarkt immer einen mehr oder weniger deutlich ausgeprägten Abstand zwischen Breitbandinternet über Festnetz- und kabelbasierte Infrastrukturen und Funktechnologien geben.

Auch in Hinblick auf die technische Reichweite und das dadurch im Umfeld eines Antennenstandortes erschließbare Kundenpotenzial ergeben sich für WiMAX Begrenzungen, die sich auf die möglichen Geschäftsmodelle auswirken können. Während sich in der Fläche unter günstigen Bedingungen mit LOS durchaus mehrere Dutzend Kilometer überbrücken lassen, nimmt die Datenrate mit der Entfernung drastisch ab. In dicht bebauten städtischen Gebieten sinkt die Reichweite unter Indoor-Bedingungen deutlich unter 1 km. In beiden Fällen müssten daher, um Kunden höhere Datenraten anbieten zu können, die Zahl der WiMAX-Antennen deutlich erhöht werden. WiMAX-Experten gehen daher davon aus, dass in dichter besiedelten Regionen die Kosten für den Aufbau von WiMAX-Netzen etwa denen des UMTS-Netzes entsprechen werden.

Nach Ansicht von Experten dürften die typischen Bandbreiten für WiMAX-Endkunden deutlich unter 2 Mbit/s liegen, während die schon heute vermarkteten Bandbreiten im Festnetz um den Faktor 10 darüber liegen. Im Massenmarkt hat WiMAX daher den Charakter eines Komplementärprodukts, dessen Anwendungs- und Einsatzbereiche eindeutig in den noch unversorgten suburbanen Regionen bzw. Kleinstädten und Dörfern bzw. den überwiegend noch unversorgten ländlichen Gebieten („weißen Flecken“) liegen. Dies bedeutet für mögliche Einsatzszenarien von WiMAX, dass potenziell etwa 5% der 39 Mio. deutschen Haushalte bzw. etwa 1 bis 2 Mio. Haushalte in Deutschland mit dieser Anschlusstechnologie versorgt werden können.[31] Der TK-Dienste Anbieter Arcor hat vor diesem Hintergrund angekündigt, mit Hilfe der WiMAX-Technologie insbesondere die bisher unversorgten ländlichen Räume für Breitbandinternet erschließen zu wollen.[32]

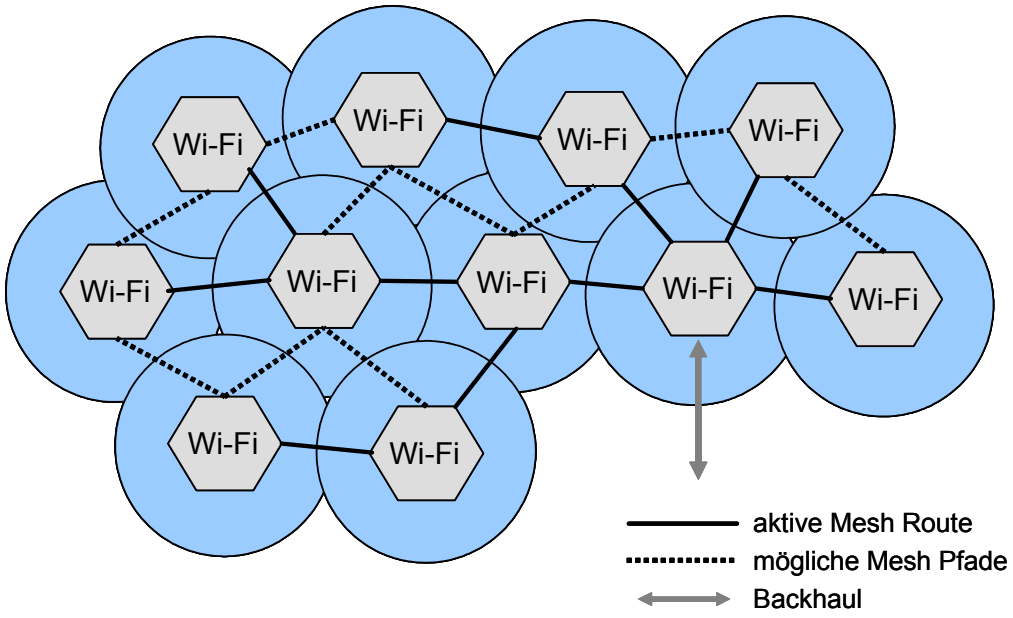
---

29 Vgl. ZDNet Deutschland News vom 21.112005: Zweifel am WiMax-Hype.
30 Vgl. WiMAX FORUM 2004.
31 Vgl. Schäfer, J., 2005.
32 Vgl. heise online vom 23.11.2005: Arcor will ländliche Regionen mit WiMAX erschließen.

In Hinblick auf die von den am Markt bereits aktiven bzw. potenziellen Anbietern von W-DSL verfolgten Geschäftsstrategien ist jedoch davon auszugehen, dass auch diese sich in Bezug auf ihre Investitionen von Economies of Density leiten lassen werden. D. h., dass sich diese Akteure (zunächst) auf jene geografischen Gebiete konzentrieren werden, in denen kein Wettbewerb durch DSL bzw. Breitbandkabelnetze droht. Dies dürften insbesondere suburbane Regionen sowie OPAL/HYTAS-Gebiete sein.

Neben der Erschließung der „weißen Flecken" der mit DSL unversorgten Gebiete bietet WiMAX insbesondere ein großes Potential für spezielle Anwendungen etwa zur Realisierung von Video-Überwachung von Stadtgebieten oder Fabrikgeländen, auf Campus- oder Baustellen-Arealen oder auch zur Realisierung von Breitbandlösungen für einzelne Geschäftskunden. Daneben existieren Überlegungen, im Rahmen sog. gemischter Netzwerke („meshed networks") z. B. lokal verteilte PWLAN-Hotspots über WiMAX als Backhaul anzubinden (vgl. Abschnitt 3.1.3). In der Kombination von PWLAN und WiMAX könnten somit auch größere Gebiete abgedeckt werden.

Abbildung 3-4: Flächendeckung durch Meshed Networks



wik

Quelle: Proxim Wireless, WIK-Consult

Um Erfahrungen mit (Pre-)WiMAX-Technologien auf der Basis des 2004 verabschiedeten 802.16d-Standards sammeln zu können, unterstützt die BNetzA Pilotprojekte, die auf der Basis von 3,5 GHz-Frequenzen Kunden noch ohne Anschlussgebühren anschließen. Einige Anbieter wie z. B. die Deutsche Breitband Dienste GmbH (DBD) haben Frequenzen von ehemaligen WLL-Anbietern (wie z. B. Star 21) übernommen oder

halten wie z. B. ARCOR in einzelnen Gebieten noch 3,5 GHz PMP-Lizenzen aus den früheren WLL-Vergabeverfahren.

Beide Unternehmen nutzen diese für Markttests oder bereits für die Realisierung kommerzieller Angebote. So erprobte beispielsweise ARCOR in Kaiserslautern auf breiter Basis den geschäftlichen Einsatz von WiMAX in den nicht mit DSL versorgten Stadtregionen. Am 7. Dezember 2005 wurde das Piloprojekt offziell überführt in ein kommerzielles Angebot. Arcor setzt dabei technisches Equipment nach dem Standard IEEE 802.16-2004 ein. Der Downstream beträgt 1 Mbit/s, der Upstream 128 kbit/s. Neben dem Datendienste bietet Arcor potenziellen Kunden auch Sprachtelefoniedienste an (VoIP).

DBD bietet z. B. in Heidelberg, im Berliner Stadtteil Pankow sowie 16 weiteren deutschen Regionen Kunden Breitbandinternet („DSLonair") mit Hilfe von WiMAX-Technologien an. DBD plant, längerfristig rund 300.000 Haushalte anschließen zu wollen.[33] Andere Firmen wie z. B. AIRTRAXX Wireless GmbH benutzen für ihr Angebot derzeit Frequenzen im 2,4 GHz-Bereich. Der Nachteil der Nutzung dieses Frequenzbandes besteht in mitunter störenden Interferenzen, da es sich um lizenzfreie ISM-Frequenzen handelt, das für verschiedene Anwendungen genutzt wird. Bei DBD herrscht jedoch Optimismus, dass auftretende Probleme technisch beherrschbar sind.

Ein dritter Anbieter von Telekommunikationsdiensten auf der Basis von WiMAX stellt die Firma Odinet bzw. Heag Medianet dar, die bereits seit Mai 2005 Erfahrungen im Odenwaldkreis im Probebetrieb sammelt. Mit 15 Städten und Gemeinden gehört der Odenwaldkreis zu den Regionen in Deutschland, in denen DSL nicht verfügbar ist. Dabei stellt die Topologie des Odenwaldes mit seinen vielen Höhen und Tälern besondere Anforderungen an den Aufbau von Funknetzen. Die BNetzA stellte für den Testbetrieb eine für ein Jahr befristete Testlizenz im 3,5 GHz-Band zur Verfügung. Bei einer Kanalbandbreite von 7 MHz kann Odinet effektive Übertragungsgeschwindigkeiten im Down- und Upstream von 5 bis 12,5 Mbit/s erreichen. Odinet geht davon aus, dass der sog. W-DSL-Anschluss zu ähnlichen Preisen vermarktet werden kann wie ein DSL-Festnetz-Anschluss. In einer zweiten Testphase sollen Erfahrungen damit gesammelt werden, größere Bandbreiten für Geschäftskunden zu realisieren. Odinet plant den Anschluss weiterer Ortschaften in der Region.[34]

Marktexperten sind davon überzeugt, dass es im künftigen WiMAX-Markt ausgeprägte „First Mover-Advantages" geben wird, die nur wenig ökonomischen Spielraum für mehrere wettbewerbliche FWA-Angebote in einer Region zulassen. Die frühzeitige Auswahl eines günstigen Standortes für den Aufbau der Basisstation, die schnelle Realisierung einer kritischen Masse von Anschlüssen sowie niedrige Betriebskosten werden als ent-

---

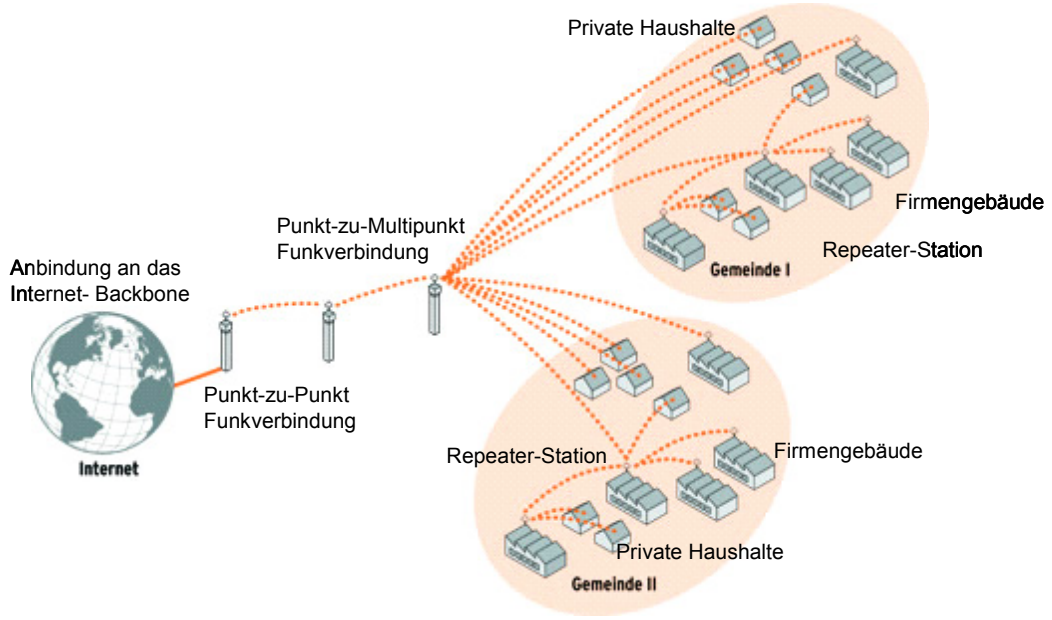
33 Die Basisversion des WiMAX-Anschlusses beispielsweise der DBD-Marke Maxxtelekom kostet knapp 34 Euro für eine Downloadrate von 1,5 Mbit/s sowie 320 Kbit/s im Up-load. Als reine Internetzugangslösung ist dieses Angebot daher teuerer als ein DSL-Anschluss. Für den Privatkunden wird diese Zugangsmöglichkeit dann attraktiv, wenn er seinen Festnetzanschluss kündigt. Er ist dann jedoch auf die Telefontarife von DBD festgelegt, da Call-by-Call nicht möglich ist.

34 Vgl. Ortgies, M. (20/2005a).

scheidend für den langfristig tragfähigen wirtschaftlichen Erfolg angesehen. Insofern ist nicht auszuschließen, dass mittelfristig nur einer oder zwei Anbieter pro Region überleben werden.

Investitionen in WiMAX-Funknetze haben nach Angaben mancher Anbieter erst ab 250 Teilnehmern einen positiven Return on Investment (RoI) – in Abhängigkeit von verschiedenen regionalen Faktoren wie Topographie oder räumliche Dichte der Teilnehmer. Andere Unternehmen wie z. B. Odinet nennen als Untergrenze für einen wirtschaftlichen Betrieb günstigere Zahlen und sprechen von 50 bzw. 100 Kunden als Mindestgröße für das Erreichen der Gewinnschwelle.[35] Als wesentlicher Erfolgsfaktor für eine schnelle Marktpenetration von W-DSL wird angeführt, dass potenziellen Kunden neben Breitbandinternet zugleich auch ein Telefonanschluss mit angeboten werden muss.[36]

Abbildung 3-5: Funktionsweise von WiMAX im kommerziellen Einsatz



Quelle: DBD

Der Fokus der meisten Anbieter liegt auf der Erschließung des Marktes für private Endkunden sowie kleine und mittlere Unternehmen (KMU). In Hinblick auf die räumliche Ausrichtung der Angebote sind bislang sehr unterschiedliche Marktstrategien erkenn-

35 Vgl. Ortgies, M. (20/2005b); www.itfm.de/buergernetze/verfuegbar/html.
36 Vgl. Lippertz, R. (2005).

bar: Während sich einige Unternehmen wie z. B. DBD auf die Erschließung von Städten bzw. die schlechter versorgten suburbanen Regionen sowie HYTAS/OPAL-Gebiete konzentrieren, fokussieren andere Anbieter wie z. B. mvox technologies oder net.art.communications GmbH gezielt auf bislang durch andere Breitband-Technologien unerschlossene ländliche Gebiete. Markterhebungen gehen von über einhundert Firmen in Deutschland aus, die mit Hilfe von WiMAX künftig neue Geschäftsmodelle etablieren wollen.[37]

Bei der Realisierung von Geschäftsmodellen in ländlichen Räumen haben sich in Einzelfällen Kooperationen mit Kommunen oder engagierten Bürgergruppen als kritischer Erfolgsfaktor erwiesen. So wurden in kleineren ländlichen Kommunen wie z. B. Alheim, Malsfeld, Neukirchen, Kirchwald (Mayen-Koblenz), Selm (Landkreis Unna), Uetze oder Vallstedt durch die Unterstützung von lokalen Bürgergruppen auf WiMAX-Technologie basierende, sog. „Bürgernetze“ errichtet. Da die Technik und der Aufbau der Infrastruktur vergleichsweise einfach zu handhaben sind, werden Installation und Support häufig von lokalen Handwerksbetrieben übernommen. Weitere Kommunen wie z. B. Breitenbach (Pfalz), Hausen oder Philipsthal sind diesen Beispielen gefolgt und haben auf ihren Internet-Portalen Listen eingerichtet, auf denen sich interessierte Bürger registrieren lassen können, um das lokal vorhandene Marktpotenzial auszuloten und für potenzielle Investoren das Eintrittsrisiko überschaubar zu machen.

Inzwischen haben auch einige Kommunen den Aufbau städtischer WiMAX-Funknetze bekannt gegeben. So plant z. B. die Stadt Düsseldorf, im Rahmen einer Public Private Partnership zusammen mit Intel, Capgemini sowie Siemens, mit Hilfe von WiMAX das Notfallmanagement der städtischen Feuerwehr zu verbessern und lokale Informationen sowie Geodaten für den Tourismusbereich im städtischen Einzugsbereich zur Verfügung zu stellen. Das Pilotprojekt in Düsseldorf entsteht im Rahmen der Intel-Initiative „Digital Communities“, bei dem weltweit 13 Kommunen mit einem drahtlosen breitbandigen Internetzugang ausgestattet werden sollen.[38]

3.2.4 Markthemmnisse und Marktperspektiven

Auf Grund der frühen Marktphase liegen derzeit noch keine abgesicherten Erfahrungen mit WiMAX-Geschäftsmodellen vor. Entscheidend für den Geschäftserfolg wird – neben den bereits oben genannten Bedingungen - sein, welche Gebühren sich für den Anschluss sowie die Nutzung für funkbasiertes Breitbandinternet realisieren lassen. Die kritische Obergrenze für die Entgelte wird zweifellos durch die entsprechenden Preise für einen vergleichbaren DSL-Anschluss über Satellit vorgegeben. Ein denkbares Risiko kann auch darin bestehen, dass bei allmählich wachsender Anschlussdichte es für Festnetzbetreiber attraktiv werden könnte, entsprechende Regionen z. B. durch den

37 Vgl. Plan Online GmbH (2005).
38 Vgl. media NRW – Nachricht: Düsseldorf wird zur Digital Community, 2. Nov. 2005.

Aufbau von Outdoor-DSLAMs für DSL zu erschließen. Alleine die Möglichkeit hierzu könnte Investoren davon abhalten, in diese lokalen Märkte einzutreten.

Experten erwarten insgesamt, dass die Verbreitung im Massenmarkt erst in der zweiten Hälfte des Jahres 2006 erkennbar an Dynamik gewinnen wird. Entscheidend hierbei wird sein, dass die Kosten für die Komponenten weiterhin sinken, dass die Standardisierungsarbeiten abgeschlossen werden, dass alle Komponenten einfach zu installieren und interoperabel sind und dass durch die schnelle Vergabe der Lizenzen verlässliche Rahmenbedingungen für die Anbieter geschaffen werden.

Als förderlich für die Marktdurchdringung könnte sich – ähnlich wie bei PWLAN - erweisen, dass entsprechende WiMAX-Funkschnittstellen seriell in tragbare Endgeräte integriert werden. Außerdem müssen die technischen Komponenten für den Indoorempfang preisgünstig und zugleich leicht zu installieren sein, so dass Kunden auf die Hilfe von Fachleuten verzichten können.

Besonders wichtig für die weitere Marktentwicklung wird außerdem die Internetnutzung in den Haushalten sein. Mit steigenden Penetrationsraten dürften sich auch in vielen ländlichen Regionen mit dem Erreichen kritischer Massen die Chancen für den wirtschaftlichen Betrieb entsprechender Funknetzinfrastrukturen erhöhen.

Hemmend wirkt sich bisher auf die Marktentwicklung aus, dass bislang auf europäischer Ebene noch keine gemeinsame Festlegung eines einheitlichen Frequenzbereichs für WiMAX stattgefunden hat.

Manche Experten sehen in der Tatsache, dass WiMAX nicht auch für Angebote von mobilen Datendiensten eingesetzt werden kann, ein wichtiges Markthemmnis.[39] Angesichts der Tatsache jedoch, dass mit WiMAX nomadische Nutzung möglich ist und eine entsprechende Nachfrage durch UMTS/HSDPA befriedigt werden kann, scheint eine solche Wertung zumindest verfrüht. Die BNetzA hat im Rahmen des Eckpunkte-Papiers deutlich gemacht, dass eine solche Nutzungsform – obwohl der Bereich von 3,5 GHz physikalisch nur bedingt für Mobilfunk geeignet ist – langfristig nicht ausgeschlossen werden kann.[40]

---

39 Vgl. Wilhofszki/Spiller(2005).
40 Vgl. BNetzA (2005) I. Abs. (4).

3.3 PortableDSL/UMTS-TDD

3.3.1 Technische Leistungsfähigkeiten und Entwicklungspotenziale

3.3.1.1 Charakterisierung

Bei PortableDSL handelt es sich um eine drahtlose Zugangstechnik, die auf dem in Release 99 des UMTS-Standards beschriebenen TDD-Verfahren zur Trennung von Up- und Downlink basiert. Dabei kommt wie auch beim FDD-Verfahren W-CDMA in Verbindung mit QPSK als Modulationsverfahren zum Einsatz. Zur Kanalcodierung wird wie im UMTS-Standad vorgesehen die Turbo-Codierung mit Raten 1/3 und 1/2 verwendet. Da es sich bei UMTS um einen zellularen Mobilfunkstandard handelt, garantiert auch PortableDSL bei entsprechender Flächenversorgung sowohl eine gute Inhouse-Versorgung als auch ein hohes Maß an Mobilität.

Die Frequenzbandbreite von UMTS-Systemen beträgt 5 MHz, im Gegensatz zu UMTS FDD wird bei Systemen nach UMTS TDD jedoch kein gepaartes Band benötigt. Dies bedeutet jedoch auch, dass die pro 5 MHz-Band zur Verfügung stehende Summendatenrate von theoretisch 2 Mbit/s auf alle Nutzer und weiterhin auf Up- und Downlink aufgeteilt werden muss. Die verwendete Trägerfrequenz kann variieren (siehe Tabelle 3-6).

Anmerkungen:

1. Eingehende theoretische und messtechnische Untersuchungen des UMTS-FDD-Verfahrens[41] haben gezeigt, dass in einem voll ausgelasteten Netz unter günstigen Ausbreitungsbedingungen mit dem W-CDMA-Verfahren bei dieser Frequenzausstattung nur eine Summendatenrate von ca. 1,5 Mbit/s im Downlink zu erreichen ist.

2. Die Firma AIRDATA setzt eine Variante ein, die mit Kanalbandbreiten von, 5 MHz, 10 MHz oder auch zukünftig mit 20 MHz betrieben werden kann. Für das derzeitige System, dass eine Bandbreite von 10 MHz (zwei Frequenzbänder je 5 MHz) besitzt, wird für die verfügbaren Endgeräte eine maximale Durchsatzrate von 3,5 Mbit/s angegeben. Dieser Wert entspräche etwa der mit dem FDD-Verfahren erreichbaren spektralen Effizienz (siehe Anm. 1).

   Prinzipiell können jedoch sowohl mit dem FDD- als auch mit dem TDD-Verfahren bei dieser Frequenzausstattung (10 MHz) und geringer Zellauslastung höhere Datenraten für wenige Teilnehmer erreicht werden. In diesem Sinne ist der von AIRDATA angegebene erreichbare Durchsatz von 7 Mbit/s zu interpre-

41 Werner,M; Maßnahmen zur Qualitäts- und Kapazitätssteigerungen in UMTS-Mobilfunknetzen

tieren. Tatsächlich gehen die Planungen von AIRDATA nach Angaben von Unternehmensvertretern von einer durchschnittlichen Nutzung pro Teilnehmer von 10 kbit/s beim Einstiegsprodukt, 25 kbit/s beim Standardprodukt und 50 kbit/s beim Professionalprodukt“ aus.

3. Der australische Anbieter IQconnect bietet beispielsweise in seinem UMTS-TDD-Netz standardmäßig eine Datenrate von 64 kbit/s an, die in seinem Premiumprodukt temporär auf 256 kbit/s angehoben werden kann.

3.3.1.2 Frequenzplanung, Flächendeckung und Kapazität

a) Flächendeckende Versorgung

Vereinfachend wird im Folgenden zur besseren Vergleichbarkeit davon ausgegangen, dass nur ein Frequenzband von 5-MHz zur Verfügung steht, was zur Folge hat, dass in jeder Zelle des Netzes nur eine Trägerfrequenz verwendet werden kann (Re-Use-Faktor 1). Dies führt insbesondere an den Zellrändern zu hohen Interzell-Interferenzleistungen. Bei den typischen Sendeleistungen einer UMTS-Basisstation können üblicherweise Funkzellen mit einem Radius von ca. 1000 m bedient werden. In einer Funkzelle können bei einer Summendatenrate von ca. 1,5 Mbit/s 2 Nutzern mit Datenraten von 768 kbit/s bedient werden. Damit können 0,64 Nutzer pro km² bedient werden. Die spektrale Effizienz des Systems beträgt ca. 0,3 bit/s/Hz.

b) Kapazitätsbedarf für Normregion 1: städtische Umgebung

Unter den oben angenommenen Voraussetzungen werden 20 Nutzkanäle und damit 10 Funkzellen benötigt, um eine Versorgung einer Fläche von 1 km² mit UMTS-TDD zu erreichen. Dies führte zu einem resultierenden Zellradius von ca. 178 m.

c) Kapazitätsbedarf für Normregion 2: ländliche Umgebung

Unter den oben angenommenen Voraussetzungen werden 4 Nutzkanäle und damit 2 Funkzellen benötigt, um eine Versorgung einer Fläche von 1 km² mit UMTS-TDD zu erreichen. Dies führte zu einem resultierenden Zellradius von ca. 399 m.

3.3.1.3 Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit

Bei UMTS-TDD handelt es sich um ein System zur mobilen und stationären drahtlosen Datenübertragung, das nach Aussage des UMTS-TDD-Forums bereits in vielen Ländern eingesetzt wird. Die tatsächlich angebotenen Datenraten liegen weit unter den theoretischen Werten des Systemstandards. Neben der für CDMA-Systeme typischen Interferenz wird die in der Praxis erreichbare Effizienz auch durch die zeitlichen Schutzabstände (guard spaces) bestimmt, die mit zunehmenden Zellradien ansteigen. Hinzu kommt die gemeinsame Nutzung eines 5 MHz-Bandes für den Up- und den Downlink.

Dadurch wird die dem einzelnen Nutzer zur Verfügung stehende Datenrate weiter reduziert. Allerdings kann die Datenrate flexibel zwischen Up- und Downlink aufgeteilt werden.

Die zum Teil widersprüchlichen bzw. äußerst unscharfen Aussagen verschiedener UMTS-TDD-Betreiber zeigen, dass die objektive Leistungsbewertung von UMTS-TDD-Netzen eine eingehende technisch-wissenschaftliche Analyse unter Berücksichtigung von hohem Verkehrsaufkommen und Teilnehmermobilität erfordert.

3.3.2 Frequenzverfügbarkeit und Regulierung

Derzeit sind am Markt ausschließlich UMTS-TDD-Systeme des Herstellers IPWireless verfügbar. Diese Systeme werden je nach Einsatzort und Frequenzverfügbarkeit für sehr unterschiedliche Frequenzbänder angeboten (vgl. Tabelle 3-6).

Tabelle 3-6: Frequenzbereiche heute verfügbarer UMTS-TDD-Systeme

Frequenzbereiche	Anmerkung
450 - 480 MHz	Betriebs-/Bündelfunk
850 - 900 MHz	GSM-Band
1900 - 1920 MHz	IMT-2000 3G Band
2010 - 2025 MHz	IMT-2000 3G Band
2053 - 2082 MHz	
2500 - 2690 MHz	IMT-2000 Erweiterungsband
3400 - 3600 MHz	internationales FWA-Band

Quelle: IPWireless

Die Firma Airdata, die als einziger Netzbetreiber derzeit in Deutschland UMTS-TDD-Systeme einsetzt, verfügt über 32 Zuteilungen von Frequenzen im Bereich 2.540-2.670 MHz aus den 1999 und 2000 durchgeführten WLL-Frequenzvergabeverfahren.[42] Diese Zuteilungen von Airdata befinden sich primär in Ballungsregionen.[43] Sie stehen Airdata allerdings voraussichtlich nur bis zum 31.12.2007 zur Verfügung.

Im Unterschied zu den damals vergebenen WLL-Frequenzen in den 3,5 GHz und 26 GHz-Bereichen wurde „für den Frequenzbereich 2.540 MHz – 2.670 MHz […] die Frequenzzuteilung ggf. befristet, sofern ab dem Jahr 2008 dieser Frequenzbereich

42 Vgl. Abschnitt 3.2.2.
43 Vgl. www.airdata.ag.

durch UMTS beansprucht wird."[44] Die 2,6 MHz-WLL-Frequenzen liegen innerhalb des international abgestimmten Erweiterungsbandes für UMTS-Anwendungen von 2.500 - 2.690 MHz.[45] Es ist nach heutigem Stand davon auszugehen, dass die Bundesnetzagentur im Rahmen ihres derzeit erarbeiteten UMTS-Konzeptes an der Befristung festhalten wird.

Von den weiteren für UMTS-TDD-Systeme geeigneten Frequenzbereichen sind kurz bis mittelfristig nur Frequenzzuteilungen im 3,5 GHz-Band im Rahmen der laufenden FWA-Frequenzvergabe verfügbar.[46] Die Frequenzen um 450 MHz wurden nach Abschaltung der C-Mobilfunknetze der ausschließlichen Nutzung für weitbandigen Betriebs-/Bündelfunk gewidmet und stehen somit für FWA-Dienste nicht zur Verfügung.[47] Die Frequenzbänder um 900 MHz sowie 2.000 MHz kommen für FWA ebenfalls nicht in Betracht, da sie für Mobilfunkanwendungen (GSM und UMTS-FDD) vorgesehen sind.

3.3.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle

Die wirtschaftlichen Einsatzfelder der UMTS-TDD-Technologie unterscheiden sich nicht wesentlich von den potenziellen Einsatzfeldern für WiMAX (vgl. Abschnitt 3.2.3).

Eine Besonderheit von UMTS-TDD besteht darin, dass diese Technologie auch für vergleichsweise niedrige Frequenzen im 450 MHz-Band entwickelt wurde, während WiMAX ab 2 GHz einsetzbar ist.[48] Wären die Frequenzzuteilungen um 450 MHz in Deutschland nicht auf weitbandigen Betriebs-/Bündelfunk beschränkt, so würden sich UMTS-TDD-Netze in diesem Frequenzband auf Grund der hohen Reichweite durchaus für breitbandige Internetversorgungen von dünn besiedelten Landstrichen eignen.[49]

Das Geschäftsmodell von Airdata sieht hingegen nicht die Versorgung von dünn besiedelten Landstrichen, sondern den Aufbau von UMTS-TDD-Netzen in Ballungsräumen vor. Angestrebt werden Netze in OPAL-Gebieten mit ca. 200.000 Einwohnern. Das Unternehmen beschränkt sich auf den Netzaufbau und –betrieb, während der Vertrieb Resellern wie ISP überlassen wird. Bislang werden Netze in Stuttgart, Berlin Mitte, Berlin Friedrichshain, Berlin Hohenschönhausen und Bensberg kommerziell betrieben. In diesen Netzen wird nach Angaben des Unternehmens eine Indoorversorgung von 95% im Erdgeschoss erreicht. Als CPE werden Modems oder PCMCIA-Karten bereitgestellt.

---

44 RegTP (1998), S. 1521, Abschnitt (6.4).
45 Vgl. ERO Frequency Information System, abrufbar unter www.efis.dk.
46 Da die Frequenzvergabe technikneutral erfolgt, können neben WiMAX im 3,5 GHz-Band künftig auch UMTS-TDD-Systeme eingesetzt werden. Vgl. BNetzA (2005), Eckpunkt 3.
47 Vgl. RegTP (2004), S. 1.
48 Vgl. www.wimaxforum.org/technology/tech_overview/2-11_GHz/
49 In diesem Frequenzbereich konkurriert UMTS-TDD mit der von Flarion entwickelten Flash-OFDM-Technik, wie sie von T-Mobile in der Slovakei zum breitbandigen Internetanschluss ländlicher Regionen eingesetzt wird. Vgl. www.heise.de/newsticker/meldung/65055.

Der in den Airdata-Netzen derzeit angebotene Breitbandzugang besitzt Geschwindigkeiten von bis zu 1,5 Mbit/ im Down- und 256 kbit/s im Upload.[50] Vermarktet werden daneben auch Portable DSL-Breitbandzugänge mit Geschwindigkeiten von 1.024 kbit/s download und 128 kbit/s upload. Dieser Zugang kostet beispielsweise beim Service Provider Victorvox mit einer Flatrate 49,90 Euro/Monat. Das Portable DSL-Funkmodem wird für 149 Euro und eine Notebook-Karte für 199 Euro angeboten. Daneben fallen noch Bereitstellungsentgelte in Höhe von 99 Euro an.[51]

Zu den komparativen Vorteilen der IPWireless-Technologie zählen die Erfahrungen im kommerziellen Einsatz sowie die Verfügbarkeit der Systemkomponenten. Airdata gelang es beispielsweise innerhalb von nur drei Monaten, den Netzaufbau in Bensberg zu realisieren.

UMTS-TDD-Komponenten von IPWireless werden bereits auch in zahlreichen anderen Ländern eingesetzt, beispielsweise durch T-Mobile in Tschechien. In Prag werden UMTS-TDD-Netze im 1,9 GHz-Band und in weiteren 85 Städten im 872 MHz-Bereich für breitbandigen Internetzugang aufgebaut. Hierüber sollen Downloadraten bis maximal 4,5 Mbit/, üblicherweise 512 kbit/s möglich sein. Mit diesen Netzen beabsichtigt T-Mobile die Hälfte der Bevölkerung Tschechiens zu erreichen.[52]

3.3.4 Markthemmnisse und Marktperspektiven

Die Perspektive für das aktuelle Geschäftsmodell des einzigen deutschen Betreibers von UMTS-TDD-Netzen Airdata ist abhängig von einer längerfristigen Nutzung der Frequenzzuteilungen im 2,6 GHz-Bereich. Es steht dem Unternehmen offen, sich im Rahmen des aktuellen Frequenzvergabeverfahrens um Zuteilungen im 3,5 GHz-Bereich zu bemühen.

Darüber halten es die im Rahmen der Studie befragten Experten grundsätzlich für vorstellbar, dass die Mobilfunknetzbetreiber ihr künftiges UMTS-Erweiterungsspektrum ebenfalls mit UMTS-TDD-Technologie nutzen werden, um breitbandige Internetdienste anzubieten.

Die mittel- bis langfristige Perspektive für die UMTS-FDD-Technologie ist eng mit dem konkurrierenden Funknetzstandard WiMAX verbunden. Welcher Standard letztlich häufiger eingesetzt wird, hängt nicht zuletzt der Leistungsfähigkeit im Praxiseinsatz, von Economies of Scale bei der Herstellung der Systemkomponenten sowie der Penetration von Endgeräten mit den entsprechenden Funkschnittstellen ab.

---

50 Vgl. Irmler (2005), S. 5 ff.
51 Vgl. www.victorvox.de, Preise inklusive Umsatzsteuer, Stand 02.12.2005.
52 Vgl. www.heise.de/newsticker/meldung/60883.

Auf Grund der Standardisierung von WiMAX-Systemkomponenten durch das WiMAX-Forum sowie ihrer Entwicklung und Herstellung durch zahlreiche Hersteller sind mittel- bis langfristig Kostenvorteile gegenüber IPWireless- oder ähnlichen herstellerspezifischen UMTS-TDD-Systemen zu erwarten. Insbesondere die Unterstützung von WiMAX durch Intel und Intels Strategie, WiMAX-Funkschnittstellen ähnlich wie WLAN-Schnittstellen zur Serienausstattung von Notebooks zu machen, lassen erwarten, dass WiMAX-Netze eine größere Verbreitung als IPWireless-Netze erreichen werden.

3.4 UMTS/HSDPA

3.4.1 Technische Leistungsfähigkeiten, Entwicklungspotenziale

3.4.1.1 Charakterisierung

Die derzeit betriebenen UMTS-Mobilfunknetze entsprechen dem UMTS-FDD-Standard Release 99 und bieten die Möglichkeit der mobilen Sprach- und Datenübertragung. Dabei werden zwei gepaarte 5-MHz-Frequenzkanäle zur Trennung des Up- und Downlinks verwendet, deren Trägerfrequenzen im 2-GHz-Band liegen. Als Modulationsverfahren dient dabei W-CDMA in Verbindung mit QPSK, zur Kanalcodierung werden Faltungscodes und Turbo-Codierung mit Raten ½ oder 1/3 verwendet.

Dieses System ist äußerst flexibel: Neben verbindungsorientierten Übertragungen mit verschiedenen Datenraten bietet es auch die Möglichkeit, paketorientierte Verbindungen - ebenfalls mit verschiedenen Datenraten - zu betreiben. Dabei bietet das System im Rahmen seiner Flächenabdeckung volle Mobilität. Die derzeitige maximale dem Nutzer zur Verfügung gestellte Datenrate beträgt 348 kbit/s, die Summendatenrate liegt bei ca. 1,5 Mbit/s.

Ab 2006 sollen die im Release 6 des UMTS-Standards spezifizierten Erweiterungen für hohe Datenraten (High Speed Packet Access, HSDPA) zum Einsatz kommen. Es wird unterschieden zwischen HSDPA für den Downlink und HSUPA für den Uplink. Dabei sollen durch den adaptiven Einsatz des höherstufigen Modulationsverfahrens 16-QAM und adaptiver Turbo-Codierung mit Raten zwischen 0,15 und 0,98 theoretische aber unrealistische Summendatenraten von bis zu 14,4 Mbit/s pro Funkzelle auf einem gemeinsam genutzten Kanal im Downlink zur Verfügung gestellt werden. Realistisch sind dabei jedoch je nach momentaner Qualität des Funkkanals, Auslastung der Zelle, Verteilung und Mobilität der Nutzer eher Datenraten von 2 – 3,5 Mbit/s. Diese Summendatenrate muss auf alle Nutzer der jeweiligen Funkzelle aufgeteilt werden.

Die vom UMTS-Mobilfunksystem gewohnte Mobilität soll auch bei HSDPA-Verbindungen unterstützt werden, es muss jedoch beachtet werden, dass die für einen

individuellen Nutzer erreichbaren Datenraten mit zunehmendem Abstand von der Basisstation stark sinken können. Für den Uplink werden zunächst nur Datenraten von maximal 384 kbit/s zur Verfügung stehen.

3.4.1.2 Frequenzplanung, Flächendeckung und Kapazität

a) Flächendeckende Versorgung

Die Betreiber der UMTS-Mobilfunknetze in Deutschland benutzen zur Zeit nur ein gepaartes 5-MHz-Band (jeweils 5 MHz für den Up- und 5 MHz für den Downlink). Der Zellradius einer typischen UMTS-Funkzelle bertägt ca. 500 m (0,785 km²). Damit können rechnerisch 2,55 Norm-Nutzer pro km² bedient werden. Die spektrale Effizienz des Systems ergibt sich zu 0,31 bit/s/Hz.

In allen Funkzellen wird das UMTS/HSDPA–Übertragungsverfahren auf derselben Trägerfrequenz betrieben werden, wie die anderen UMTS-Dienste. Dies hat eine gegenseitige Störung zur Folge, wodurch sowohl bei den herkömmlichen Diensten als auch auf den HSDPA-Verbindungen die erzielbaren Raten reduziert werden. Wissenschaftliche Untersuchungen der im Wirkbetrieb eines realen Netzes auftretenden negativen Wechselwirkungen liegen bisher nicht vor.

Bei den mit HSDPA voraussichtlich maximal erreichbaren Datenrate von 2 – 3.5 Mbit/s ließen sich zwei bis vier Nutzer mit einer Datenrate von 768 kbit/s bedienen. Damit würde gegenüber der herkömmlichen UMTS-Übertragung die spektrale Effizienz auf ca. 0,7 bit/s/Hz bzw. auf 5,1 Norm-Nutzer pro km² gesteigert.

b) Kapazitätsbedarf für Normregion 1: städtische Umgebung

Unter den oben angenommenen Voraussetzungen werden 20 Nutzkanäle und damit fünf Funkzellen benötigt, um eine Versorgung einer Fläche von 1 km² mit UMTS/HSDPA zu erreichen. Dies führte zu einem resultierenden Zellradius von ca. 252 m.

c) Kapazitätsbedarf für Normregion 2: ländliche Umgebung

Unter den oben angenommenen Voraussetzungen werden 4 Nutzkanäle und damit lediglich eine Funkzellen benötigt, um eine Versorgung einer Fläche von 1 km² mit UMTS/HSDPA zu erreichen.

3.4.1.3 Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit

UMTS/HSDPA wird von den Betreibern der UMTS-Mobilfunknetze stark gefördert und wird ab 2006 in den Gebieten verfügbar sein, die auch heute schon über eine UMTS-Netzabdeckung verfügen.

Die höheren Datenraten der UMTS/HSDPA-Verbindung werden in erster Linie durch den Einsatz eines höherstufigen Modulationsverfahrens (16-QAM, Quadratur-Amplituden-Modulation) erreicht, mit dem pro Taktschritt 4 bit übertragen werden. Demgegenüber nutzt das bisherige UMTS-Netz eine QPSK-Modulation (Quadrature Phase Shift Keying) mit 2 bit pro Taktschritt. Grundsätzlich ist das 16-QAM-Verfahrene empfindlicher gegen Störungen als die QPSK-Übertragung und setzt deshalb weniger gestörte Funkverbindungen voraus. UMTS/HSDPA ermöglicht zunächst eine Verdopplung der Brutto-Datenrate (Nutzdatenrate + Datenrate für Fehlerschutz). Bei Verringerung des Fehlerschutzes kann eine weitere Steigerung der Nutzdatenrate gegenüber dem bisherigen UMTS erreicht werden, allerdings steigt damit die Empfindlichkeit gegen Übertragungsstörungen nochmals an.

Dies bedeutet, dass Nutzern mit schlechteren Verbindungen (größerer Abstand zur Basisstation, stärker gestörte Umgebung) eine geringere Nutzdatenrate zur Verfügung gestellt wird, als Nutzern mit besseren Verbindungen. Dies ergibt sich aus der Notwendigkeit, die Datenrate für den Fehlerschutz zu erhöhen und/oder vom QAM-Verfahren auf die QPSK-Modulation umzuschalten.

Da außerdem die QAM-Übertragung anfällig ist gegen Rayleigh-Fading (dynamischer Schwund bei Bewegung der Mobilstation), kommen die Vorteile von UMTS/HSDPA in erster Linie für stationäre Nutzer (fixed mobile) in der Nähe der Basisstation zum tragen.

Für eine großflächige Versorgung mit Breitbandzugängen durch UMTS/HSDPA werden deshalb nicht nur ein engmaschiges Funknetz, sondern auch eine entsprechend verbesserte Frequenzausstattung benötigt.

3.4.2 Frequenzverfügbarkeit und Regulierung

Frequenzzuteilungen für UMTS/HSDPA-Anwendungen besitzen im sog. UMTS-Kernband um 2,0 GHz in Deutschland gegenwärtig nur die vier Mobilfunknetzbetreiber T-Mobile, Vodafone, E-Plus und O2.[53] Bevor weitere Frequenzen aus dem UMTS-Erweiterungsband um 2,6 GHz und aus den zurückgegebenen bzw. auf Grund der Nichterfüllung der Versorgungsauflage zurückgeforderten Frequenzblöcken von Mobil-

---

53 Alle vier aktiven Mobilfunknetzbetreiber verfügen über Zuteilungen im Umfang von 2x10 MHz (FDD-Frequenzblöcke), T-Mobile, Vodafone und E-Plus besitzen zusätzlich jeweils einen 5 MHz TDD-Frequenzblock.

com und Quam aus dem UMTS-Kernband neu zugeteilt werden, wird die Bundesnetzagentur ein Konzept entwickeln, das alle relevanten UMTS-Frequenzbereiche einbezieht.[54]

Die im Sommer 2005 durchgeführte schriftliche Anhörung ergab eine hohe Nachfrage nach dem verfügbaren Spektrum.[55] Gleichzeitig spiegelten die Kommentare die komplexe und äußerst divergierende Interessenlage im Markt wider: Die vier Mobilfunknetzbetreiber bekunden Frequenzbedarf für künftige Kapazitätserweiterungen, zwei neue Unternehmen interessieren sich für einen Einstieg in den UMTS-Mobilfunkmarkt, während andere Unternehmen UMTS-Frequenzen für FWA-Dienste einsetzen möchten.[56]

Die Bundesnetzagentur führte daraufhin im Oktober 2005 eine mündliche Anhörung durch, um die im schriftlichen Verfahren bekundeten heterogenen Frequenzbedarfe zu verifizieren. Ziel ist die Identifizierung der kurz-, mittel- und langfristigen Bedarfe als Basis für das UMTS-Konzept.[57] Die Veröffentlichung des UMTS-Konzeptes ist für Jahresende 2005 geplant. Mit den Zuteilungsverfahren ist ab 2006 zu rechnen.

3.4.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle

Um mobile Sprach- und Datendienste anbieten zu können, besteht für Mobilfunknetze in weit höherem Umfang die Notwendigkeit nach flächendeckender Verfügbarkeit als dies bei Funknetzen der Fall ist, die primär für FWA-Dienste konzipiert werden und die mitunter nur punktuell Breitband-unterversorgte Stadtteile abdecken. Mobilfunknetze müssen hingegen in einer größeren zusammenhängenden Region vorhanden sein, um mobile Dienste vermarkten zu können.

Bei den UMTS-Netzen kommt hinzu, dass mit der Frequenzzuteilung den Netzbetreibern Mindestversorgungsverpflichtungen auferlegt wurden. Bereits zum 31.12.2003 mussten 25% der Bevölkerung mit UMTS-Diensten versorgt sein. Zum Jahresende 2005 war ein Versorgungsgrad von 50% der Bevölkerung herzustellen.[58] Um diese Regulierungsauflage zu erfüllen und gleichzeitig in Regionen mit potenziell hoher Verkehrsdichte präsent zu sein, konzentrierten sich die vier Mobilfunknetzbetreiber zunächst auf einen Ausbau ihrer UMTS-Netze in den Ballungsräumen und Großstädten sowie danach in den mittelgroßen und bei entsprechender wirtschaftlicher Attraktivität auch in Kleinstädten.

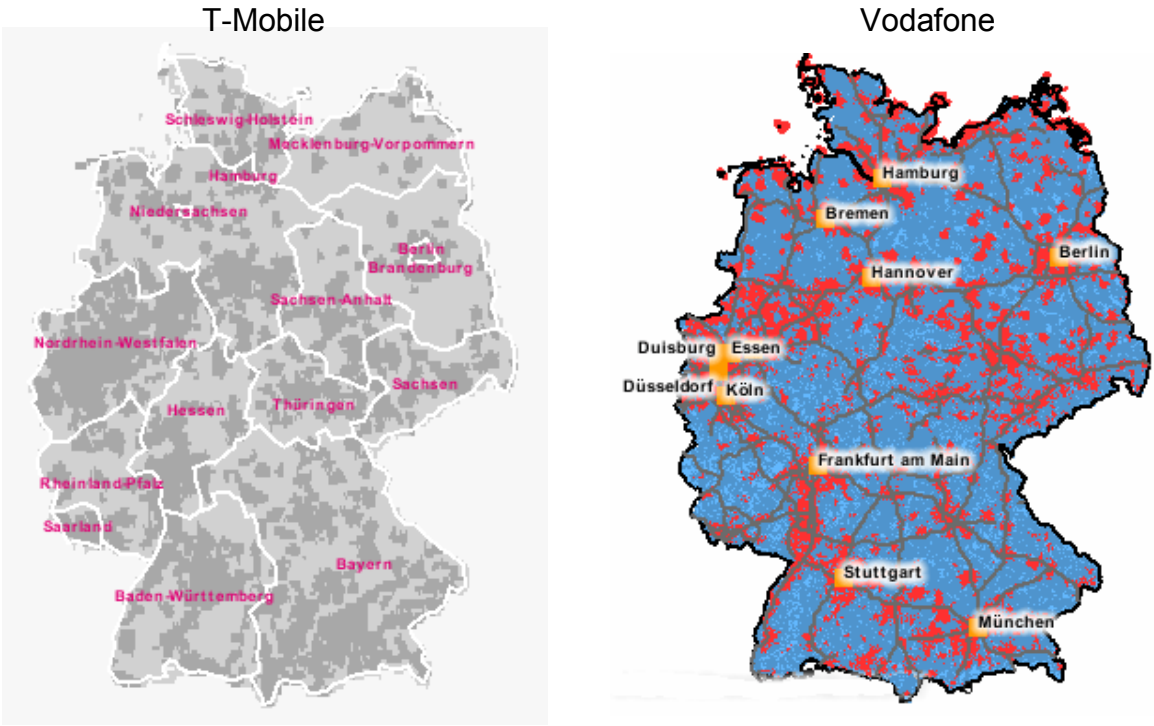
---

54 Vgl. BNetzA (2005a).
55 Vgl. RegTP (2005a).
56 Vgl. http://de.biz.yahoo.com/051028/341/4qs2d.html.
57 Vgl. BNetzA (2005a).
58 Vgl. RegTP (2000), Abschnitt 3.3.

Aktuell decken die UMTS-Netze nach Expertenaussagen rund 60-70% der Bevölkerung im Outdoorbereich ab, was rund 1.200 Städten und Gemeinden entspricht.[59] Innerhalb von Gebäuden beträgt die Netzabdeckung etwa 45-50%.[60] Auf die Fläche Deutschlands bezogen wird die Netzabdeckung auf etwa 15-25% geschätzt.

Beispielhaft für die gegenwärtige UMTS-Netzversorgung sind in Abbildung 3-6 die auf den jeweiligen Internetsites veröffentlichten aktuellen Netzabdeckungskarten von T-Mobile und Vodafone dargestellt.

Abbildung 3-6: UMTS-Netzversorgung von T-Mobile und Vodafone, Nov. 2005



wik

Quellen: T-Mobile, Vodafone (© Tele Atlas NV)

Für den weiteren UMTS-Netzausbau erwarten Experten unterschiedliche Phasen. Die gegenwärtige Ausbauphase zielt primär darauf ab, eine maximale Reichweite für die Vermarktung von UMTS-Diensten zu realisieren. Eine wichtige Rolle spielt hierbei, dass ein Großteil der mobilen Datendienste nicht nur innerhalb der UMTS-Netze, sondern mit geringerer Geschwindigkeit auch in den GPRS-Netzen angeboten werden können. So

59 Vgl. Quicken (2005), S. 7.
60 Vgl. Böing/Baier (2005), S. 2.

erleben Nutzer außerhalb der UMTS-Versorgung zwar eine Performanceeinbuße, können aber weiter Dienste in Anspruch nehmen.

Die derzeit angebotenen UMTS-Datendienste liegen mit einer Download-Geschwindigkeit von maximal 384 kbit/s weit unter der von DSL bisher gewohnten Geschwindigkeit von 768 kbit/s. Diese wird sich jedoch mit der Einführung von HSDPA relativ bald ändern. Bei der Vermarktung von UMTS-Datendiensten, insbesondere FWA-Diensten gehen die vier Netzbetreiber recht unterschiedliche Wege.

- T-Mobile bietet seine mobilen Multimediadienste plattformübergreifend (über GPRS, UMTS und WLAN) an. Der Fokus liegt bei der Vermarktung auf den Diensten wie dem mobilen Internetzugang, während die Netztechnologien weitgehend in den Hintergrund treten. Es werden keine FWA-Dienste zur Festnetzsubstitution über UMTS-Netze vermarktet, was auf Grund der parallel vermarkteten DSL-Dienste der Konzernmutter Deutsche Telekom nicht weiter verwunderlich ist.

  Als Tarife für Notebook-Datenkarten stehen zeitbasierte (120 min für 25 Euro/Monat, 600 min für 45 Euro/Monat und 6.000 min für 125 Euro/Monat) oder volumenbasierte Tarife (30 MB für 15 Euro/Monat, 150 MB für 45 Euro/Monat und Flatrate für 125 Euro/Monat) zur Verfügung.[61] Die Preise liegen signifikant höher als entsprechende DSL-Tarife von T-Online, wodurch deutlich wird, dass T-Mobile mit seinen UMTS-Datendiensten keine Festnetzsubstitution anstrebt.[62]

- Im Unterschied zu T-Mobile bezieht sich Vodafone in der Kundenkommunikation auf sein UMTS-Netz und dessen spezielle Dienste. Neben der UMTS-Datenkarte für Notebooks bietet Vodafone mit dem UMTS-Router ein Produkt zur Festnetzsubstitution an. Der UMTS-Router besitzt Anschlüsse für analoge Telefone und Anrufbeantworter sowie eine WLAN-Schnittstelle zur Vernetzung mit Notebooks und PCs. Die Zielgruppen für den UMTS-Router sind neben Privatkunden auch SOHO-Anwender sowie Unternehmen mit Baustellen, Messeständen oder ähnliche nomadische Nutzungsformen. Im Rahmen des Tarifs Vodafone Zuhause wird die Terminierung über eine geografische Rufnummer angeboten, was eine Festnetzsubstitution weiter erleichtert.[63]

  In Verbindung mit einem Vodafone Zuhause Vertrag ist der Netzzugang im Umkreis von ca. 500 m um die festgelegte Adresse für monatlich 29,95 Euro entweder inklusive 60 h (danach 0,25 Euro/10min) oder 5 GB (danach 0,25 Eu-

---

61 Vgl. www.t-mobile.de, alle Preise inkl. Umsatzsteuer, nach Verbrauch der Inklusivkontingente werden 1,90 €/MB berechnet, Stand 2.12.2005.

62 T-Online bietet für DSL-Anschlüsse beispielsweise zeitbasierte Internetdienste mit 30h für € 4,95 monatlich, danach € 0,0159/Min oder eine Flatrate für € 9,95 monatlich, zuzüglich der DSL-Anschlusskosten von mindestens € 15,95 (Telefonanschluss) plus € 16,99 (DSL), an.

63 Vgl. Quicken (2005), S. 10.

ro/MB) verfügbar.[64] Die Vodafone Zuhause-Preise bewegen sich damit durchaus auf wettbewerbsfähigem Preisniveau mit DSL-Diensten.

- E-Plus geht in Hiblick auf den UMTS-Netzausbau einen Sonderweg. Um mit zunächst möglichst geringen Investitionskosten schnell einen hohen Netzabdeckungsgrad zu erreichen, baut E-Plus seit Oktober 2004 neben den üblichen Senderstandorten auch sog. Ultra High Sites (UHS) auf. UHS sind besonders hohe Standorte über 100 m, beispielsweise auf Fernsehtürmen oder Industrieschornsteinen, mit einer deutlich höheren Reichweite. Nach Angaben des Netzbetreibers kann ein UHS-Standort bis zu 40 herkömmliche Standorte ersetzen.[65] Dies gilt natürlich nur hinsichtlich der versorgten Fläche, nicht bezüglich der Kapazität der herkömmlichen Standorte. Solange jedoch der Verkehr in den UMTS-Netzen gering bleibt, bieten UHS für diesen Netzbetreiber einen kostengünstigen Weg, die Versorgungsverpflichtung zu erfüllen sowie Dienste zu vermarkten und später das Netz nachfragegetrieben nachzuverdichten.

  E-Plus setzt bei der Vermarktung des UMTS-Netzes auf Preisführerschaft und bietet eine Online-Flatrate für Datenkarten für 49,95 Euro/Monat als Einzelvertrag bzw. 39,95 Euro/Monat für E-Plus-Telefoniekunden an.[66] Die Nutzung ist innerhalb des gesamten E-Plus-Netzes (UMTS und GPRS) möglich und ist damit im Gegensatz zu den FWA-Angeboten der Wettbewerber auch mobil einsetzbar. Der Flatrate-Tarif wurde zunächst bis Jahresende befristet, um das erzeugte Verkehrsaufkommen und die Kapazitätsauslastung der Netze zu testen.[67] Nutzerberichten zufolge kommt es bereits in manchen Städten zu verkehrsstarken Zeiten zu Engpässen, die die Übertragungsgeschwindigkeiten stark sinken lassen. E-Plus beabsichtigt mit der Installation von sog. Performance Enhancement Proxys, diese Engpässe kurzfristig zu beseitigen.[68]

- Der vierte Mobilfunknetzbetreiber O2 setzt mit der Marke Genion bereits seit längerem auf die Festnetzsubstitution. Konsequenterweise bietet O2 auch Genion-Tarife für den UMTS-Netzzugang an. Auch eine Hardwarelösung, Surf@home-UMTS Router genannt (vergleichbar zu Vodafones UMTS-Router mit WLAN-Schnittstelle zur Indoorvernetzung), ist im Angebot. Der Erfolg dieses Angebotes macht sich in der Praxis für einzelne Nutzer bereits negativ bemerkbar. Presseberichten zufolge sind während der Hauptnutzungszeiten von 17 bis 20 Uhr bereits Engpässe aufgetreten, die im Einzelnfall zu sehr langsamen Verbindungen führen.[69]

---

64 Vgl. www.vodafone.de, alle Preise inkl. Umsatzsteuer, Stand 02.12.2005.
65 Vgl. www.eplus.de
66 Vgl. www.eplus.de, alle Preise inkl. Umsatzsteuer, Stand 02.12.2005.
67 Presseberichten zufolge ist ab Anfang 2006 ein Online-Flatrate-Tarif auch bei der E-Plus-Tochter BASE geplant. Als Preis werden 25 €/Monat genannt, nähere Tarifbedingungen sind allerdings noch unbekannt. Vgl. Telecom Handel, Nr. 24/05, S. 1.
68 Vgl. www.teltarif.de/arch/2005/kw47/s19548.html.
69 Vgl. www.onlinekosten.de/news/artikel/19195.

Der stationäre breitbandige Netzzugang in der Genion Home Zone mittels Surf@home-UMTS Router wird in zeit- (10h für 9,99 Euro monatlich, danach 0,03 Euro/min bis hin zu 40h für 21,99 Euro monatlich, danach 0,03 Euro/min) und volumenbasierten (500 MB für 9,99 Euro monatlich, danach 0,15 Euro/MB bis hin zu 2 GB für 21,99 Euro monatlich, danach 0,15 Euro/MB) Tarifvarianten angeboten.**70**

Die Phase des UMTS-Aufbaus wird von den großen Netzbetreibern zunächst bis zu einer Bevölkerungsabdeckung von rund 70% bzw. 2.000 Städten und Gemeinden im Frühjahr 2006 fortgesetzt.**71** Ebenfalls im Frühjahr 2006 ist mit der sukzessiven Aufrüstung aller UMTS-Basisstationen mit HSDPA zu rechnen.

3.4.4 Markthemmnisse und Marktperspektiven

Für die Zeit ab 2006 ist zu erwarten, dass die UMTS-Netze in den Ballungsräumen weiter optimiert und je nach Verkehrsnachfrage ausgebaut werden. Limitierender Faktor ist hier wie bei anderen Funknetzen die jeweilige Frequenzausstattung der Netzbetreiber sowie die Standortverfügbarkeit für neue Basisstationen.

Eine wesentliche Ausweitung der UMTS-Netze auch auf ländliche Regionen wird - abgesehen von Netzen entlang von Straßen und Bahnstrecken - auf Grund der relativ kurzen Reichweite der Basisstationen, die im 2,0 GHz-Band betrieben werden, unwirtschaftlich bleiben.

Somit ist eine flächendeckende Versorgung mit UMTS-Diensten allenfalls in einer dritten Phase im Zuge eines Refarming von Frequenzen im 900 MHz-Band, die heute für GSM genutzt werden, denkbar. Unter Experten herrscht jedoch kein Konsens darüber, ob es nach 2010 zu einem derartigen Refarming kommen wird oder ob die Koexistenz von UMTS- und GPRS-Diensten erst durch konvergierende Mobilfunknetze der vierten Generation aufgehoben wird.

Der Beitrag von UMTS-Mobilfunknetzen zur Abdeckung „weißer Flecken“ der Breitbandlandkarte in ländlichen Gebieten wird daher als sehr gering eingeschätzt. Hingegen können UMTS-Dienste in einigen OPAL/Hytas-Gebieten innerhalb von Ballungsräumen einen breitbandigen wettbewerblichen Netzzugang bereitstellen. Die bereits heute angebotenen Tarifmodelle für den Netzzugang der UMTS-Netzbetreiber Vodafone, E-Plus und O2, die eine Festnetzsubstitution aktiv unterstützen, ist bereits im durchaus konkurrenzfähigen Bereich verglichen mit den DSL-Preisen. Die Performance der Netzzugänge per UMTS wird jedoch auch nach der Aufrüstung mit HSDPA systembedingt hinter festnetzbasierten Breitbandzugängen zurückbleiben. Für den einzelnen

---

70 Vgl. www.o2online.de, alle Preise inkl. Umsatzsteuer, Stand 02.12.2005.
71 Vgl. Quicken (2005), S. 7.

Nutzer bleibt zudem das schwer kalkulierbare Risiko, dass er die in der Funkzelle zur Verfügung stehende Kapazität sich zeitabhängig ggf. mit vielen Nutzern teilen muss.

Seine wahren Stärken spielt der breitbandige Netzzugang per UMTS bei der nomadischen und mobilen Nutzung, beispielsweise durch Außendienstmitarbeiter aus. Hier besitzt diese Technologie ein Alleinstellungsmerkmal gegenüber Festnetzzugängen und auf Grund der hohen Netzabdeckung in Ballungsräumen auf absehbare Zeit auch gegenüber anderen Funktechnologien wie WLAN und WiMAX.

3.5 Internet via Satellit

3.5.1 Technische Leistungsfähigkeiten und Entwicklungspotenziale

3.5.1.1 Charakterisierung

Die derzeit verwendeten Standards für digitalen Satelliten-Fernsehrundfunk (DVB-S) ermöglichen neben der Übertragung von digitalen Video- und Audioprogrammen auch die breitbandige Übertragung von Daten. Diese können theoretisch im gesamten Ausleuchtungsbereich des Satelliten empfangen werden. Wegen der aufwändigen Hardware, die zum Empfang benötigt wird (Parabolspiegel, LNB, etc.) und der Notwendigkeit, diese sehr genau zu justieren, ist der Empfang breitbandiger Datenströme über Satellit nur von festen Standorten aus möglich. Mit der verwendeten QPSK-Modulation kann auf einem Satellitenkanal (Transponder) mit einer Bandbreite von ca. 36 MHz eine Summendatenrate von 40 Mbit/s erreicht werden. Zur Kanalcodierung werden verschachtelte Reed-Solomon-Codes mit Raten zwischen ½ und 7/8 verwendet. Der Rückkanal für den Nutzer wird nicht über den Satelliten realisiert. Für den Uplink muss auf eine andere Technologie beispielsweise auf ISDN, GPRS oder UMTS zurückgegriffen werden.

Es gibt spezialisierte Angebote, wie z.B. skyDSL der Firma Teles AG, die flächendeckend in Europa verfügbar sind. Bei skyDSL wird der Downstream mit bis zu 24.000 kbit/s über eine Satellitenverbindung realisiert, wohingegen der Upstream über eine normale Telefon- oder ISDN-Verbindung geleitet wird. Die Funkverbindung wird wegen der Position des Satelliten (Eutelsat) bei 8° West nicht über die ASTRA-Empfangsantenne sondern über eine eigene Satellitenantenne (Durchmesser 50 cm) hergestellt.

3.5.1.2 Frequenzplanung, Flächendeckung und Kapazität

a) Flächendeckende Versorgung

Betreiber von Satelliten verfügen über fest zugeteilte Frequenzspektren im Bereich von ca. 10,5 bis 12,5 GHz. Darin können je nach Bauart des Satelliten zwischen 20 und 70 Transponder realisiert werden. Im Folgenden soll exemplarisch davon ausgegangen werden, dass vom Betreiber eines TV-Satellitensystems ein Transponder, also ein 36-MHz-Kanal, zur Verfügung gestellt wird. Die Ausleuchtzone eines Satelliten soll hier als Pendant einer Funkzelle mit einem Zellradius von ca. 500 km aufgefasst werden. Bei der Summendatenrate von 40 Mbit/s pro Zelle könnten in einer solchen Zelle 52 Norm-Nutzer mit einer Datenrate von jeweils 768 kbit/s gleichzeitig bedient werden. Dies entspricht der äußerst geringen Anzahl von 0,000066 Nutzern pro km². Die spektrale Effizienz des Systems beläuft sich auf 1,11 bit/s/Hz.

b) Kapazitätsbedarf für Normregion 1: städtische Umgebung

Unter den oben angenommenen Voraussetzungen werden 20 der insgesamt 52 verfügbaren Nutzkanäle belegt. Umgekehrt könnte bei der angenommenen Nutzerdichte unter Annahme eines Bündelgewinns mit einem Transponder eine Fläche von 3,3 km² versorgt werden.

c) Kapazitätsbedarf für Normregion 2: ländliche Umgebung

Unter den oben angenommenen Voraussetzungen werden 4 der 52 verfügbaren Nutzkanäle belegt. Wegen der geringeren Nutzerdichte, könnte mit einem Transponder eine Fläche von ca. 83 km² versorgt werden.

3.5.1.3 Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit

Für die Verwendung von Satelliten zur breitbandigen Datenanbindung spricht die Verfügbarkeit auch in extrem dünn besiedelten Räumen.

Neben der aufwändigen Hardware für den hochratigen Empfang von Daten über Satellit stellt ein Hindernis der Rückkanal dar, der über ein anderes terrestrisches Netz realisiert wird. Aufgrund der großen Entfernung des geostationären Satelliten von ca. 36.000 km ergeben sich Antwortzeiten von mindestens 200 ms. Wettereinflüsse wie Regen oder Schnee können den Empfang und damit die erzielbare Datenrate beeinträchtigen.

Da eine große Ausleuchtzone mit einer aus physikalischen Gründen begrenzten Anzahl von Transpondern versorgt wird, kann diese Technik die bisherigen Lösungen nur ergänzen, jedoch nicht ersetzen.

3.5.2 Frequenzverfügbarkeit und Regulierung

Satellitensysteme benötigen Funkfrequenzen für den Up-link von der Bodenstation zum Satelliten und für den Down-link vom Satelliten zu den Empfängern. Für den Funkkontakt mit den geostationär positionierten Satelliten werden exakt ausgerichtete Parabol- oder Offset-Antennen eingesetzt. Dies hat zur Folge, dass sowohl für den Up-link verschiedener Satelliten in gewissem Umfang die gleichen Frequenzen eingesetzt werden können, als auch, dass mehrere Satelliten mit sich überschneidenden Ausleuchtzonen die gleichen Frequenzen nutzen können ohne sich gegenseitig zu stören.

Somit sind beim Satellitenfunk im Gegensatz zum terrestrischen Funk weniger die Frequenzzuteilungen der kritische Engpass, sondern die geeigneten geostationären Orbitalpositionen. Frequenznutzungsrechte und Orbitalpositionen werden durch die Bundesnetzagentur bei der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) angemeldet, koordiniert und notifiziert.[72]

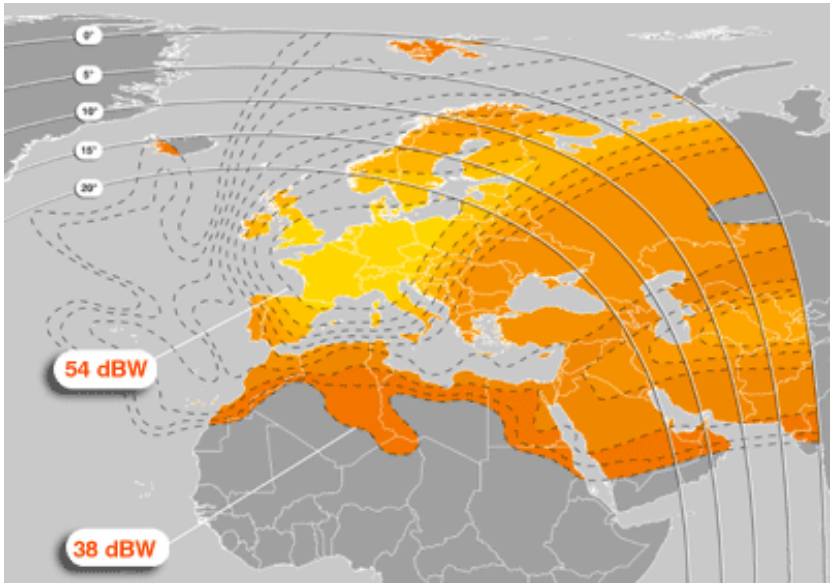
Wegen der langen Planungs- und Bauzeit von Kommunikationssatelliten stellen kurz- bis mittelfristig die Transponderkapazitäten auf den bereits positionierten Satelliten die entscheidende Knappheit dar. Die Nutzung der Transponder für Internetdienste konkurriert insbesondere mit der Nutzung für Fernseh- und Hörfunkausstrahlungen.

Innerhalb der Ausleuchtzone eines Satellitentransponders stellen die Kapazitäten ein Shared Medium für alle Nutzer dar. Mit den gegenwärtigen Internetkapazitäten des Astra-Systems sind nach Aussagen von T-Com gleichzeitig rund 500-600.000 Kunden zu versorgen. Die Ausleuchtzonen der für Internetdienste genutzten Satelliten wie beispielsweise Eutelsat Atlantic Bird 2 umfassen wesentliche Teile von Mitteleuropa (vgl. Abbildung 3-7). Für den Fall, dass künftig die Kapazitäten knapp werden, werden Konzepte erarbeitet, die Ausleuchtzone eines Transponders künftiger Satelliten in mehrere regionale Sektoren aufzuteilen.

---

72 Vgl. hierzu TKG, § 56 TKG

Abbildung 3-7: Ausleuchtzone von Eutelsat Atlantic Bird 2 (8° West)



wik

Quelle: Eutelsat

3.5.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle

Satelliteninternetdienste werden in zwei prinzipiellen Ausprägungsformen angeboten. Zum einen die Zwei-Wege-Anbindung per Satellit und zum anderen hybride Systeme mit Download per Satellit und Upload über das Telefonnetz.

a) Zwei-Wege-Satelliteninternet

Zwei-Wege-Datenkommunikation via Satellit wird beispielsweise über das D-Star-System von Eutelsat angeboten. Die Zielgruppen dieses Angebotes sind Unternehmen, die einen Notfall-Backup für ihre Breitbandanbindung benötigen, sowie Unternehmen und SOHO-Anwender in „weißen“ Regionen der Breitbandlandkarte. Zu den Zielgruppen zählen weiterhin Betreiber von PWLAN-Hotspots, kleine CATV-Netzbetreiber sowie künftig WiMAX-Netzbetreiber, denen keine leistungsfähige terrestrische Backhaul-Anbindung zur Verfügung steht.

Für Privatnutzer sind Zwei-Wege-Internetanbindungen auf Grund der hohen Investitionskosten von rund 3.000 Euro für die spezielle Satellitenantenne, die Empfangseinheit und deren Installation und der Nutzungsentgelte von 187 Euro/Monat (maximal 512 kBit/s download und 128 kBit/s upload) bis 769 Euro (maximal 2 Mbit/ download und

513 kBit/s upload) für eine Flatrate, wie sie beispielsweise beim Service Provider STG fällig werden, wenig interessant.[73]

b) Satelliteninternet über hybride Systeme

Die kostengünstigen Alternativen zum Zwei-Wege-Satellitensystem sind hybride Systeme, die einen hochbitratigen Download via Satellit und einen schmalbitratigen Upload via Analogmodem oder ISDN kombinieren. Wegen des schmalbandigen Rückkanals kann man bei diesen Systemen allerdings nicht von vollwertigen Breitbandanschlüssen sprechen. Vor dem Hintergrund des Trends hin zu einer stärker symmetrischen Datenkommunikation durch das Versenden von großen Multimediadateien oder durch Filesharing wird diese Einschränkung besonders evident.

Zum Empfang der Satellitendownloads über das Astra-System genügt eine Offset-Antenne, die auch für den TV-Empfang der Satellitenpositionen Astra 19,2° Ost genutzt wird, in Verbindung mit einer DVB-S-Karte am PC. Im Falle der Internetdienste von Eutelsat, wird eine separate, mindestens 50 cm große Antenne in Richtung 8° West benötigt. Vermarktet werden die Datendienste von Astra mit Downloadraten von 786 kbit/s bis zu 2 Mbit/s durch zahlreiche Service Provider, u.a. auch durch die Deutsche Telekom.[74] Unter der Marke T-DSL via Satellit werden von T-Com allen nicht mit DSL versorgten Haushalten Breitband-Downloads von bis zu 768 kBit/s angeboten.[75] Die Internetdownloaddienste von Eutelsat, die mit bis zu 24 Mbit/ deutlich höhere Geschwindigkeiten aufweisen, werden durch Teles vermarktet.

Problematisch beim Satelliteninternet über hybride Systeme ist neben den sehr asymmetrischen Geschwindigkeiten das unterschiedliche Pricing von Down- und Upload. Während der breitbandige Download in der Regel volumenbasiert abgerechnet wird,[76] schlägt die Einwahl über das Telefonnetz für den Upload pro Zeiteinheit zu Buche. Die Kosten können bei der Nutzung somit nur schwer abgeschätzt werden und die zeitbasierte Einwahl kann unter Umständen einen erheblichen Kostentreiber darstellen.

Um den Tarif für den Upload nutzerfreundlicher zu gestalten, bietet Teles mit seinen Download-Volumentarifen für zusätzlich 19 Euro/Monat eine Quasi-Flatrate für die ISDN-Einwahl.[77] Um das Kostenrisiko für den Provider wegen einer nicht verfügbaren Vorleistungs-Flatrate einzugrenzen, trennt eine spezielle Software die ISDN-Verbindung nach einer gewissen Zeit der Upload-Inaktivität. Eine echte Flatrate für den Rückkanal

---

73 Vgl. www.stgkom.de, Preise inklusive Umsatzsteuer, Stand: 05.12.2005.

74 Beispielsweise durch die Service Provider Agrosat, ASTRAnet, EasynetDSL, Filiago, ip4, NGI und Sat_speed.

75 Vgl. Rackel (2005), S. 6.

76 Beispielsweise bei Filiago: 9,95 €/Monat Grundentgelt und 0,0499 €/MB bei einer Downloadbandbreite bis zu 1024kbit/s. Eine Flatrate bei gleicher maximaler Downloadbandbreite wird für 43,95 €/Monat angeboten. Vgl. www.filiago.de, Preise inklusive Umsatzsteuer, Stand: 05.12.2005.

77 Vgl. www.teles.de, Preise inklusive Umsatzsteuer, Stand: 05.12.2005.

über das PSTN ist nach Angaben der T-Com mit zu hohen Netzkosten verbunden und wird daher nicht angeboten.

Zur optimalen Nutzung der spezifischen Broadcast-Eigenschaften hybrider Satellitennetzzugänge sowie der vorhandenen Transponderkapazitäten, werden spezielle Broadcast-Datendienste angeboten, die in verkehrsarmen Zeiten vom Nutzer voreingestellte Inhalte oder die allgemein beliebtesten Inhalte auf die Rechner der Nutzer für einen späteren Abruf streamen.

3.5.4 Markthemmnisse und Marktperspektiven

Die Beschränkung der Breitbandigkeit auf den Download stellt bei den hybriden Satellitensystemen eine wesentliche Einschränkung gegenüber anderen Breitbandanschlüssen dar. Auch die Notwendigkeit einer Satellitenantenne bildet vor allem für Mieter unter Umständen eine Nutzungsbarriere.

Die Preise für Zwei-Wege-Satelliteninternet sind für den Großteil der Privat- und SOHO-Nutzer prohibitiv hoch. Mit einer drastischen Preissenkung auf das Niveau von DSL-Diensten ist jedoch angesichts der knappen Ressourcen im Orbit und der hohen Kosten von Satellitensystemen nicht zu rechnen. Der Zielmarkt von Zwei-Wege-Satelliteninternet liegt daher generell bei den professionellen Nutzergruppen.

Der Zielmarkt für hybride Satellitensysteme liegt hauptsächlich in dünn besiedelten ländlichen Räumen, die auch mittel- bzw. langfristig nicht wirtschaftlich mit einer terrestrischen Breitbandtechnologie erschlossen werden können. Daneben werden diese Systeme auch in Breitband-erschlossenen Regionen zum Datenbroadcast beispielsweise von Handelsunternehmen mit hoher Anzahl von Filialbetrieben eingesetzt.

Insgesamt stellt Breitbandinternet über Satellit in nicht mit DSL versorgten Regionen eine wichtige Zugangsmöglichkeit sowohl für Geschäfts- als auch für Privatkunden dar. Diese Möglichkeit ist jedoch in der breiteren Öffentlichkeit bislang nur wenig bekannt. Zudem hat Satelliten-DSL in der Öffentlichkeit ein Imageproblem als teure Spezialanwendung. Zwar bestehen bei den massenmarktrelevanten hybriden Systemen sowohl Nachteile bei der Upload-Geschwindigkeit als auch beim Preis, jedoch werden diese Nachteile durch die generelle Verfügbarbeit eines Zugangs zum Internet ausgeglichen.

3.6 Internet via DVB-T

3.6.1 Technische Leistungsfähigkeiten, Entwicklungspotenziale

3.6.1.1 Charakterisierung

Durch großflächige Einführung des digitalen terrestrischen Fernsehens nach DVB-T-Standard ist in weiten Teilen Deutschlands (70% Bevölkerungsversorgung) neben der Übertragung von digitalen Video- und Audioprogrammen auch die breitbandige Übertragung von Daten möglich. Diese können im gesamten DVB-T-Versorgungsgebiet empfangen werden. Dies ermöglicht nomadische Anwendungen innerhalb eines Versorgungsgebietes. Zur Modulation wird OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) je nach Kanalgüte (Signal-Störabstand) in Verbindung mit QPSK, 16-QAM oder sogar 64-QAM verwendet, der nötige Fehlerschutz wird durch den Einsatz von verschachtelter Reed-Solomon- und Faltungscodierung erreicht. Damit kann auf einem Frequenzband von 7 MHz eine Summendatenrate von 12 - 16 Mbit/s erreicht werden. Bei dieser Rate können 4 TV-Programme übertragen werden.

Für den Nutzer ist bei einer Anbindung über DVB-T kein Rückkanal vorgesehen. Für den Uplink muss auf eine andere Technologie beispielsweise auf ISDN, GPRS oder UMTS zurückgegriffen werden.

3.6.1.2 Frequenzplanung, Flächendeckung und Kapazität

a) Flächendeckende Versorgung

Die Frequenzspektren für den Betrieb von DVB-T sind im Bereich der TV-Bänder (VHF, UHF) bei 400 – 800 MHz fest zugeteilt. Diese Trägerfrequenzen eignen sich dabei durch ihre guten Ausbreitungseigenschaften besonders zur Inhouse-Versorgung, weswegen diese Frequenzen bisher den Rundfunkversorgern vorbehalten sind. Wird ein Frequenzkanal mit der Summendatenrate von 16 Mbit/s für die breitbandige Datenübertragung zur Verfügung gestellt, so lassen sich damit 20 Nutzer mit einer Datenrate von jeweils 768 kbit/s versorgen. Betrachtet man den Empfangsbereich einer DVB-T-Basisstation als Funkzelle, dann ergibt sich ein Zellradius von ca. 50 km. Dies bedeutet rechnerisch lediglich 0,0025 Nutzer pro km². Die spektrale Effizienz des Systems fällt mit 2,29 bit/s/Hz wegen der möglichen hochstufigen Modulationsart hoch aus.

b) Kapazitätsbedarf für Normregion 1: städtische Umgebung

Unter den oben angenommenen Voraussetzungen werden 20 Nutzkanäle und damit eine Funkzelle benötigt, um die Versorgung einer Fläche von 1 km² durch DVB-T zu erreichen.

c) Kapazitätsbedarf für Normregion 2: ländliche Umgebung

Unter den oben angenommenen Voraussetzungen werden 4 Nutzkanäle und damit wiederum lediglich eine Funkzelle benötigt, um die Versorgung einer Fläche von 1 km² durch DVB-T zu erreichen. Umgekehrt könnte bei der angenommenen Nutzerdichte mit einem Frequenzband der Breite 7 MHz und einem Bündelgewinn eine Fläche von ca. 28 km² versorgt werden.

3.6.1.3 Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit

Ein Vorteil der breitbandigen Datenanbindung über DVB-T sind die guten Funkausbreitungseigenschaften in den für den Rundfunk reservierten Frequenzbändern.

Durch die geringe Anzahl von Nutzern, die pro km² mit einer Frequenzausstattung von 7 MHz bedient werden können, erscheint DVB-T in seiner heutigen Form für die breitbandige flächendeckende Datenanbindung jedoch eher ungeeignet. Abhilfe könnte auch ein engmaschigeres Netz und eine verbesserte Frequenzausstattung schaffen. Ein weiterer Nachteil ist, dass der Rückkanal mit Hilfe einer anderen Technik realisiert werden muss

3.6.2 Frequenzverfügbarkeit und Regulierung

Die regulatorischen Fragestellungen, die sich im Zusammenhang mit Internetzugangsdiensten via DVB-T stellen sind sehr komplex, da es sich um Frequenzen handelt, die für Rundfunkdienste vorgesehen sind und somit sowohl Regulierungszuständigkeiten des Bundes als auch der Länder betroffen sind. Nach § 57 (1) TKG teilen die jeweiligen Landesbehörden ihren Versorgungsbedarf für Rundfunk der Bundesnetzagentur mit. Die BNetzA setzt diese Bedarfsanmeldung bei der Frequenzzuteilung daraufhin um. Die Frequenzzuteilungen für die Übertragung von Rundfunk sind nach § 60 (4) TKG mit rundfunkrechtlichen Auflagen der Länder verbunden. Insofern können die Lizenzen für Rundfunkdienste nicht in bundes-, sondern nur jeweils in landesweiten Verfahren zugeteilt werden.[78]

---

78 Vgl. Stamm (2004), S. 38.

Nur dann, wenn der Versorgungsbedarf der Länder für Rundfunk befriedigt ist, können evtl. verbleibende Kapazitäten innerhalb der Frequenzbereiche, die im Frequenzbereichszuweisungsplan und im Frequenznutzungsplan für Rundfunkdienste zugewiesenen sind, für andere Rundfunkdienste als Rundfunk (im medienrechtlichen Sinne), wie bei beispielsweise Internetzugangsdienste, genutzt werden. Dieses Belegungsprivileg der Bundesländer macht für jedes Land eine separate Prüfung freier Kapazitäten notwendig.

Das Ziel der Bundesregierung und der Länder ist es, nach Abschaltung der analogen Rundfunkübertragung und in Abstimmung mit den Nachbarstaaten sechs flächendeckende DVB-T-Bedeckungen zu ermöglichen.[79] Bei den derzeit verwendeten Quellcodierverfahren stünden Übertragungskapazitäten für 24 Fernsehprogramme zur Verfügung. Nur wenn ein Versorgungsbedarf für Rundfunk durch die jeweiligen Länder von weniger als 24 Fernsehprogrammen mitgeteilt wird, stehen Frequenzkapazitäten für weitere Dienste zur Verfügung.

Um diese evtl. vorhandenen Kapazitäten konkurrieren jedoch mit Internetzugangsdiensten auch mobile DVB-H-Dienste. Es besteht die erklärte Absicht der Mobilfunknetzbetreiber, künftig auch DVB-H-Dienste vermarkten zu wollen.[80] Auch die öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten haben bereits ihr Interesse an DVB-H-Diensten geäußert.[81] Pilotversuche werden seit 2003 in Berlin durchgeführt und mit einer Markteinführung von DVB-H ist ab Mitte 2006 zu rechnen.

Gegenwärtig sind keine Frequenzkapazitäten für Internetzugangsdienste via DVB-T zugeteilt und auch für die Zukunft ist vor dem Hintergrund der komplexen Regulierungskonstellation, der vorrangigen Frequenzzuteilung für Rundfunk sowie der wirtschaftlichen und öffentlich-rechtlichen Nachfrage nach DVB-T nicht mit nennenswerten Frequenzkapazitäten für Internetzugangsdienste via DVB-T zu rechnen.

3.6.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle

Das Konzept für Internetdienste via DVB-T wurde maßgeblich durch die Teles AG entwickelt. Ausgangspunkt ist die Verfügbarkeit der DVB-T-Technologie sowie kostengünstiger DVB-T-Empfangsmodule für Notebooks (z. B. USB-Sticks). Unter der Marke Super HotSpot sollte dieser Dienst ab 2006 den primären Zielgruppen Geschäftsreisende, Außendienstmitarbeiter, Freiberufler, Mietservices (Autovermietungen, Tankstellen, Hotels) und schließlich auch Haushalten ohne Breitbandversorgung über Festnetz angeboten werden.[82]

---

79 Vgl. BMWA (2005), S. 49.
80 Vgl. http://www.heise.de/newsticker/meldung/60894.
81 Vgl. http://www.heise.de/newsticker/meldung/66934.
82 Vgl. Krüger (2005)

Diesen Nutzern sollte nach Angaben von Teles eine Download-Bandbreite von bis zu 16 Mbit/s im Shared Medium angeboten werden. Der Uplink war per PSTN, GPRS oder UMTS vorgesehen.

Zur Aussendung der Übertragungen sollte auf die für das terrestrische Fernsehen aufgebauten, bzw. aufzubauenden Sendenetze zurückgegriffen werden. Eine Verkleinerung der Zellen durch eigene Sendeanlagen und somit eine Ausweitung der Übertragungskapazitäten war aus Wirtschaftlichkeitsgründen nicht vorgesehen.

Anfang Januar 2006 verkündete Teles jedoch, die Planung und Projektentwicklung von DVB-T-Internetzugängen gänzlich einzustellen. Als wesentliche Gründe werden die komplexe regulatorische Situation und die mangelnde Aussicht auf verfügbare Frequenzkapazitäten genannt.[83]

3.6.4 Markthemmnisse und Marktperspektiven

Zentrales Markthemmnis für Internetzugangsdienste via DVB-T stellt die mangelnde Verfügbarkeit von Frequenzressourcen dar. Angesichts des Vorrangs für Rundfunk und die großen wirtschaftlichen und öffentlich Interessen an DVB-H-Diensten ist kaum eine Bereitstellung von Frequenzen für DVB-T-Internetzugangsdienste zu erwarten.

Wie die Berechnungen zur technischen Leistungsfähigkeit zeigen, können nur wenige Nutzer innerhalb der durchschnittlich 50 km großen Zellradien von DVB-T Sendeanlagen versorgt werden.

Vor diesem Hintergrund und angesichts der relativ kostengünstigen Empfangsmodule lässt sich allenfalls ein Nischenmarkt in kurzfristigen Dienstangeboten an relativ kleine und flexible Zielgruppen erkennen, soweit ggf. übergangsweise Sendekapazitäten an vorhandenen DVB-T-Sendestandorten verfügbar sind. Dies sind jedoch insgesamt keine günstigen Voraussetzungen für ein längerfristig stabiles Geschäftsmodell.

---

83 Vgl. www.teles-aktiengesellschaft.de/content_de/presse/06_01_03/news.html.

4 Situation in internationalen Vergleichsmärkten

4.1.1 Österreich

4.1.1.1 WiMAX-Frequenzvergabe

Österreich zählt in Hinblick auf den Einsatz von Funkdiensten zur Versorgung mit Breitbandanschlüssen zu den fortgeschrittensten Märkten. Funknetze nach dem WiMAX-Standard wurden dort schon früh als Möglichkeit für einen schnellen und flächendeckenden Breitbandausbau in Randgebieten angesehen.[84] Die Telecom-Control-Kommission der österreichischen Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH (RTR) startete bereits im Juli 2004 mit dem Frequenzvergabeverfahren im 3,5 GHz-Bereich für breitbandigen Fixed-Wireless-Access in der Betriebsart Duplex. Dieses Vergabeverfahren wurde mit der Zuteilung der Frequenzen im November 2004 abgeschlossen.

Im Unterschied zur deutschen Situation verfügte der österreichische Regulierer zu dieser Zeit landesweit über Frequenzressourcen im gesamten 3,5 GHz-Bereich, da im Jahr 2001 WLL-Frequenzen nur im 26 GHz-Bereich, nicht aber im 3,5 GHz-Bereich zugeteilt wurden.

Die zur Verfügung stehenden Frequenzen von 3.410 bis 3.494 MHz sowie 3.510 bis 3.594 MHz wurden nicht landesweit, sondern abgegrenzt nach sechs Zuteilungsregionen vergeben. Mit dieser regionalen Aufteilung soll der funkbasierte Breitbandzugangsmarkt auch für kleinere Unternehmen offen gehalten werden, die keine landesweiten Netze aufbauen wollen bzw. können.

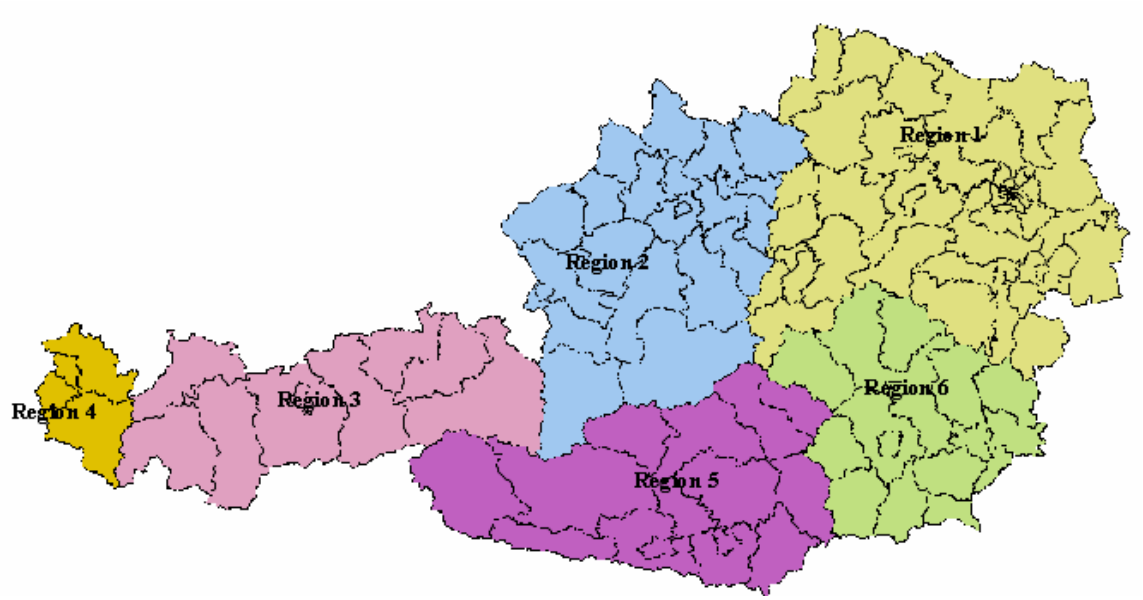
In der Abgrenzung von Zuteilungsregionen liegt ein weiterer Unterschied zum deutschen WiMAX-Frequenzvergabeverfahren, wo den Bewerbern keine räumlichen Vorgaben macht werden.

In fünf dieser Regionen standen jeweils drei Frequenzpakete aus dem 3,5 GHz-Bereich mit 2 x 21 bzw. 2 x 28 MHz bereit. In Vorarlberg (Region 4) wurde auf Grund von Vorzugskanälen das Spektrum in zwei Frequenzpakete mit 2 x 35 bzw. 2 x 42 MHz aufgeteilt (Tabelle 4-1).[85]

---

84 Vgl. RTR-Pressemitteilung vom 7.7.2004.
85 Vgl. Telekom-Control-Kommission (2004), S. 7 ff.

Abbildung 4-1: Regionen für österreichische 3,5 GHz-Frequenzvergabe



Quelle: RTR

Tabelle 4-1: 3,5 GHz-Frequenzpakete in Österreich

Frequenzpaket / Bandbreite					
Region	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
1	2 x 21 MHz	2 x 28 MHz	2 x 21 MHz		
2	2 x 21 MHz	2 x 28 MHz	2 x 21 MHz		
3	2 x 21 MHz	2 x 28 MHz	2 x 21 MHz		
4				2 x 35 MHz	2 x 42 MHz
5	2 x 21 MHz	2 x 28 MHz	2 x 21 MHz		
6	2 x 21 MHz	2 x 28 MHz	2 x 21 MHz		

Quelle: RTR

Die Laufzeit der Frequenzzuteilungen beträgt 15 Jahre bis zum 31.12.2019. Die Frequenzzuteilung ist verbunden mit der Auflage, in einer Region die in Tabelle 4-2 aufgelistete Mindestanzahl von Gemeinden zu versorgen. Eine Gemeinde gilt als versorgt, wenn mindestens eine zentrale Funkstelle betrieben wird, die geplanten Dienste mittels

eines eigenen Netzes kommerziell angeboten werden und ein Trägerdienst mit einer Datenrate von zumindest 144 kBit/s angeboten wird.[86]

Tabelle 4-2: Versorgungsauflage der 3,5 GHz Frequenzzuteilungen in Österreich

Region	Anzahl der Gemeinden mit zentraler Funkstelle	
	bis spätestens 31.12.2007	bis spätestens 31.12.2008
1	69	138
2	55	110
3	27	54
4	9	19
5	25	50
6	49	98

Quelle: RTR

Die Versorgungsauflage erfolgte nicht zuletzt infolge der Erfahrungen nach der Vergabe von WLL-Lizenzen im 26 GHz-Bereich im Jahre 2001. Zum Zeitpunkt des 3,5 GHz-Vergabeverfahrens im Jahr 2004 nutzten die erfolgreichen Lizenznehmer keine ihrer 2001 für insgesamt 1,35 Mio. Euro ersteigerten 26 GHz-Frequenzpakete.[87]

Die Erreichung des Mindestversorgungsgrads wird zu den jeweiligen Terminen von der Telekom-Control-Kommission auf Kosten der Frequenzinhaber überprüft. Für den Fall, dass die Versorgungspflicht nicht vollständig erfüllt wird, werden Strafzahlungen (Pönale) fällig. Diese errechnen sich aus dem Garantiebetrag bei Nichtausbau für die jeweilige Region (vgl. Tabelle 4-3).

Tabelle 4-3: Garantiebeträge bei Nichtausbau in Österreich

Region	Garantiebetrag bei Nichtausbau in Euro
1	400.000,-
2	220.000,-
3	80.000,-
4	40.000,-
5	80.000,-
6	140.000,-

Quelle: RTR

86 Vgl. Telekom-Control-Kommission (2004), S. 23 f.

87 Dies änderte sich erst auf Druck des Regulierers im Jahr 2005. Die 26 GHz-Frequenzen werden nun zum Anschluss von Business-Kunden und zur Vernetzung von Bankautomaten genutzt. Vgl. „Österreich: 26-GHz-Frequenzen für WLL erwachen zum Leben“, Meldung vom 15.03.2005 auf www.heise.de.

Die Staffelung der Garantiebeträge entspricht nicht nur den unterschiedlichen Versorgungsauflagen für die Regionen, sondern hierbei bringt der österreichische Regulierer auch die unterschiedlichen Opportunitätskosten einer Unterversorgung in den verschieden strukturierten Regionen zum Ausdruck.

Wird der Versorgungsgrad unterschritten, so entsprechen die jährlichen Pönale ab 2008 einem proportional zum Unterschreitungsgrad errechneten Anteil des Garantiebetrages. Wird beispielsweise im Jahr 2008 die Mindestversorgung von 69 Gemeinden in Region 1 um 20% unterschritten, so sind 20% von 400.000 Euro, d.h. 80.000 Euro, als Pönale zu zahlen. Die Pönale sind so lange jährlich fällig, bis der Betreiber den geforderten Versorgungsgrad erreicht hat.[88]

Das bei der Frequenzvergabe zum Einsatz gekommene Zuteilungsverfahren bestand aus zwei Stufen. Zunächst wurden in einem ersten Schritt die Anträge in Hinblick auf das Vorliegen der wirtschaftlichen und technischen Vorraussetzungen geprüft. Im zweiten Schritt wurden die Frequenzpakete in einem offenen, aufsteigenden simultanen Mehrrundenverfahren versteigert.

In der ersten Stufe bekundeten sieben Unternehmen Interesse an den Frequenzpaketen. Alle Antragsteller wurden zur Auktion zugelassen. Ein Unternehmen zog seinen Antrag jedoch kurz vor der Auktion wieder zurück. An der Auktion nahmen somit die sechs Unternehmen

- Schrack Mediacom GmbH
- Telekabel Austria Holding GmbH
- Telekom Austria AG
- Teleport Consulting und Systemmanagement GmbH
- T-Mobile Austria GmbH und
- UTA Telekom AG

teil. T-Mobile und UTA Telekom stiegen im Verlauf der Auktion aus dem Verfahren aus. Im Ergebnis haben die Unternehmen Schrack Mediacom, Telekom Austria und Telekabel in fünf der sechs Regionen Frequenzzuteilungen ersteigert. In Region 4 (Salzburg) gingen die beiden hier vergebenen Frequenzpakete an Schrack Mediacom und Teleport (vgl. Tabelle 4-4). Der Versteigerungserlös lag mit 464.000 Euro um relativ moderate 13,8% oberhalb der summierten Mindestgebote aller Pakete von 407.600 Euro.

88 Telekom-Control-Kommission (2004), S. 25.

Tabelle 4-4: Ergebnis der 3,5 GHz-Auktion in Österreich

Region	Frequenzausstattung	Höchstbieter	Höchstgebot (€)
1	2 x 21 MHz	Telekom Austria	46.600
1	2 x 28 MHz	Schrack Mediacom	46.600
1	2 x 21 MHz	Telekabel	37.600
2	2 x 21 MHz	Schrack Mediacom	37.600
2	2 x 28 MHz	Telekabel	37.200
2	2 x 21 MHz	Telekom Austria	37.100
3	2 x 21 MHz	Telekabel	16.500
3	2 x 28 MHz	Telekom Austria	18.200
3	2 x 21 MHz	Schrack Mediacom	17.800
4	2 x 35 MHz	Schrack Mediacom	6.800
4	2 x 42 MHz	Teleport	13.200
5	2 x 21 MHz	Telekabel	16.900
5	2 x 28 MHz	Telekom Austria	17.000
5	2 x 21 MHz	Schrack Mediacom	17.900
6	2 x 21 MHz	Telekabel	33.100
6	2 x 28 MHz	Telekom Austria	33.200
6	2 x 21 MHz	Schrack Mediacom	33.600
		Summe	**464.000**

Quelle: RTR

4.1.1.2 Kommerzielle WiMAX-Angebote

Seit Ende 2004 stehen den vier erfolgreichen Auktionsteilnehmern die jeweiligen Frequenzpakete zur Verfügung. Landesweite Angebote kann auf Grund der Zuteilungen einzig die Firma Wimax Telecom GmbH manchen, die die Frequenzpakete von Schrack Mediacom direkt im Anschluss an das Zuteilungsverfahren übernommen hatte.

Das erste kommerzielle WiMAX-Netz Österreichs wurde im September 2005 von WiMAX Telecom im Burgenland in Betrieb genommen. Zum Einsatz kommt der aktuelle IEEE 802.14-2004 Funkstandard. Zunächst ist auf Nutzerseite eine Außenantenne notwendig, ab Anfang 2006 sollen die Empfangsgeräte auch zum Indoorempfang fähig sein. Für Privatkunden werden Anschlüsse mit 1 Mbit/s Down- und 256 kbit/s Upload (19,90 Euro/Monat, incl. 0,5 GB Datenvolumen) und für Businesskunden mit 2 Mbit/s Down- und 1 Mbit/s Upload-Geschwindigkeit (66 Euro/Monat, incl. 2 GB Datenvolumen

angeboten. Zu diesen Breitbandanschlüssen kann für 9,90 Euro ein Telefonanschluss hinzugebucht werden.[89]

Zunächst baut Wimax Telecom Netze in Gebieten im Burgenland und der Steiermark auf, in denen keine DSL- oder Breitband-Kabeldienste verfügbar sind. Auf diese Weise kommt das Unternehmen in den Genuss von Fördermitteln aus der österreichischen Breitbandinitiative.[90]

Bis 2008 plant Wimax Telecom seine Dienste in allen österreichischen Bundesländern mit einer Bevölkerungsabdeckung von 70% anzubieten und beabsichtigt den Investitionen in Höhe von 2,5 Mio. Euro im Jahr 2005 weitere in Höhe von etwa 67,5 Mio. Euro folgen zu lassen.

Die weiteren vier Frequenzinhaber führen derzeit zwar WiMAX-Pilote durch, es werden jedoch noch keine Dienste kommerziell angeboten. Es wird erwartet, dass insbesondere Telecom Austria und UPC Telekabel ihre Frequenzen an jenen Orten nutzen werden, wo sich der Ausbau ihrer DSL bzw. Breitband-Kabelnetze wirtschaftlich nicht lohnen wird. Ein Angebot von WiMAX-Diensten in städtischen Gebieten in Konkurrenz zu leitungsgebundenen Breitbandnetzen wird nur von Wimax Telecom erwartet. Die Wirtschaftlichkeit dieser Strategie wird von Experten jedoch eher kritisch beurteilt.

Dass in Österreich auch ein Jahr nach der Lizenzvergabe noch kaum kommerzielle WiMAX-Dienste angeboten werden, ist nach Expertenaussagen darauf zurückzuführen, dass die Systemkomponenten erst Ende 2005 Marktreife erreicht haben und nun erst für einen Masseneinsatz in Frage kommen. Hierdurch wurde Österreichs Vorsprung bei der Einführung der WiMAX-Technologie, der auf Grund der frühen Frequenzzuteilung erzielt werden konnte, deutlich relativiert.

4.1.2 Vereinigtes Königreich

Die Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen im Vereinigten Königreich ist vergleichsweise hoch (vgl. Abbildung 4-2 und Tabelle 4-5). Große Lücken in der Flächenabdeckung bestehen vor allem in den äußerst dünn besiedelten Regionen Schottlands. Ein Großteil der Haushalte kommt zudem in den Genuss von Wettbewerb zwischen mehreren Breitbandinfrastrukturen, da in allen Regionen, in denen Breitbandkabelfernsehnetze vorhanden sind, auch Internetdienste darüber angeboten werden. FWA-Netze befinden sich primär in hochverdichteten Regionen, die bereits durch DSL und CATV mit breitbandigem Internet versorgt sind.

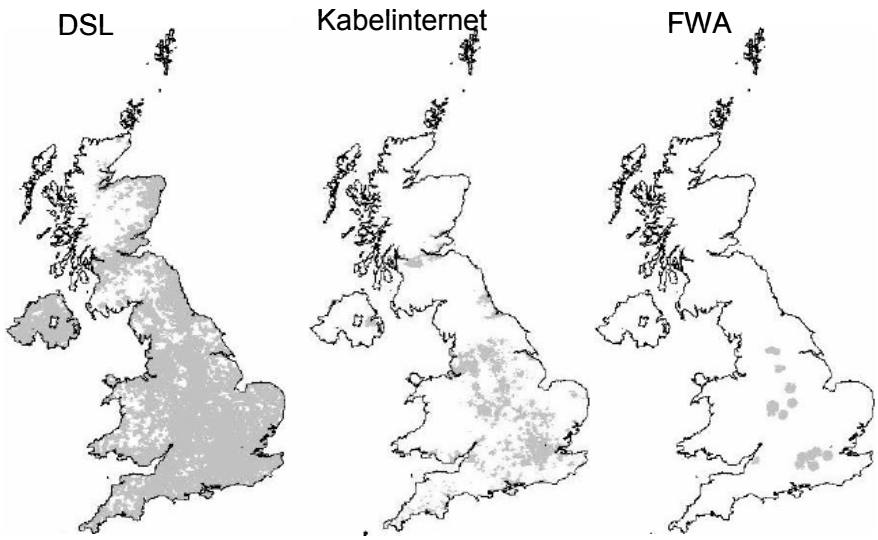
Daneben existieren in einigen ländlichen Regionen, wo weder DSL noch Kabel verfügbar ist, auch lokale FWA-Zugänge auf Basis von WLAN. Diese Hotzones werden unter

---

89 Vgl. www.wimaxtelecom.at.
90 Vgl. „Österreichische Wimax Telecom will expandieren“, Meldung von heise.de vom 29.09.2005.

Rückgriff auf das frei verfügbare 2,4 GHz-Band betrieben. Ein Betreiber dieser Netze ist beispielsweise das Unternehmen Langreen.[91] In der Regel bestehen Partnerschaften dieser Unternehmen mit lokalen Behörden, um diese örtlich sehr beschränkten Netze aufzubauen.

Abbildung 4-2: Versorgung mit DSL, Kabelinternet und FWA in UK, Q1 2005



wik

Quelle: Ovum (2005)

Tabelle 4-5: Breitbandversorgung der Haushalte in UK nach Technologien

	DSL	CATV	FWA	Gesamt
urbane Region (>500 HH/km²)	99%	62%	16%	99,8%
suburban Region (100-500 HH/km²)	98%	37%	5%	99,8%
ländlich Region (<100 HH/km²)	88%	7%	1%	88,6
UK insgesamt	97,4%	47,8%	11,2%	97,7%

Quelle: Ovum (2005), S. 16f.

Die für WiMAX-Dienste besonders geeigneten und auf Grund der European Common Allocation des ERC für Fixed-Wireless-Access vorgesehenen Frequenzbereiche in den

91 Vgl. www.langreen.com.

Bändern von 3,4 bis 4,2 GHz sind im Vereinigten Königreich bereits weitgehend alloziiert.[92] Für den Fixed-Wireless-Access sieht der Frequenznutzungsplan in UK die beiden Bänder 3,5 GHz (3.480 bis 3.500 MHz gepaart mit 3.580 bis 3.600 MHz) sowie 3.6 bis 4.2 GHz (3.605 bis 3.689 MHz gepaart mit 3.925 bis 4.009 MHz) vor.[93] Im Rahmen von unterschiedlichen Verfahren wurden beide Bänder bereits zugeteilt.

a) 3,5 GHz-Bereich

Im Vergleich zu den in Deutschland maximal zu vergebenen 2 x 84 MHz (vgl. Abschnitt 3.2.2), stehen in UK im 3,5 GHz-Bereich derzeit mit dem gepaarten Spektrum 3.480-3.500 MHz/3.580-3.600 MHz relativ geringe spektrale Ressourcen für Fixed-Wireless-Access zur Verfügung. Grund hierfür ist die Nutzung des Großteils des 3,5 MHz-Bandes für sog. „Programme Making and Special Events (PMSE)"-Nutzungen, d. h. Funknutzungen durch Mikrofone und Produktionsdienste bei Theateraufführungen, Radio- und Fernsehproduktionen, Konzerten, Sportereignissen, Konferenzen und religiösen Veranstaltungen.[94]

Im Juni 2003 wurden die gepaarten Frequenzblöcke mit 2 x 20 MHz in 15 Regionen eingeteilt und versteigert.[95] Von diesen 15 Blöcken gingen in der Versteigerung 13 an das Unternehmen UK Broadband (früher Poundradio). Die anderen beiden Blöcke wurden von den Firmen Red Spectrum und Public Hub ersteigert. Die Gesamterlöse der Versteigerung waren vergleichsweise gering und lagen bei knapp 7 Mio. GBP.

Nach der Versteigerung hat UK Broadband sowohl Red Spectrum als auch Public Hub übernommen und ist somit im Besitz von landesweiten Frequenzzuteilungen im 3,5 GHz-Bereich.[96]

Die Frequenzzuteilungen wurden ohne Versorgungsauflagen vergeben und stehen zunächst bis 2018 zur Verfügung. Eine Ausbauverpflichtung wird nicht für notwendig erachtet, da nach Ansicht von Ofcom hinreichende Anreize für profitable Geschäftsmodelle bestehen.[97] In den Frequenzzuteilungen werden auch keine Einschränkungen hinsichtlich der Funkstandards oder des realisierbaren Diensteangebotes gemacht. Allerdings werden mobile Nutzungen (Hand-over zwischen den Funkzellen) für diesen Frequenzbereich ausgeschlossen. Wie bei anderen Frequenzzuteilungen auch, sind die Nutzungsrechte im 3,5 GHz-Band handelbar. Um Störungen mit anderen Funkdiensten

---

92 Vgl. ERC (2002), S. 91 ff.
93 Vgl. www.ofcom.org.uk.
94 Vgl. Ofcom (2004), S. 48.
95 Für Uplink 3.480-3.500 MHz und für Downlink 3.580-3.600 MHz, Vgl. Ofcom (2004), S. 12.
96 Alle Postleitzahlenregionen in UK, außer Isle of Man und Channel Islands, vgl. Wireless Telegraphy Act Register, http://146.101.202.225/public-tnr/wtrSearch.do.
97 Vgl. www.ofcom.org.uk/static/archive/ra/topics/pfwa/3-4ghz/docs/q&a.doc.

zu vermeiden, hat Ofcom ein Dokument zur Frequenzkoordination veröffentlicht, das technische Vorschriften wie beispielsweise die maximalen Feldstärken enthält.[98]

Bei UK Broadband, dem nunmehr alleinigen Inhaber aller FWA-Frequenzzuteilungen in UK,[99] handelt es sich um ein Tochterunternehmen von PCCW, dem größten integrierten Netzbetreiber aus Hongkong. Da keine Versorgungsverpflichtungen bestehen, geht UK Broadband den Netzaufbau vorsichtig an. Im Jahr 2004 wurden Pilotnetze im Hightech-Ballungsraum Thames Valley rund um Reading errichtet. Die Investitionen hierfür betrugen rund 40 Mio. US$ und es konnten Ende 2004 300.000 Haushalte erreicht werden.[100] Nach Unternehmensangaben wurden 20-30% der neuen Breitbandnutzer in der Netzregion für den unter der Marke „now“ vermarkteten FWA gewonnen. 2005 baute UK Broadband weitere FWA-Netze im Großraum London auf, so dass die Anzahl der adressierbaren Haushalte deutlich zugenommen haben dürfte.[101]

UK Broadband bietet in den versorgten Regionen seine funkbasierten Breitbanddienste mit Downloadgeschwindigkeiten von 256 kbit/s bis zu 1 Mbit/s an (vgl. Tabelle 4-6). Ein für funkbasierte Netzzugänge nutzerfreundliches Detail des Angebotes ist eine 30-Tage-Rückgabegarantie für die Kunden.

Tabelle 4-6: FWA-Produkte von UK Broadband

Download-geschwindigkeit	Upload-geschwindigkeit	Preis pro Monat	Mindestvertragslaufzeit	Aktivierungsentgelt
256 kbit/s	128 kbit/s	GBP 10,-	12 Monate	-
512 kbit/s	256 kbit/s	GBP 14,-	12 Monate	-
512 kbit/s	256 kbit/s	GBP 14,-	1 Monat	GBP 30,-
1 Mbit/s	256 kbit/s	GBP 18,-	12 Monate	-
1 Mbit/s	256 kbit/s	GBP 18,-	1 Monat	GBP 30,-

Quelle: www.mynow.co.uk/service-plans.php

In den Netzen von UK Broadband wird im 3,5 GHz-Band sowohl UMTS-TDD (IPWireless) als auch Pre-WiMAX-Technologie eingesetzt. UK Broadband verfolgt damit zunächst die Strategie, sich auf Regionen mit hoher Nachfrage nach differenzierten Diensten zu beschränken, um sowohl möglichst hohe Umsätze zu generieren als auch um die verschiedenen Netztechnologien zu testen. Erst wenn die Kosten für Kundenendgeräte gefallen sind, kommt nach Expertenaussage für UK Broadband eine Flächenexpansion in Frage. Es wird jedoch nicht erwartet, dass das Unternehmen einen

98 Vgl. Ofcom (2004).
99 Abgesehen von der Isle of Man und den Channel Islands.
100 Vgl. www.theregister.co.uk/2004/12/01/pccw_cautious.
101 Vgl. www.theregister.co.uk/2005/09/02/pccw_now. Konkrete Angaben zu den bisher tatsächlich vermarkteten Anschlüssen sind bislang nicht verfügbar.

wesentlichen Beitrag zur Schließung der „weißen Flecken“ auf der Breitbandlandkarte in UK leisten wird.

b) 3,6 bis 4,2 GHz-Bereich

Die landesweiten Frequenzen für den FWA in diesem Bereich besitzt derzeit das Unternehmen Pipex.[102] Ursprünglich wurden diese Frequenzen von der damaligen Radiocommunications Agency im April 2000 an Tele2 für den Betrieb von WLL-Netzen zugeteilt.[103] Das später in Liberty Broadband umbenannte Unternehmen errichtete bis Anfang 2003 breitbandige FWA-Netze in den Regionen Thames Valley (Reading, Wokingham, Bracknell, Windsor, Slough, Basingstoke, Guildford), Leicester, Nottingham, Birmingham, Coventry, Leeds, Bradford, Uxbridge (einschließlich Heathrow), Crystal Palace (einschließlich Croydon), Bath und Bristol. Erklärtes Ziel von Liberty Broadband war die Abdeckung der 40 größten Ballungszentren in UK.[104] Allerdings wurde ähnlich wie in Deutschland und anderen Ländern auch die ursprüngliche Vermarktung von WLL an Privathaushalte eingestellt und ausschließlich Unternehmenskunden adressiert.

Auch nach seinem Strategiewechsel war Liberty Broadband wirtschaftlich nicht erfolgreich und wurde insolvent. Daraufhin wurden im Januar 2003 Liberty Broadbands Geschäfte mit rund 3.000 FWA-Kunden und damit auch die Frequenzzuteilung durch Firstnet übernommen.[105] Firstnet einschließlich der Frequenznutzungsrechte wurde wiederum im September 2003 durch GX Networks übernommen.[106] Im Oktober 2003 übernahm GX Networks zudem den Internet Service Provider Pipex Communications und firmiert seither als Pipex Communications Plc.

Waren die Frequenznutzungsrechte für das 3,6 bis 4,2 GHz-Band auf Grund des wirtschaftlichen Misserfolgs mit WLL bei Firstnet noch mit null bewertet, so gewinnen sie durch das Aufkommen der WiMAX-Technologie an Wert. Sie wurden bei der Übernahme durch GX Networks nach Experteneinschätzungen mit rund 5 Mio. GBP bewertet und sind mittlerweile wieder als immaterielle Vermögenswerte bei Pipex bilanziert.[107] Derzeit führt Pipex erste WiMAX-Pilote durch. Bei einem erfolgreichen Abschluss besteht die Strategie, die Frequenzressourcen für WiMAX-Dienste in größerem Umfang zu nutzen.[108]

---

102 Alle Postleitzahlenregionen in UK, außer Isle of Man und Channel Islands, vgl. Wireless Telegraphy Act Register, http://146.101.202.225/public-tnr/wtrSearch.do.
103 Vgl. www.internetnews.com/wireless/article.php/350831.
104 Vgl. Oftel’s Internet and Broadband Brief, January 2003.
105 Vgl. www.theregister.co.uk/2003/01/27/firstnet_confirms_liberty_broadband_buyout/.
106 Vgl. www.theregister.co.uk/2003/09/03/gx_networks_buys_firstnet/
107 Vgl. Pipex (2005), S. 33.
108 Vgl. www.theregister.co.uk/2005/08/30/pipex_wimax_trial/

Über diese bestehenden Zuteilungen hinaus sucht Ofcom nach Lösungen, weitere Frequenzblöcke im 3,6 GHz-Bereich für breitbandige Dienste nutzbar zu machen.[109] Nähere Informationen liegen hierüber derzeit nicht vor.

Insgesamt sind Experten eher skeptisch, ob sich mit Hilfe von FWA im Vereinigten Königreich die verbleibenden „weißen Flecken“ in der Breitbandversorgung in ländlichen Regionen schließen lassen. Zum einen sind die Frequenzzuteilungen nicht an entsprechende Ausbauverpflichtungen gebunden, zum anderen wird auf die fehlende kritische Masse für profitable Geschäftsmodelle in den dünn besiedelten Regionen gesehen.

109 Vgl. www.ofcom.org.uk/radiocomms/ifi/licensing/classes/broadband/fwaccess/intro#content.

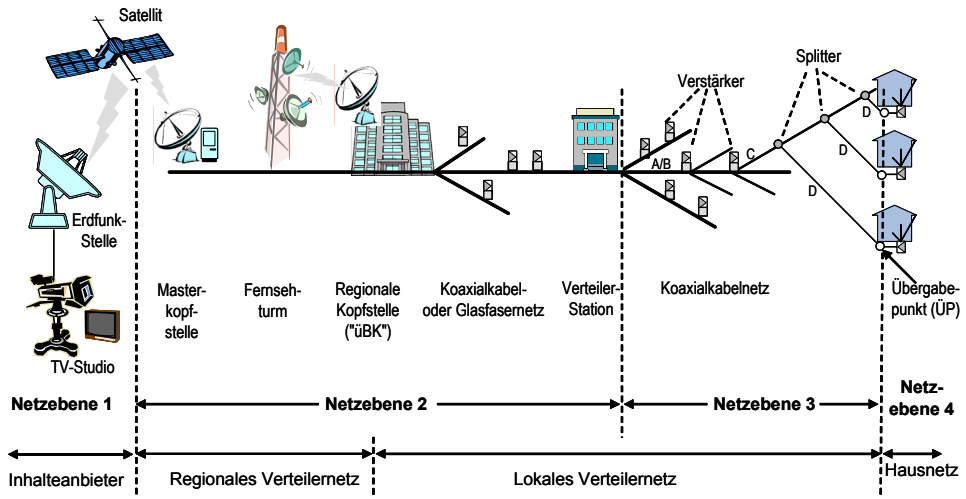
5 Leitungsgebundene alternative Breitbandzugänge

5.1 Breitbandkabel

Das Breitbandkabelnetz, das seit den 80er Jahren in einer hohen Flächendeckung zur Versorgung von privaten Haushalten mit Rundfunkprogrammen aufgebaut wurde, besitzt das größte Potenzial unter den leitungsgebundenen alternativen Breitbandzugängen. Allerdings bleibt dieses Potenzial gegenwärtig weitgehend ungenutzt. Wie ein internationaler Vergleich zeigt, spielt das deutsche Breitbandkabel eine relativ geringe Rolle für hochbitratige Internetzugänge. Die Gründe für diesen Rückstand sind historisch bedingt vielfältiger Natur und bereits in verschiedenen Studien eingehend dokumentiert worden.[110] Der hierdurch verursachte späte Start der notwendigen Netzaufrüstung sowie deren bisweilen zögerliche Durchführung durch die Netzbetreiber haben dazu geführt, dass von den Breitbandkabelnetzen bislang kaum wettbewerbliche Impulse auf den Markt für Breitbandanschlüsse ausgingen.

Von der Netztopografie her sind Breitbandkabelnetze regionale Inselnetze, die jeweils am sog. Headend beginnen und sich bis zu den angeschlossenen Haushalten in einer Baumstruktur vielfach verzweigen. Dabei unterscheidet man die Netzebenen 1 bis 4, wobei NE-1 und Teile von NE-2 die Zuführung der Signale zum Headend übernehmen, NE-3 die sog. letzten Meile sowie NE-4 die Netzteile innerhalb der Gebäude darstellen (vgl. Abbildung 5-1).

Abbildung 5-1: Schematischer Aufbau der Breitbandkabelnetze



Quelle: KDG

110 Vgl. Büllingen u. a. 2002.

Auch wenn der Aufbau der Breitbandkabelnetze durch die damalige Deutsche Bundespost nicht ausschließlich nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrieben wurde, so spielten Economies of Density trotzdem eine große Rolle und es lässt sich heute klar eine Konzentration auf städtische Gebiete erkennen. Strukturschwache ländliche Gebiete, die auf Grund der Entfernungen vom Hauptverteiler bzw. mangels kritischer Nachfrage in einem Ortsnetz nicht mit DSL erschlossen sind, verfügen meist auch nicht über ein Breitbandkabelnetz, das für einen alternativen Breitbandzugang aufgerüstet werden könnte.

5.1.1 Technische Leistungsfähigkeit und Entwicklungspotenziale

Breitbandkabelnetze wurden auf Basis von Kupferkoaxialkabel errichtet und im Zuge ihrer Aufrüstung während der letzten Jahre, auf zentralen Strecken mit gebündeltem Verkehr durch Glasfaserleitungen ergänzt (sog. Hybrid-Fibre-Coax-(HFC)-Netze). Das Kupferkoaxialkabel, das aus einem Kupferleiter in der Mitte der Ader sowie einem umgebenden Kupferrohr zur Schirmung besteht, bietet ein deutlich weniger störanfälliges Übertragungsmedium als die Kupferdoppelader des Telefonnetzes. Das bei der DSL-Übertragung mitunter auftretende Problem des sog. „Übersprechens“, also der gegenseitigen Signalstörungen innerhalb eines Leitungsbündels, tritt im Breitbandkabelnetz nicht auf. Die Abschirmung der Koaxialkabel erlaubt den Einsatz von Frequenzen von fünf bis 1.000 MHz.[111] Im Vergleich hierzu arbeiten ADSL-Technologien nur mit dem Frequenzbereich von 138 bis 1.104 kHz und künftige VDSL-Technologien mit 138 kHz bis 12 MHz.[112] Da Breitbandkabelnetze Verstärkerketten zur Signalverstärkung enthalten, können Daten über Koaxialkabel bis zu 20 km weit übertragen werden. Innerhalb von HFC-Netzen erhöht sich die maximale Übertragungsdistanz sogar auf rund 70 km.

Breitbandkabelnetze bieten somit im Vergleich zu Telefonnetzen ein besonders leistungsfähiges Übertragungsmedium, was Störeinflüsse, Frequenzumfang und Übertragungsdistanz betrifft. Es kann davon ausgegangen werden, dass Weiterentwicklungen der Modulationstechniken mittelfristig sowohl in die Standards für DSL als auch für Kabelinternet einfließen, so dass Breitbandkabelnetze auf Grund ihrer physikalischen Überlegenheit auch langfristig einen Vorsprung bei den Bruttoübertragungsraten besitzen.

Kabelinternet wird derzeit mit Datenraten von bis zu 20 Mbit/s im Download und 2,5 Mbit/s im Upload angeboten,[113] während DSL bisher mit maximalen Datenraten von 16 Mbit/ (ADSL2+) angeboten wird.[114] Für die mittelfristige Zukunft, d. h. in den nächsten 2 bis 5 Jahren, werden Downloadraten in Breitbandnetzen von 100 - 200 Mbit/ (nach

---

111 Vgl. Gneuss (2005), S. 34.
112 Schmoll (2001), S. 103 u. 111.
113 Angebot von Kabel Baden-Württemberg, Stand 5.9.2005, Vgl. www.kabelbw.de.
114 Entsprechende ADSL2+ Angebote sind regional begrenzt z. B. bei Arcor, Hansenet, AOL, QSC verfügbar.

Docsis 3.0-Standard) angekündigt.[115] Auch für Telefonnetze werden mit Hilfe neuer Übertragunsstandards wie VDSL oder VDSL2+ Downloadraten von 50 - 100 Mbit/ angestrebt. Allerdings sind diese DSL-Spitzenwerte im Vergleich zu den Breitbandnetzen jeweils nur über kurze Leitungslängen erzielbar.

Bei der Beurteilung von maximalen Bruttodownloadraten von Breitbandnetzen muss gleichwohl immer beachtet werden, dass die Topologie der Breitbandnetze im Anschlussbereich aus sog. Clustern besteht, in denen sich die angeschlossenen Internetnutzer die vorhandene Übertragungskapazität teilen müssen. Es bleibt somit stark von der jeweiligen Nutzerdichte und der Verkehrscharakteristik der genutzten Dienste abhängig, welche Nettodatenraten den einzelnen Nutzern letztlich garantiert werden können.

Führt eine steigende Nutzerdichte innerhalb eines Netzclusters dazu, dass die Nettodatenraten je Nutzer unter einen bestimmten kritischen Wert fallen, steht dem Breitbandnetzbetreiber allerdings die Möglichkeit offen, die Cluster in kleinere Einheiten aufzuteilen und durch eine Mehrfachnutzung der verfügbaren Frequenzen auf gleicher Fläche die Übertragungskapazitäten zu vervielfachen. Die Aufrüstungsinvestition kann somit nachfragegetrieben stattfinden, was sich positiv auf ihre Wirtschaftlichkeitsbeurteilung auswirkt.

5.1.2 Verfügbarkeit

Die prinzipiell hervorragende Eignung von Breitbandkabelnetzen für hochbitratigen IP-Verkehr stößt gegenwärtig in der Praxis auf eine veraltete technische Ausrüstung bei einem Großteil der in Deutschland betriebenen Netze. Zur Zeit ihrer Verlegung in den 1980er Jahren wurden die meisten Breitbandkabelnetze nach dem Konzept BK450 als unidirektionale Rundfunkverteilnetze zur ausschließlichen Übertragung von Fernseh- und Hörfunksignalen konzipiert.[116] Um die Störungen innerhalb der Netze gering zu halten, wurden Verstärker eingebaut, die Signale nur in Abwärtsrichtung zum Nutzer fließen lassen. Zudem wurden die Kopfstationen und Verstärker nur für Frequenzen von zunächst bis 300 MHz und später bis 450 MHz ausgelegt, was aus damaliger Sicht ausreichend Übertragungskapazitäten für die Verbreitung analoger Rundfunkprogramme geboten hat.

Bevor über die CATV-Netze Triple-Play-Dienste (breitbandiges Internet, Telefonie und eine Vielzahl digitaler Rundfunkpakete) angeboten werden können, müssen die Netze rückkanalfähig aufgerüstet und der übertragene Frequenzbereich erweitert werden. In vielen Netzen ist es weiterhin notwendig, die vorhandenen Kanalbelegungen zu verändern, soweit in den Frequenzen unterhalb von 65 MHz Fernsehprogramme übertragen

---

115 Vgl. www.cablemodem.ch.
116 Vgl. Schmoll (2003), S.31 ff.

werden, da dieser Bereich je nach Aufrüstungskonzept für den Rückkanal benötigt wird.[117]

Für die Aufrüstung der Kabelnetze gibt es derzeit im Wesentlichen vier unterschiedliche Konzepte:

a) BK-2000

Das Konzept BK-2000 sieht eine technisch optimale Aufrüstung der Kabelnetze zu bidirektionalen HFC-Netzen vor. Hierbei werden die bisherigen Übertragungswege in der NE-2 durch Glasfaserringe ersetzt sowie zusätzlich in der NE-3 eine Neuclusterung durchgeführt. Statt durchschnittlich 5.000 werden nur noch maximal 800 Wohneinheiten vom Koaxialkabelnetz innerhalb eines Clusters in Baumstruktur versorgt, statt 20 Verstärker in Reihe werden nur kurze Kaskaden von bis zu fünf Verstärkern vorgesehen.[118] Erforderlich für die Aufrüstung nach BK-2000 ist eine kostenintensive Verlegung von Glasfaserleitungen zu einigen der auf NE-3 vorhandenen Verstärkerpunkten. Weiterhin müssen alle alten Verstärker im Koaxialkabelnetz gegen neue rückkanalfähige Verstärker ausgetauscht werden. Außer den vergrabenen Koaxialleitern und der Stromversorgung der Verstärker werden bei dieser Netzaufrüstung praktisch die gesamten Netzkomponenten auf NE-2 und -3 ausgetauscht. Trotz dieses weitgehenden Austauschs der Technik entfallen 90% der Aufrüstungskosten auf die Verlegung von neuen Glasfaserleitungen.[119]

Kabelnetze, die nach BK-2000 aufgerüstet werden, umfassen einen weiten Frequenzumfang bis 862 MHz und auf Grund der kleinen Cluster in NE-3 eine hohe Kapazität für den Internetverkehr. Über die zusätzliche Bandbreite von 45 zusätzlichen 8 MHz-Kanälen in Abwärtsrichtung können in Abhängigkeit von Kompressionsgrad, genutztem Spektrum etc. mehrere Hundert digitale Fernsehprogramme sowie Internetdienste angeboten werden. Über den neu eingerichteten Rückkanal unterhalb von 68 MHz stehen 15 3,2 MHz-Kanäle zur Verfügung.[120]

b) BK450+

Im Gegensatz zur kostenintensiven Aufrüstung nach dem BK-2000-Konzept stellt das Aufrüstungskonzept BK450+ eher eine Art Minimallösung dar, um bidirektionale Internetdienste im Kabelnetz anbieten zu können. Bei diesem Konzept werden lediglich alle Verstärker mit Rückkanalmodulen ausgestattet ohne die Netzkonfiguration zu ändern. Der Frequenzumfang wird hierbei auf 502 MHz erweitert, so dass vier weitere 8 MHz-

---

117 Von der Veränderung der Kanalbelegung sind innerhalb eines Netzabschnitts alle angeschlossenen Haushalte betroffen, unabhängig davon ob sie Internetdienste in Anspruch nehmen. Hierbei entstehen beträchtliche externe Kosten bei den Kabelfernsehnutzern, die ihre Empfangsgeräte neue programmieren müssen.

118 Vgl. Büllingen u.a. (2002), S. 24 ff. sowie ANGA – ZVEI (1996)

119 Vgl. Schmoll (2003), S. 34.

120 Bei Verwendung von 64-QAM-Technik hat jeder 8 MHz-Kanal in Abwärtsrichtung eine Kapazität von 35,455 Mbit/s. Im Rückkanal kommt wegen der Geräuschbelastung in diesem Bereich nur die 16-QAM-Technik zum Einsatz, so dass pro 3,2 MHz-Kanal eine Kapazität von 6,656 Mbit/s zur Verfügung steht. Vgl. Schmoll (2003), S. 34.

Abwärtskanäle mit jeweils 35 Mbit/s Kapazität möglich werden. Für den Rückkanal steht der Frequenzbereich von 15-29 MHz zur Verfügung, in dem 16 Kanäle mit je 0,8-MHz-Breite und jeweils 1,6 Mbit/s Kapazität eingerichtet werden.[121]

c) BK2k2

Eine etwas weitergehende Aufrüstung stellt das Konzept BK2k2 dar. Auch hier wird die Konfiguration des BK450 grundsätzlich beibehalten. Es werden aber alle Verstärker in moderner BK-2000-Technik mit Rückkanal und größerer Bandbreite ausgetauscht. Zudem werden auf NE-2 gezielt einige Linien in Glasfaser ausgeführt. Im Ergebnis können 19 neue 8 MHz-Abwärtskanäle durch eine Frequenzausweitung bis 630 MHz gewonnen werden. Der Rückkanal wird wie im Konzept BK-2000 auf 68 MHz erweitert.

Vorteil des BK2k2-Konzeptes gegenüber BK-2000 sind die auf rund 80-90% geschätzten geringeren Investitionskosten, da die großflächige Verlegung von Glasfaserkabeln in der NE-3 zunächst entfällt. Bei einer später steigenden Nutzer- und Verkehrsdichte kann das Ebene-3-Netz gezielt in jenen Nachbarschaften neu geclustert und in HFC-Struktur überführt werden, in denen Engpässe auftreten. Diese nachfragegetriebene Investitionsstrategie ist wirtschaftlich wesentlich risikoärmer als die maximale Netzaufrüstung von Anfang an.[122]

d) BK-2000Plus

Ein viertes Konzept, das bei der Anfangsinvestition noch etwas weiter geht als das BK2k2-Konzept stellt das BK-2000Plus-Konzept dar. Dieses Konzept ist eine Weiterentwicklung von BK-2000 mit moderner Verstärkertechnik. Neuentwickelte Verstärker ermöglichen es, den genutzten Frequenzbereich bis 862 MHz zu erweitern, ohne eine Neuclusterung in der NE-3 vorzunehmen zu müssen un im Koaxialnetz auch weiterhin bis zu 25 Verstärker in Reihe betreiben zu können. Außer neuen Glasfaserringen auf NE-2 kann auf kostenintensive Glasfaserverlegungen in NE-3 verzichtet werden. Bei dieser Aufrüstungsvariante stehen wie bei BK-2000 45 zusätzliche 8 MHz-Abwärtskanäle zur Verfügung.[123] Im Unterschied zu der technisch aufwändigsten Variante steht dem einzelnen Nutzer in einem Cluster weniger Kapazität zur Verfügung, die jedoch wie auch beim Konzept BK2k2 gezielt und nachfragegetrieben erweitert werden kann.

Einige Kabelnetzbetreiber wie z. B. die ehemalige Kabel NRW, starteten um die Jahrtausendwende ambitionierte Investitionsprogramme mit Aufrüstungen nach dem BK-2000-Konzept. Mit Investitionen von rund 1 Mrd. Euro wurden die Kabelnetze für 1,2 Mio. Haushalte aufgerüstet und ein neues Play-Out-Center aufgebaut. Die pro anschließbarem Haushalt mit über 800 Euro zu Buche schlagenden Kosten waren jedoch weit jenseits der Rentabilität, zumal die geschaffenen hohen zusätzlichen Übertragungskapazitäten nicht vermarktet werden konnten bzw. nachgefragt wurden.

---

121 Vgl. Schmoll (2003), S. 34.
122 Vgl. Schmoll (2003), S. 34 f.
123 Vgl. Scherle (2005), S. 21 f.

Als Konsequenz aus diesen Erfahrungen, die bei einigen Breitbandkabelbetreibern bis zur bzw. nahe an die Insolvenz führten, fand eine allgemeine Strategieänderung statt, die zur Entwicklung der oben dargestellten Aufrüstungskonzepte (b-d) führte und zum Teil auch konkret umgesetzt wurde.

Neben den Breitbandkabelnetzen auf der NE-3 müssen auch die hausinternen Netze auf Netzebene 4 für den IP-Verkehr tauglich gemacht werden. Hierzu müssen die Verstärker ebenfalls modernisiert und die ursprünglich überwiegend in Baumstruktur aufgebauten Ebene-4-Netze - d. h., ein Kabel versorgt mehrere hintereinander liegende Haushalte - in eine Sternstruktur überführt werden, bei der jeder Haushalt durch ein eigenes Kabel mit dem Hausübergabepunkt verbunden ist.

Die derzeitige Verfügbarkeit von Kabelinternet ist relativ punktuell und selbst wenn Kabelinternet in einer Stadt bzw. einem Ortsteil grundsätzlich angeboten wird, so ist die Verfügbarkeit aus Sicht der Haushalte nur im Falle von bestimmten Konstellationen gegeben:

- Im ersten Fall liegt der Haushalt im Bereich eines auf NE-3 aufgerüsteten Breitbandnetzes, der jeweilige Netzbetreiber (KDG, Unity Media oder Kabel-BW) bietet in diesem Ortsbereich breitbandige Internetdienste an und der Haushalt ist direkter Kunde des NE-3-Betreibers. Letzteres ist aus mietrechtlichen Gründen oft nicht möglich, da eine Grundstückseigentümererklärung für die Inanspruchnahme von Gebäuden zum Zwecke des Angebots von Kabel-TV-Leistungen notwendig ist.[124]
- Im zweiten Fall befindet sich der Haushalt im Bereich eines auf NE-3 aufgerüsteten Breitbandnetzes, das Hausnetz (NE-4) ist ebenfalls aufgerüstet und der jeweilige NE-4-Betreiber hat mit dem NE-3-Betreiber Vereinbarungen über die Vermarktung von Internetdiensten getroffen.
- Im dritten Fall wird der Haushalt von einem NE-4-Betreiber versorgt, der seinen Signalbezug unabhängig von der NE-3 organisiert und eigene Internetdienste anbietet.

Die dritte Konstellation hatte in der Vergangenheit die größte Relevanz, da zunächst mittelständische NE-4-Betreiber in den Markt für Kabelinternet einstiegen, während die NE-3-Betreiber zunächst nur zögerlich aufrüsteten bzw. in den wenigen aufgerüsteten Regionen sich mit den NE-4-Betreibern nicht über Vermarktungsmodelle einigen konnten. Das mittelständische NE-4-Unternehmen Bosch Breitbandnetze hatte beispielsweise Ende 2003 mit 22.000 deutlich mehr Internetkunden als die NE-3-Betreiber Kabel Deutschland, iesy und ish, die zusammen rund 18.500 Internetkunden aufgewiesen haben.

In jüngster Zeit bauen die NE-3-Netzbetreiber die Verfügbarkeit von Kabelinternet verstärkt aus. Entsprechend den Aussagen der von uns befragten Experten kann davon

---

124 Vgl. Schalast/Jäger/Abrar (2005) S. 748.

ausgegangen werden, dass derzeit (Oktober 2005) insgesamt rund 7 Mio. der etwa 20 Mio. deutschen Kabelhaushalte auf der NE-3 für Breitbandinternet aufgerüstet sind. Die Zahl der tatsächlich vermarkteten Anschlüsse dürfte sich auf rund 320.000 belaufen.

Tabelle 5-1: Schwerpunktmäßige Aufrüstungsgebiete/Verfügbarkeit

Kabelnetzbetreiber	**Schwerpunktmäßige Aufrüstungsgebiete**
Kabel Deutschland	Teile von Berlin, Leipzig, Bayreuth, Teile von München, Kiel, Saarbrücken, Hamburg, Gera, Dresden, Bamberg geplant bis Ende 2005: weitere sechs Städte sowie flächendeckend Rheinland-Pfalz und das Saarland geplant bis Ende 2006: insgesamt 30 Städte, u.a. flächendeckend Rheinland-Pfalz und das Saarland sowie das Bundesland Schleswig-Holstein, Bremen, Braunschweig, Lüneburg, Greifswald und weitere Teile Leipzigs und Meißen.
Unity Media (iesy, ish)	ish: linksrheinisches Köln, Bonn, Großraum Düsseldorf, Bochum und Dortmund iesy: Stadtteile von Frankfurt und Marburg, Oberursel, Anfang 2006: Gießen, rechtsrheinisches Köln
Kabel Baden-Württemberg	Ludwigsburg, Mannheim, Karlsruhe, Ulm, Reutlingen, Tübingen, Böblingen, Brühl, Heidelberg, Bruchsal, Balingen und Weinheim
NE-4-Netzbetreiber	Große Wohnanlagen mit eigener Signalzuführung
City-Carrier	Großstädte, z. B. Dessau, Gelsenkirchen, Magdeburg, Köln, Norderstedt

Quelle: WIK-Consult Recherche

5.1.3 Wirtschaftliche Einsatzfelder und Geschäftsmodelle

Die bidirektionale Aufrüstung von Breitbandkabelnetzen und das Angebot von breitbandigem Internet erfolgt auf Grund der Heterogenität der Akteure auf dem Kabelmarkt und der Erfahrungen in der Vergangenheit auf Basis unterschiedlicher Geschäftsmodelle.

- Die ersten Aufrüstungen der NE-3 erfolgten durch den damaligen Eigentümer Deutsche Telekom mit einem Pilotprojekt in Berlin, um die Leistungsfähigkeit der Breitbandnetze zu demonstrieren und um den Preis der zum Verkauf stehenden Netze zu steigern. Es wurde eine kostenintensive Aufrüstung nach BK-2000 durchgeführt. Mangels Kooperation mit der NE-4 konnten den Haushalten jedoch kaum Internetdienste angeboten und auch nur geringe Erlöse generiert werden.

- Mit neuen Eigentümern nehmen die NE-3-Betreiber Kabel BW in Baden Württemberg, die mittlerweile zu Unity Media fusionierten Ish und Iesy in NRW und Hessen sowie Kabel Deutschland in allen restlichen Bundesländern die Aufrüstungen wieder auf. Unity Media und KDG rüsten ihre Netze nach dem BK2k2-Konzept auf 630 MHz auf, während Kabel BW das BK-2000Plus-Konzept mit

vollen 862 MHz verfolgt. Die nach den neuen Konzepten notwendigen Anfangsinvestitionen, um Triple Play in Form von weiteren digitalen TV-Paketen, Internet- und Telefoniediensten anbieten zu können, liegen rund 90% unter den Kosten der BK-2000-Aufrüstungen. Kostensenkend wirkt sich zudem die mittlerweile praxiserprobte Voice-over-IP-Technologie aus, die für das Telefonangebot eingesetzt wird. KDG beziffert die notwendigen Investitionskosten auf für die bidirektionale Aufrüstung der NE-3 mit Erweiterung des Frequenzbereichs auf 630 MHz auf 20-30 Euro pro Hausübergabepunkt. Die durchschnittlichen Kosten für die notwendige Aufrüstung der Hausnetze auf NE-4 wird mit 150-200 Euro angegeben.[125]

- Das Angebot von Kabelinternet durch NE-4-Betreiber erfolgt vielmals auf Grund von Initiativen der Wohnungswirtschaft, die durch Breitband den Wert der Immobilien steigern möchte. In gezielt ausgewählten Objekten – meist größere Wohnungsanlagen – stellen Unternehmen wie ewt/Bosch, TeleColumbus sowie über 20 weitere kleinere NE-4-Betreiber bereits seit mehreren Jahren Kabelinternet zu wirtschaftlichen Bedingungen bereit.

Zu den aktivsten Kabelnetzbetreibern, was die Vermarktung von Triple Play angeht, zählt Kabel BW, dessen Endkundenangebote hier beispielhaft dargestellt werden sollen.

Kabel-BW betreibt beim Internetdienst eine weitgehende Angebotsdifferenzierung, um unterschiedliche Kundengruppen anzusprechen. Es werden Bandbreiten von 64/64 kbit/s (Down-/Upload) für eine monatliche Flatrate von 9,90 Euro bis hin zu 20.480/2.560 kbit/s für 189,90 Euro angeboten.[126] Daneben werden speziell für gewerbliche Nutzer Internetzugänge mit fester IP-Adresse und doppelten Uploadraten von 256/128 kbit/s für 39,90 Euro bis zu 10.480/5.120 kbit/s für 498,90 Euro angeboten. Alle Internetangebote sind gebündelt mit einem VoIP-Telefonanschluss, für den keine weiteren Grundentgelte fällig werden. Das kleinste Internetpaket für 9,90 Euro ist somit auf für Kunden interessant, die gar kein Internet nutzen möchten, sondern den Kabel-Telefonanschluss anstatt dem um rund 60% teureren Analoganschluss der Deutschen Telekom.

Telefonate innerhalb des Kabel-BW-Netzes sind kostenlos und die Preise für Gespräche zu allen anderen Anschlüssen liegen unterhalb der Standardtarife der Deutschen Telekom. Auch eine Telefon-Flatrate für monatlich 18,90 Euro wird angeboten. Ein wichtiger Wettbewerbsfaktor dürfte zudem die Portierung der Festnetzrufnummer spielen, die kostenlos angeboten wird. Dieses Angebot entwickelt sich recht erfolgreich für den Kabelnetzbetreiber. Rund 90% der gegenwärtig 44.000 Internetkunden von Kabel-BW nutzen auch die Telefoniedienste.

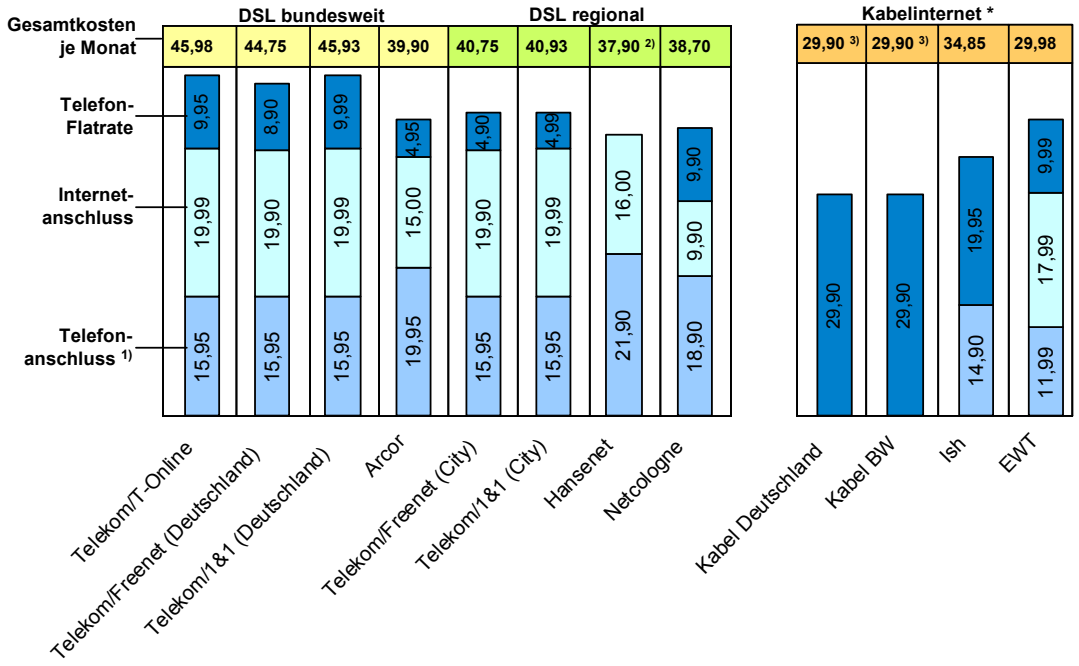
---

125 KDG (2005), S. 24.
126 Vgl. www.kabelbw.de

Rund 27% der anschließbaren Haushalte von Kabel-BW wurden zur Jahresmitte 2005 auf NE-3 mit einem modernisierten bidirektionalen Kabelnetz versorgt. 3,8% dieser Haushalte bezogen im ersten Halbjahr 2005 Internetdienste mit einer Internet-ARPU in Höhe von 20,92 Euro. Sprachtelefonie bezogen 3,4% mit einer Telefonie-ARPU in Höhe von 11,33 Euro.[127] Die Internet- und Telefoniekunden dieses Kabelnetzbetreibers steigen parallel zum Netzausbau deutlich an. Im Vergleich zur Jahresmitte 2004 wuchsen die Zahl der Kabelinternetkunden um 250% und die der Telefoniekunden sogar um rund 350%.

Mit dem Angebot von Telefonanschlüssen ohne Aufpreis zum Breitbandinternet gibt Kabel-BW einen Trend vor, dem auch KDG folgen wird und der sukzessive zur Verstärkung des Preiswettbewerbs zwischen den Breitbandplattformen führt. Im Vergleich zu den ebenfalls mit Telefonanschluss gebündelten DSL-Angeboten sind die Angebote der Kabelnetzbetreiber deutlich günstiger (vgl. Abbildung 5-2). Hier gilt es allerdings zu beachten, dass beim Breitbandkabel zusätzlich auch der Basisdienst Kabelfernsehen bezogen werden muss, für den weitere Entgelte anfallen.

Abbildung 5-2: Monatliche Gesamtkosten für Telefon- und Breitbandanschluss



1) günstigster Anschluss
2) Telefonanschluss im Preis enthalten
3) Komplettpreis
* Kabelanschluss Voraussetzung

wik

Quellen: Unternehmensangaben, WIK-Consult, Stand 20.01.2006

127 Vgl. Kabel-BW Holdings GmbH, Report for the Six Month Ended June 30, 2005, S. 11f.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass breitbandiges Kabelinternet überall dort, wo es verfügbar ist und aktiv vermarktet wird, auch auf eine hohe Nachfrage stößt, insbesondere wenn im Bündel mit dem Telefonanschluss Preisvorteile bestehen. Kabelinternet kann durch die z. T. angebotenen höheren Down- und Uploadraten zudem die bestehende Angebotslücke oberhalb der leistungsfähigsten DSL-Angebote mit 6.016/576 kbit/s und den wesentlich teureren Festverbindungen an Internet-Backbones füllen und gewinnt hierdurch auch für Geschäftskunden zunehmend an Attraktivität.

5.1.4 Hemmnisse und Marktperspektiven

Als Hauptgründe für die im internationalen Vergleich geringe Nutzung der Breitbandkabelnetze für Breitbandinternetdienste in Deutschland gelten zwei Faktoren. Zum einen die bis 2003 bestandene Eigentümerschaft wesentlicher Breitbandkabelnetze durch die Deutsche Telekom und zum zweiten die strukturelle Aufteilung des Netzbetriebs.

Der erste hemmende Faktor besteht heute nicht mehr. Im Gegenteil besitzen die neuen Eigentümer der ehemaligen Telekomnetze ein großes Interesse, mit Triple-Play-Diensten neue Geschäftsfelder auf dem TK-Markt zu erschließen. Kabel BW beabsichtigt, bis 2010 alle Netze aufzurüsten. Unity Media plant, 2006 die Anschlüsse von einer weiteren Million Haushalte umzurüsten. KDG hat mit der jüngsten Aufrüstung von ganz Rheinland-Pfalz und des Saarlandes sowie zahlreicher Städte sein Tempo wesentlich gesteigert. Letztlich werden die Aufrüstungsregionen und ihre Reihenfolge nach Wirtschaftlichkeits- und Vermarktungsgesichtspunkten ausgewählt. Ob es mittelfristig zu einer Aufrüstung aller Kabelnetze in Deutschland kommt, ist gegenwärtig auch für Branchenexperten schwer abzuschätzen.

Die geringeren Anfangsinvestitionen der neuen Aufrüstungskonzepte und ihrer Möglichkeiten des nachfrageinduzierten Kapazitätsausbaus entsprechen den Erfordernissen der neuen Eigentümer, die alle aus dem Kreis der Finanzinvestoren stammen und Wert auf für Infrastrukturinvestitionen relativ kurze Amortisationszeiten legen. Die Ausbaustrategien sind auch vor dem Hintergrund künftiger Börsengänge dieser Unternehmen zu sehen.

Der zweite hemmende Faktor besteht zwar auch heute noch überwiegend fort, allerdings sind in Hinblick auf das in der Vergangenheit angespannte Verhältnis zwischen NE-3- und NE-4-Betreibern positive Bewegungen erkennbar. Zum einen haben die NE-3-Betreiber aus ihren Fehlern in der Vergangenheit gelernt und pflegen bei der Netzaufrüstung und der Vermarktung neuer Dienste eine deutlich kooperativere Beziehung mit den NE-4-Betreibern. Zum anderen gilt die Zustimmung des Bundeskartellamtes zur Übernahme des NE-4-Betreibers TeleColumbus durch den NE-3-Betreiber Unity Media als positives Signal für eine allmähliche vertikale Integration der Breitbandkabelnetzbetreiber.

5.2 Powerline Communications

Powerline Communications (PLC) ist eine weitere alternative Technologie für breitbandigen Internetzugang, die die vorhandenen 230V-Niederspannungs-Elektrizitätsnetze als Trägermedium für den Transport von Datenströmen nutzt. Das Prinzip von PLC basiert darauf, auf das Stromnetz neben der Elektrizität, die mit 50 Hz übertragen wird, auch einen hochfrequenten Datenkanal aufzumodulieren und damit Strecken von mehreren 100m zu überbrücken. Auf diese Weise kann das Stromnetz zur Übertragung von Daten zwischen der Trafostation und den Haushalten sowie innerhalb der Haushalte genutzt werden.

Während Powerline neben WLAN mittlerweile zu den häufigsten Technologien für die Indoorvernetzung von Kommunikationsgeräten zählt, spielen Powerline-Internetanschlüsse hingegen nur eine marginale Rolle. Weniger als 10.000 Haushalte nutzen derzeit in Deutschland breitbandige Internetzugänge mittels PLC. Die Verfügbarkeit von Powerline umfasst rund 155.000 Haushalte.[128] Angeboten wird dieser Dienst in den Städten Mannheim (Vype), Dresden (Dresdner PowerKom), Ellwangen (ODR TSG), Hameln (piper:net) und Hassfurt (schnell-im-netz).[129]

Die geringe Verbreitung von Powerline zum breitbandigen Internetzugang steht im Gegensatz zu den hohen Erwartungen, die noch Ende der 1990er Jahre in diese Technologie gesetzt wurden. PLC zählte neben WLL zu den wettbewerblichen Hoffnungsträgern, die das Netzmonopol im Anschlussbereich aufbrechen sollten. Hersteller wie Siemens, Nortel und Ascom investierten in die Entwicklung entsprechender Systeme und bedeutende Elektrizitätsanbieter wie RWE, e.on, EnBW, MVV oder Bewag führten Pilotversuche mit mehreren hundert Teilnehmern durch.[130] Zum Teil wurden auch eigene Tochterunternehmen wie die Oneline AG durch e.on oder die RWE Powerline GmbH für die Erschließung dieses neuen Geschäftsfeldes gegründet.

Sowohl technische als auch wirtschaftliche Probleme mit PLC führten dann jedoch dazu, dass die meisten Akteure von weiteren Investitionen in diese Technologie abgesehen haben.

Eine zentrale technische Schwachstelle von Powerline besteht in der Abstrahlungsproblematik. Die Niederspannungsnetze sind keine geschirmten Leiter und verhalten sich unter ungünstigen Umständen wie Sende- und Empfangsantennen.[131] Elektromagnetische Energie, die zur Datenübertragung über die Stromleitungen eingesetzt wird, wird abgestrahlt und kann Funkanwendungen von gleicher Frequenz überlagern. Umgekehrt

---

128 Vgl. RegTP (2005), S. 31.
129 Vgl. www.vype.de, www.powerkom-dd.de, www.tkg.odr.de, www.piper-net.de und www.schnell-im-netz.de.
130 Vgl. „Powerline auf dem Prüfstand“ in: Funkschau 10/1999, S. 28-33 sowie „Powerline wird konkret“ in Funkschau 17/1999, S. 74-75.
131 Vgl. „Powerline im Einklang mit den Gesetzen“, in: Funkschau 26/2001, S. 50 ff.

können PLC-Systeme durch einstrahlende Funkanwendungen bzw. durch den Betrieb von elektrischen Verbrauchern gestört werden.

Um Funkanwendungen vor Abstrahlungen aus Leitern zu schützen, sieht der Frequenzbereichszuweisungsplan in der Nutzungsbestimmung 30 (NB30) eine maximal zulässige Störfeldstärke für Telekommunikationsanlagen und –netze vor. Das hat zur Konsequenz, dass PLC-Systeme nur mit sehr geringer Leistung arbeiten können und gleichzeitig unempfindlich gegen einstrahlende Signale sein müssen.

Ein Großteil der Hersteller und Energieversorger sahen nach ersten Praxistests noch hohen Entwicklungs- und Forschungsbedarf für PLC, um diese technischen Probleme zu überwinden und Systeme mit hohen Bandbreiten anbieten zu können. Sie scheuten aber die hiermit verbundenen Investitionsrisiken. Parallel hierzu führten die großen Energieversorger einen Strategiewechsel durch und verabschiedeten sich sukzessive von den Telekommunikationsmärkten.

Die heute verfügbaren PLC-Systeme, wie sie beispielsweise die Mannheimer PPC AG anbietet, sind in der Lage, die gesetzlichen Vorgaben zur Abstrahlung einzuhalten. Ihre technische Leistungsfähigkeit liegt bei einer Nettodatenrate von bis zu 8 Mbit/s. Diese Kapazität wird von allen Nutzern in einem Niederspannungsnetz geteilt. Bei 100%iger Penetration müssten sich diese Kapazität theoretisch alle 150 durchschnittlich an einem Niederspannungsstrang angeschlossenen Haushalte teilen.[132]

Während die Kosten für Powerline-Modems in ähnlichen Größenordnungen liegen wie für DSL-DSLAMs und -Modems, hängt die Wettbewerbsfähigkeit von Powerline stark davon ab, welche Investitionen notwendig werden, um die Trafostationen als Endpunkt der PLC-Übertragung an Telekommunikationsnetze anzuschließen. Je mehr Glasfaserringe hier bereits vorhanden sind, desto wirtschaftlicher können PLC-Systeme aufgebaut werden.[133]

Ein zunehmendes Interesse unter den Energieversorgern und Telekommunikationsunternehmen an Powerline ist gegenwärtig aber nicht zu beobachten. Somit ist auch kein wesentlicher Beitrag von Powerline zur Schließung der bestehenden „weißen Flecken“ in der Breitbandversorgung bzw. zur Erhöhung des Wettbewerbs zu erwarten.

---

132 Vgl. Stamm (2000), S. 5.
133 Vgl. Präsentation von MVV-MAnet „Erfahrungsbericht Powerline“, Oktober 2005

6 Fazit

Obwohl die heutige Versorgung mit DSL-Anschlüssen auf Basis des PSTN in Deutschland mit rund 90% aller Festnetzanschlüsse bereits einen hohen Grad erreicht hat, wird in der politischen Diskussion ein solcher Wert in Hinblick auf die flächendeckende Verfügbarkeit aus wirtschaftlichen, aber auch aus sozialpolitischen Gründen als steigerungswürdig erachtet. Gemäß dieser Überzeugung soll tendenziell jeder Haushalt und jedes Unternehmen – in Städten ebenso wie in abgelegenen ländlichen Regionen - über die Möglichkeit verfügen, zu vertretbaren Kosten einen breitbandigen Internetanschluss in Anspruch nehmen zu können.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage zunächst nach den perspektivischen Entwicklungen bei PSTN. Die Deutsche Telekom AG hat zugesagt, durch den Ausbau von Out-door-DSLAMS sowie durch weitere Investitionen in Gebieten mit Glasfaser-Infrastruktur (HYTAS/OPAL-Gebiete) im Rahmen eines Überbaus mit Kupferkabel die DSL-Verfügbarkeit bundesweit auf durchschnittlich 92% zu steigern. Da die DTAG sich nach eigenem Bekunden bei diesem Vorgehen strikt von Wirtschaftlichkeitskriterien leiten lässt, kann davon ausgegangen werden, dass die meisten der übrigen 8% Haushalte tendenziell auch längerfristig nicht mit DSL versorgt werden. Hieraus ergeben sich in Bezug auf die Flächenabdeckung Lücken, die der von der Bundesregierung veröffentlichte Breitbandatlas als „weiße Flecken“ ausweist.

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen dieser Studie untersucht, inwieweit alternative Zugangsmöglichkeiten durch andere Technologien, insbesondere Funktechnologien wie z. B. WLAN, WiMAX, UMTS/TDD, UMTS/HSDPA sowie Satellit geeignet und in der Lage sind, in Hinblick auf die angestrebte Flächenabdeckung relevante Beiträge zur Versorgung mit Breitbandinternet zu leisten. Außerdem wurden die Breitbandkabelnetze sowie Powerline in die Untersuchung mit einbezogen, um eine allgemeine Einschätzung zur Entwicklung des Infrastrukturwettbewerbs treffen zu können.

1. Allgemeine technologische Aspekte

Bei allen Systemen besteht eine große Diskrepanz zwischen theoretischen maximalen Datenraten der Standards und den unter realen physikalischen Übertragungsbedingungen sowie der unter Berücksichtigung von ökonomischen Randbedingungen tatsächlich erreichbaren Datenraten. Eine wichtige Größe für den Systemvergleich ist die spektrale Effizienz, sie wird hier in kbit/s/Hz/Zelle gemessen. Die angegebenen Datenraten stellen die von einer Funkzelle eines Systems zur Verfügung gestellten Summendatenraten (nach Kanaldecodierung) dar, die auf die addressierbaren Nutzer aufgeteilt werden muss.

2. WLAN

Die noch sehr junge Technologie WLAN hat in nur wenigen Jahren in Deutschland nicht zuletzt auf Grund der frei verfügbaren Frequenzen sowie stark sinkender Preise für

Netzkomponenten eine rasante Verbreitung gefunden und kann heute an über 6.000 öffentlich zugänglichen Stellen gegen oder teilweise auch ohne Entgelt genutzt werden. PWLAN wird von den kommerziellen Anbietern unter der Voraussetzung angeboten, an möglichst hoch frequentierten Orten eine möglichst große Zahl von Nutzern zu attrahieren. PWLAN ist daher primär eine Technologie, die bislang in den urbanen Ballungsräumen mit hohem Publikumsverkehr für einen Breitbandinternetzugang verwendet wird.

Nichtzuletzt auf Grund der technischen Eigenschaften kann PWLAN nur unter zwei Voraussetzungen einen Beitrag zur verbesserten Abdeckung der Fläche leisten. Die erste Möglichkeit besteht im Aufbau von sog. „meshed networks“, wobei eine Vielzahl kleinerer WLAN-Zellen durch eine weitere Technologie als „Backhaul“ (z. B. Festnetz, WiMAX) angebunden werden müssen. Ein erstes kommerzielles Beispiel für diese Technologie hybrider Funknetze besteht derzeit in Selm (Kreis Unna), das nach Bekunden von Anbieter und Nutzern zur allgemeinen Zufriedenheit funktioniert.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, dass Kommunen über WLAN Breitbandinternet in öffentlich zugänglichen Räumen anbieten. In diesem Fall sind die Anwender auf eine nomadische Nutzungsform angewiesen, d. h., dass sie diesen Dienst nicht zu Hause, sondern nur am entsprechenden Hotspot (Cafe, Bibliothek, Rathaus) in Anspruch nehmen können. Auch für dieses Anwendungsszenario nicht-kommerzieller Angebote gibt es inzwischen in einigen deutschen Kommunen Vorbilder wie z. B. in Hamburg.

3. WiMAX

Anders als WLAN ist WiMAX in Bezug auf seine Funktionalitäten im Ansatz für eine flächendeckende Versorgung konzipiert. Wegen des Übertragungsverfahrens OFDM und der relativ hohen Sendeleistung ist bei dieser Funktechnologie von einem hohen Potenzial zur Flächenabdeckung auszugehen. Gesicherte Aussagen über die tatsächlich erreichbaren Leistungsmerkmale liegen noch nicht vor, da bisher von verschiedenen Anbietern noch Erfahrungen in Pilotprojekten sowohl in urbanen als auch in ländlichen Regionen gesammelt werden. Außerdem befindet sich die Entwicklung dieser Standardfamilie noch im Fluss.

Obwohl die bisherigen Erfahrungen verdeutlichen, dass sowohl bei der Überbrückung großer Distanzen als auch bei den übertragenen Datenraten große Abstriche von den theoretisch möglichen Maximalwerten gemacht werden müssen, dürfte WiMAX im Vergleich mit den übrigen in dieser Studie untersuchten Technologien in der Fläche das größte Potenzial zur Abdeckung der „weißen Flecken“ besitzen. Inwieweit hierbei sich Anbieter zur Versorgung auch sehr dünn besiedelter Regionen finden werden, wird von vielen Faktoren wie Topographie, Preis, Akzeptanz und insbesondere den erforderlichen kritischen Massen für einen wirtschaftlichen Betrieb abhängen. Neben der direkten Anbindung von Kunden könnte WiMAX, wie bereits oben erwähnt, eine wichtige Bedeutung als Backhaul für hybride Funknetze (meshed networks) erlangen.

Die BNetzA hat bei der Zuteilung der Frequenzen darauf verzichtet, Vorgaben zur Flächenabdeckung zu machen. Daher wird die konkrete Praxis (nach der Vergabe der Lizenzen 2006) in den nächsten Jahren zeigen, inwieweit die Erwartungen bei WiMAX als Hoffnungsträger zur Versorgung der ländlichen Regionen gerechtfertigt sind. Abhängig vom konkreten Netzausbau und den Geschäftsmodellen müssen sich die Nutzer in ländlichen Regionen darauf einstellen, geringere Bandbreitenverfügbarkeiten zu höheren Preisen zu akzeptieren. Die Obergrenze für solche preislichen Modellüberlegungen wird durch die derzeit im Markt verfügbaren Angebote eines Satellitenzugangs vorgegeben.

Die Geschwindigkeit der Verbreitung von Breinbandinternet im Markt hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Zurzeit findet eine Reihe von Pilotversuchen statt, die sowohl mit Angeboten in städtischen als auch in ländlichen Räumen Erfahrungen sammeln. Ein direkter Wettbewerb von WiMAX Angeboten zu DSL wird von Experten auf Grund des strukturellen Kosten- und Leistungsabstands weitgehend ausgeschlossen. Das Wettbewerbspotenzial von WiMAX gegenüber DSL bzw. Breitbandkabelinternet muss daher als sehr gering bewertet werden.

Entsprechende Angebote werden sich daher auf der einen Seite auf solche Regionen in Städten oder suburbanen Bereichen konzentrieren, in denen DSL bzw. Kabelinternet bislang nicht verfügbar ist und die zugleich eine hohe Nutzerdichte aufweisen. Auf der anderen Seite kommen bei WiMAX im hohen Maße „First Mover Advantages“ zum Tragen. Diese Tatsache könnte für viele, gerade auch lokale Anbieter in ländlichen Bereichen, ein wichtiger Anreiz sein, möglichst frühzeitig auch dünner besiedelte Regionen zu erschließen und sukzessive ein stabiles Geschäftsmodell zu entwickeln.

In Hinblick auf die Steigerung der Verfügbarkeit in nicht mit DSL versorgten Regionen zeigen aktuelle Beispiele, dass eine Kooperation zwischen Netzbetreibern und kommunalen Organen von großer Bedeutung für das Erreichen kritischer Massen sowie für einen reibungslosen Aufbau der Infrastruktur wichtig sein können. Die Bundesregierung kann diesen Prozess möglicherweise z. B. durch das Schaffen einer breiten Öffentlichkeit für die Kommunikation über Best-Practice-Beispiele unterstützen, um auf diese Weise eine bundesweite Resonanz hervorzurufen und um einen Erfahrungsaustausch zu vereinfachen.

4. Portable DSL/UMTS-TDD

In Hinblick auf die spektrale Effizienz liegt UMTS-TDD nicht über der von UMTS-FDD. Bei asymmetrischem Datenaufkommen von Up- und Downlink bietet das TDD-Verfahren jedoch Vorteile. Die Reichweiten und Datenraten sind etwas geringer als bei WiMAX, dennoch muss aus technologischer Sicht von einer gewissen Wettbewerbssituation ausgegangen werden. Welcher Standdard sich durchsetzen wird, hängt jedoch von vielen Unwägbarkeiten und insbesondere vom Investitionsverhalten der großen Mobilfunkanbieter ab. Möglicherweise können auch beide Systeme nebeneinander e-

xistieren. Die erforderlichen Netzkomponenten sind ausgereift und werden vom Hersteller IPWireless vertrieben. UMTS-TDD kommt in anderen Ländern wie z. B. Tschechien zum Einsatz.

UMTS-TDD wird in Deutschland derzeit nur von dem Netzbetreiber Airdata kommerziell angeboten. Das Geschäftsmodell zielt auf ein Angebot von Breitbandinternet in den Ballungsräumen. Da die entsprechend genutzten Frequenzen jedoch bereits für eine anderweitige Verwendung (UMTS-Erweiterungsspektrum) vorgesehen sind, stehen diese nur bis zu Jahresende 2007 zur Verfügung. Es ist zu erwarten, dass Airdata dann 3,5 GHz-Frequenzen für UMTS-TDD oder ebenfalls WiMAX-Technologie einsetzen wird.

5. UMTS/HSDPA/HSUPA

UMTS/HSPA weist wegen des verwendeten Modulationsverfahrens eine höhere Störempfindlichkeit als UMTS-FDD auf. Von Netzbetreibern wird die spektrale Effizienz im Vergleich zu UMTS-FDD um etwa einen Faktor zwei größer eingeschätzt und ist damit für eine breitbandige Datenversorgung prinzipiell geeignet. UMTS/HSDPA wird von den Mobilfunknetzbtreibern stark vorangetrieben und steht ab 2006 in den Gebieten mit UMTS-Netzabdeckung zur Verfügung.

Die vier Netzbetreiber konzentrieren sich beim Ausbau der UMTS-Netze auf die Ballungsräume, um den mit der Frequenzvergabe vorgegebenen Versorgungsgrad von 50% bis zum Jahresende 2005 zu erreichen. Aktuell beträgt die Netzabdeckung entsprechend den Ergebnissen unserer Expertenbefragung zwischen 60 bis 70% im Outdoorbereich sowie rund 50% im Indoorbereich. Bezogen auf die Fläche bedeuten diese Werte eine Abdeckung von etwa 15 bis 25%, was impliziert, dass der überwiegende Teil der ländlichen Räume derzeit unversorgt ist.

Der weitere UMTS-Netzausbau wird von wirtschaftlichen Überlegungen der Netzbetreiber bestimmt, was dazu führen wird, dass auch längerfristig dünner besiedelte Regionen nicht für UMTS-Dienste erschlossen werden. Während in den Ballungsräumen Datendienste über UMTS heute schon Wirklichkeit sind, wird der Beitrag zur Abdeckung der „weißen Flecken“ durch UMTS somit gering ausfallen.

6. Satellitensysteme

Satellitensysteme bieten sich mit ihren großen Ausleuchtzonen und der begrenzten Anzahl von Transpondern in erster Linie für punktuelle Lösungen und nicht für eine flächendeckende Versorgung an. Da die große Ausleuchtzone aus physikalischen Gründen mit einer begrenzten Anzahl von Transpondern versorgt wird, kann die Satellitentechnik bisherige Lösungen nur ergänzen, aber nicht ersetzen.

Bei der Satellitentechnik und darüber angebotenen Internetzugangsdiensten handelt es sich um eine bewährte Zugangsalternative, die seit einigen Jahren aktiv vermarktet

wird. Zum einen wird hierbei die aufwändige Zwei-Wege-Datenkommunikation, d. h. Uplink und Downlink erfolgen per Satellit, z. B. von Eutelsat angeboten. Aufgrund der hohen Investitionskosten und der nicht unbeträchtlichen monatlichen Nutzungsentgelte ist ein solches Angebot jedoch nur für gewerbliche Nutzer in der Fläche attraktiv, die sonst über keine Internetzugangsalternativen verfügen.

Zum zweiten wird Satelliteninternet über ein hybrides System vermarktet, bei dem der Uplink per Analogmodem oder ISDN und der Downlink per Satellit realisiert wird. Der Zielmarkt für dieses Angebot liegt in den dünn besiedelten ländlichen Räumen und kann jederzeit zu moderaten Kosten realisiert werden. Daher stellt Satelliteninternet in nicht mit DSL versorgten Regionen eine Zugangsmöglichkeit sowohl für SOHO als auch für Privatkunden dar, obwohl der schmalbandige Uplink für manche Anwendungen einen Engpass bildet.

7. DVB-T

In Hinblick auf die technischen Eigenschaften bietet DVB-T die höchste spektrale Effizienz und nutzt Frequenzbänder mit vorteilhaften Ausbreitungseigenschaften. Wegen der geringen Senderdichte und der begrenzten Kapazität ist diese Technologie für eine großflächige breitbandige Datenanbindung jedoch nicht geeignet. DVB-T müsste zudem als hybrides System konzipiert werden, da der Uplink z. B. über die GSM- oder die UMTS-Netze realisiert werden müßte.

Neben den ungünstigen technischen Voraussetzungen stellt ein weiteres wesentliches Hemmnis zur Realisierung von Internetzugangsdiensten über DVB-T die mangelnde Verfügbarkeit von Frequenzen dar. Auf Grund des Vorrangs für Rundfunkdienste erwarten die von uns befragten Experten kaum eine Freigabe der Landesmedienanstalten für entsprechende alternative Anwendungen.

Angesichts der verfügbaren und relativ günstigen Empfangsmodule für portable Endgeräte lässt sich bei DVB-T allenfalls an einen Nischenmarkt denken für relativ begrenzte und mobile Zielgruppen. In Hinblick auf die Entwicklung von langfristig stabilen Geschäftsmodellen sind diese Voraussetzungen jedoch als ungünstig zu bewerten. Der potenzielle Beitrag von DVB-T zur Realisierung von Breitbandinterzugängen in der Fläche muss daher als sehr gering bewertet werden.

8. Breitbandkabel

Nach der von der deutschen Kabelbranche allgemein als Rückschlag gewerteten Untersagung des Verkaufs der Kabelnetze an Liberty Media zu Jahresbeginn 2002 und der nachfolgenden Stagnationsphase lässt sich in den letzten zwei Jahren sowohl bei den großen Kabelnetzbetreibern der NE-3, aber auch bei vielen NE-4-Betreibern sowie Wohnungsbaugesellschaften ein Strategiewechsel feststellen. Mit vorsichtigen, meist cash-flow orientierten Umrüstungsstragien werden die Breitbandkabelnetze sukzessive für die Verbreitung bzw. Nutzung von Triple-Play-Diensten bereit gemacht. Zudem set-

zen Kabelnetzbetreiber wie Kabel BW oder Unity Media auf eine aktive Vermarktung ihrer Dienste und fokussieren ihre Strategie verstärkt auf einen Preiswettbewerb. Von den rund 20 Mio. Kabelhaushaushalten sind nach Angaben der Kabelnetzbetreiber bzw. der Branchenverbände mittlerweile knapp 7 Mio. Breitbandinternet-fähig. Von diesen 7 Mio. Kabelhaushalten konnten bis Ende 2005 etwa 320.000 als Triple Play-Kunden gewonnen werden.

Durch diese Erfolge ermutigt haben Firmen wie KDG eine weitere Aufrüstung ihrer Netze angekündigt. KDG beabsichtigt, bis 2009 90% der erreichbaren Haushalte mit Triple Play-Offerten versorgen zu wollen. Sollten diese Ankündigen realisiert werden, werden sich die Breitbandkabelnetze somit sukzessive zu einer wettbewerblichen Plattform auch für Telekommunikationsdienste entwickeln. Es bleibt jedoch abzuwarten, inwieweit die Betreiber der PSTN perspektivisch den Herausforderungen der Kabelnetzbetreiber durch eigene Triple Play-Angebote über DSL begegnen werden.

Da die Kabelnetze fast gänzlich in den urbanen Regionen disloziert sind und sich bei der Erschließung der ländlichen Gebiete mit Kabelnetzen die Kostensituation ähnlich darstellt wie bei DSL, muss davon ausgegangen werden, dass der Beitrag der Breitbandkabelnetze zur Versorgung der „weißen Flecken“ vernachlässigbar ist. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass die Kabelnetze den größten Beitrag zur Intensivierung des Infrastrukturwettbewerbs leisten werden.

9. Powerline Communications

Die technischen Komponenten für Kommunikation über Stromnetze im Niedervoltbereich sind seit einigen Jahren verfügbar und halten die technischen Vorgaben der Nutzungsbestimmung 30, in der u. a. Höchstgrenzen für die Störfeldstärken festlegt sind, ein. Die Verfügbarkeit von PLC umfaßt derzeit etwa 155.000 Haushalte in Deutschland, wovon weniger als 10.000 Anschlüsse vermarktet worden sind. Diese Zahl ist bereits seit einigen Jahren weitgehend konstant und es verfestigt sich der Eindruck, dass Powerline auch künftig nicht über den Status einer Nischentechnologie hinauskommen wird. Diese Feststellung gilt vor dem Hintergrund, dass bei den Energieversorgungsunternehmen derzeit keine Bestrebungen erkennbar sind, die Vermarktung zu intensivieren. Insofern ist davon auszugehen, dass Powerline Communications weder in den Ballungsräumen noch in der Fläche einen Beitrag zur Intensivierung des Infrastrukturwettbewerbs bzw. zur Beseitigung der „weißen Flecken“ liefern wird.

Abbildung 6-1: Leistungsmerkmale und Beitrag alternativer Anschlusstechnologien zur Flächenabdeckung im Überblick

	WLAN	WiMAX	UMTS TDD	UMTS HSPA	DVB-T	Satellit	CATV	PLC
Bitrate Download	◕	◑	◑	◑	◑	●	●	◕
Bitrate Upload	◕	◑	◑	◔	○	○	●	◑
Frequenzverfügbarkeit	◕	◑	2,6 GHz ○	◕	○	●	●	●
Systemverfügbarkeit	●	◕	●	●	●	●	●	◕
erwartbarer Beitrag zum Infrastrukturwettbewerb	○	◑	○	◑	○	◔	◕	○
Geschäftsmodell ländlicher Raum	◔	◑	450 MHz ◑	2 GHz ○ 450 MHz ◕	○	◕	○	◔
potenzieller Beitrag zur Flächenabdeckung	○	◑	2,6 GHz ○ 450 MHz ◕	◑	○	●	◑	○
erwartbarer Beitrag zur Flächenabdeckung	○	◕	○	◔	○	◔	◔	○

○ keine/geringe Ausprägung ● volle/hohe Ausprägung

wik

Quelle: WIK Consult

10. Entwicklungen von WiMAX im Vergleichsmarkt Österreich

In Bezug auf den Einsatz von Funkdiensten zur Versorgung der Bevölkerung mit Breitbandanschlüssen zählt Österreich zu den im europäischen Raum am weitesten fortgeschrittenen Märkten. Dies hängt damit zusammen, dass das erforderliche Frequenzspektrum im Bereich von 3,5 GHz, das für WiMAX-Geschäftsmodelle am besten geeignet ist - im Gegensatz zu Deutschland - vollständig zur Verfügung stand.

Nach der Durchführung einer Auktion zur Vergabe des Spektrums Ende 2004 haben vier Netzbetreiber begonnen, entsprechende Netzinfrastrukturen aufzubauen. Das Unternehmen Wimax Telecom beispielsweise plant, bis zum Jahr 2008 70% der Bevölkerung seine Dienste anzubieten. Im Burgenland sowie der Steiermark, in denen keine DSL- bzw. Kabeldienste verfügbar sind, erhält Wimax Telecom Fördermittel der österreichischen Breitbandinitiative. Während Wimax Telecom seine Dienste bereits kommerziell vermarktet, haben die Aktivitäten der drei übrigen Lizenzinhaber derzeit eher noch Pilotcharakter. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass auch ein Jahr nach Frequenzvergabe noch keine kommerziellen Angebote im Markt festzustellen sind. Insofern muss

der in der Medienberichterstattung herausgestelltete Vorsprung Österreichs beim Aufbau einer breitbandigen Funkinfrastruktur relativiert werden.

11. Entwicklungen von WiMAX im Vergleichsmarkt Vereinigtes Königreich

Im Gegensatz zu vielen europäischen Ländern ist die Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen im Vereinigten Königreich überdurchschnittlich hoch. Die für FWA vorgesehenen Frequenzen im 3,5 GHz-Bereich wurden in UK 2003 unterteilt nach 15 Regionen versteigert. Die Frequenzzuteilungen sind frei von Versorgungsauflagen und stehen zunächst bis zum Jahr 2018 zur Verfügung. Nach der Versteigerung der Frequenzen erfolgte bald eine Konsolidierung: Die Firmen Red Spectrum sowie Public Hub wurden von UK Broadband übernommen, so dass heute nur noch ein Anbieter aktiv ist, der in diesem Frequenzspektrum landesweit über Lizenzen verfügt. Im Bereich von 3,6 bis 4,2 GHz besitzt das Unternehmen Pipex landesweit die Lizenzen. Derzeit führt Pipex nach mehreren Konsolidierungsschritten, die zu langen Verzögerungen führten, erste Pilotprojekte zum Aufbau von FWA-Netzen durch.

Der Aufbau der FWA-Netze wird von UK Broadband in ausgewählten Ballungsräumen vorangetrieben. Zum Jahresende 2004 waren etwa 300.000 Haushalte erreichbar. 2005 baute UK Broadband FWA-Netze im Großraum London auf. Die Zahl der addressierbaren Haushalte dürfte damit deutlich zugenommen haben. Nach Einschätzung von Experten wird eine Strategie zur Erschließung der Fläche erst dann entwickelt werden, wenn die Preise für Netzkomponenten deutlich gesunken sind. Es wird jedoch betont, dass von UK Broadband kaum ein Beitrag zur Schließung der „weißen Flecken“ in den ländlichen Regionen von UK erwartet wird. Diese Erwartung wird zum einen mit den fehlenden Versorgungsauflagen und zum anderen mit den fehlenden kritischen Massen in ländlichen Räumen begründet.

7 Ausblick und politische Handlungsoptionen

In der Zusammenfassung wird durch die Analyse deutlich, dass der Beitrag der einzelnen Technologien zur Intensivierung des Infrastrukturwettbewerbs und zur Versorgung mit Breitbandanschlüssen sehr unterschiedlich ausfällt und zum einen in hohem Maße von deren technischen Eigenschaften bestimmt wird. Die zum Teil widersprüchlichen oder unscharfen Aussagen verschiedener Betreiber zeigen, dass insbesondere die objektiven Leistungsbewertungen der neuen Anschlusstechnologien WiMAX, UMTS-TDD und UMTS/HSPA über die Pilotprojekte hinaus eine eingehendere technisch-wissenschaftliche Analyse unter Berücksichtigung von hohem Verkehrsaufkommen erfordern. Zum anderen wird deutlich, dass selbst bei guter technischer Eignung ein entscheidender Parameter für den Markterfolg in der Konzeptualisierung und der erfolgreichen Umsetzung wirtschaftlich tragfähiger Geschäftsmodelle liegt.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass schon mittelfristig die Anschlussdichte in Deutschland weiter zunehmen wird. Hierfür werden zum einen die langsamer, aber stetig steigende Nutzung des Internet (nach Usern) sowie die Nutzungsintensität von Online-Diensten ausschlaggebend sein. Grundsätzlich verbreitern alle Ansätze wie z. B. die D21-Initiative, die auf eine Förderung bzw. Nutzungsintensivierung des Internet zielen, sukzessive die Grundlage für entsprechende Investitionsentscheidungen von Unternehmen. Vor diesem Hintergrund sollten entsprechende Initiativen der Bundesregierung sowie der Industrie nicht nur weitergeführt, sondern möglicherweise sogar intensiviert werden.

Ein zweiter Aspekt der Erhöhung der Anschlussdichte ist im Verhalten des Incumbent sowie auch einiger regionaler Festnetzbetreiber zu sehen. Zunächst bleibt zu beobachten, in welchem Umfang und in welchem Zeitrahmen die DTAG die HYTAS/OPAL-Gebiete mit Kupferkabel überbauen bzw. bislang unversorgte Gebiete mit Outdoor-DSLAMs erschließen wird. Einzelne Regionalcarrier wie z. B. EWE TEL haben angekündigt, wenn auch mit sehr viel geringerem Aufwand als die DTAG, in den von ihr versorgten Gebieten ihre DSL-Anschlussdichte ebenfalls erhöhen zu wollen. Insgesamt lassen technologische Entwicklungen im Bereich von Festnetzkomponenten in den nächsten Jahren preiswertere und leistungsfähigere Lösungen erwarten, so dass die Aufrüstung der Festnetze mittelfristig einen erheblichen Beitrag zur Ausweitung der Flächenabdeckung leisten kann. Dies trifft, wenn auch in deutlich geringerem Umfang, auch für den Ausbau der Breitbandkabelnetze zu. Von ihnen geht der stärkste Druck zur Intensivierung des Infrastrukturwettbewerbs aus.

Ein dritter Aspekt besteht in der Anwendung der neuen Funktechnologien. Nach unserer Einschätzung besitzt WiMAX das größte Potenzial, einen relevanten Beitrag zur Schließung von Breitband-Versorgungslücken in der Fläche zu leisten, während UMTS/HSPA wohl eher auf die städtischen Regionen beschränkt bleibt und hier einen Beitrag zur Abdeckung der HYTAS/OPAL-Gebiete leisten kann. Der faktische Beitrag von WiMAX wird jedoch wesentlich von der schnellen Erschließung einer kritischen Masse in den einzelnen Versorgungsregionen und der erfolgreichen Umsetzung unterschiedlicher Geschäftsmodelle, attraktiven Produktbündeln und Preismodellen sowie

der Akzeptanz bei den Geschäfts- und Privatkunden abhängen. Insofern wird zu verfolgen sein, in welchem Umfang und in welchen Regionen mit Hilfe der von der BNetzA ab Beginn 2006 vergebenen Frequenzen für breitbandige drahtlose Verteildienste in den Frequenzbereichen 3,4 – 3,6 GHz und 3,6 – 3,8 GHz nachhaltig erfolgreiche Geschäftsmodelle realisiert werden können.

Bei der Verwirklichung entsprechender Angebote kommt den Kommunen eine wichtige Rolle in Hinblick auf das schnelle Erreichen der für einen wirtschaftlichen Betrieb erforderlichen kritischen Massen zu. Lokalen Behörden mangelt es oft an einschlägigen Informationen über die entsprechenden Technologien, die Rahmenbedingungen ihrer Implementierung, die elektromagnetischen Immissionswerte oder darüber, in welcher Weise sie potenzielle Anbieter vor Ort unterstützen können. Durch die Bereitstellung entsprechender Informationen durch das BMWi könnte dieses Markthemmnis, möglicherweise in Zusammenarbeit mit den Landesregierungen, früh abgemildert bzw. beseitigt werden.

Vor dem Hintergrund der Entwicklungen im Festnetzbereich sowie der erwartbaren Anwendung neuer Funktechnologien erscheint es daher sinnvoll, zum Jahresende 2006 bzw. im Frühjahr 2007 insgesamt einen Überblick über die dann aktuellen Marktentwicklungen und die zu diesem Zeitpunkt erzielten Penetrationsraten von Breitband-Internet zu erstellen. Hierbei könnte sich die genaue Analyse von WiMAX-Geschäftsmodellen mit Best-Practice-Eigenschaften in Bezug auf ihren Vorbildcharakter und ihre Übertragbarkeit auf andere Regionen für die weitere Diffusion als besonders wichtig erweisen.

Schon in der Vergangenheit wurde in manchen Ländern wie z. B. in Österreich die Forderung erhoben und auch realisiert, öffentliche Mittel für die Förderung breitbandiger Anschlusstechnologien einzusetzen.[134] Ein solcher Ansatz sollte jedoch in Deutschland angesichts der optimistisch stimmenden Entwicklungen nur als Ultima Ratio in Erwägung gezogen werden. Eine vorzeitige Verlautbarung einer Förderung von Breitbandanschlüssen mit öffentlichen Mitteln würde vermutlich nicht nur zu bedeutenden Mitnahmeeffekten, sondern – mit Blick auf die Technologieneutralität - im schlimmsten Fall sogar zur Unterlassung von Investitionen führen.

Vor diesem Hintergrund sollten zunächst diejenigen Mitgliedstaaten, in denen Förderinstrumente bereits eingesetzt worden sind, einer eingehenden Analyse in Hinblick auf die Ausschreibungs- und Vergabemodalitäten, die eingesetzten Technologien, die realisierten Dienste, den Beitrag zur Flächenabdeckung und nicht zuletzt die erwünschten und unerwünschten Marktstruktur- und Wettbewerbseffekte unterzogen werden.

---

134 Vgl. Europäische Kommission 2005.

Literaturverzeichnis

ANGA – ZVEI (1996): TV-Kabelnetze: Zukunftssicherheit durch Ausbau zu interaktiven Breitbandnetzen, Empfehlungen des Forums ANGA – ZVEI, Frankfurt a. Main

BMWA (2005): Digitaler Hörfunk und digitales Fernsehen in Deutschland, Sachstandbericht des BMWA in Zusammenarbeit mit Beteiligten von Bund, Ländern, Inhalteanbietern, Netzbetreibern im Rahmen der Initiative Digitaler Rundfunk der Bundesregierung, Berlin, September

BNetzA (2005): Bereitstellen von Frequenzen für Funkanwendungen im Rahmen des Fixed Wireless Access (FWA): Eckpunkte für die Zuteilung von Frequenzen im Bereich 3400 – 3600 MHz und Anhörung zum geplanten Zuteilungsverfahren, Bonn

BNetzA (2005a): Anhörung betreffend die Verfügbarkeit von Frequenzen für Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)/International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000); Mobilkommunikation der dritten Generation, Amtsblatt-Mitteilung 248/2005, Amtsblatt Nr. 19, Bonn, 5. Oktober 2005

Böing, Christian und Alfred Baier (2005): Drahtlose Breitbandversorgung für Privat- und Geschäftskunden durch Mobilfunknetze, in: Breitbandversorgung in Deutschland – wie schaffen wir den Anschluss?, Vorträge der ITG-Fachkonferenz vom 12. bis 13. Oktober 2005 in Berlin, ITG Fachbericht 189, Berlin

Büllingen, Franz, (i.E): Diffusion and adoption of broadband internet access in Germany, in: Fransman, M. (ed.): Broadband Internet Access in Europe

Büllingen, Franz, (2004): Die Entwicklung breitbandiger Internetnutzung privater Haushalte in Deutschland bis 2015, in: Eberspächer, J.; Quadt, H.-P. (Hg.), Breitband Marktperspektiven. Schneller Zugang zu innovativen Anwendungen, Berlin – Heidelberg, S. 64-74

Büllingen, Franz, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm (2004): Der Markt für Public Wireless LAN in Deutschland, Wissenschaftliches Institut für Kommunikationsdienste, Diskussionsbeitrag Nr. 252, Bad Honnef

Büllingen, Franz, Christin-Isabel Gries, Karl-Heinz Neumann, Joachim Scherer, Peter Stamm und Ulrich Stumpf (2002): Förderung der Marktperspektiven und der Wettbewerbsentwickung der Breitbandkommunikationsnetze in Deutschland, WIK-Studie im Auftrag des BMWi, Bad Honnef

Chen, Na, J. Chen und T. Rappaport (2004): Hotspot Traffic Statistics and Throughput Models for Several Applications, Proceedings of Global Telecommunications Conference, 2004. GLOBECOM '04 IEEE, Volume: 5 , 29 Nov.- 3 Dec., 2004, Dallas, S. 3257 – 3263

eEurope Advisory Group (Work Group Nr. 1)(2004), Digital Divide and Broadband Coverage, written recommendations, 29. Juni, Brussels

Europäische Kommission (2005): Staatliche Beihilfe N 263/2005 – Österreich. Breitband Kärnten, K(2005)3879 endg., Brüssel 20. Oktober

European Radiocommunications Committee (ERC) (2002): European Common Allocation Table, Frequency Management Working Group, Lisabon

Gneuss, Michael (2005): Die Breitband-Alternative, Funkschau 14/2005, S. 34-35

Holma, H und A. Toskala (2004): WCDMA for UMTS, 3. Auflage, Chichester

Initi@tive D21 (o. J.), Auf dem Weg zur digitalen Wirtschaft. Breitbandinternet in Deutschland, Berlin

Irmler, Christian (2005) PortableDSL, Vortrag auf dem Workshop des: Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, Bonn, 19.Oktober 2005

KDG (2005): Kabel Deutschland (KDG) Company Presentation, August 2005

Krüger, Andreas (2005): Der Teles Super HotSpot – Mobiles Breitbandinternet via DVB-T, Vortrag auf dem Workshop des: Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, Bonn, 19.Oktober 2005

Lippertz, René (2005): Erfahrungen mit pre-WIMAX, Vortrag auf dem Workshop des BMWA: Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, Bonn, 19.Oktober 2005

Müller, John Edgar (2005) Pilotprojekt der Breitbandinitiative Selm, Vortrag auf dem Workshop des: Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, Bonn, 19.Oktober 2005

Ofcom (2004): UK Spectrum Co-ordination Document. Public Fixed Wireless Access in 3.4 GHz, Version 1.1, Dezember

Ortgies, Martin (2005): WiMAX im Einsatz, in: Funkschau Nr. 20/2005

Ovum (2005): UK Broadband Status Report June 2005

Pipex Communications PLC (2005): Annual Report and Accounts 2004, April

Plan Online GmbH (2005): Bericht zum Breitbandatlas, Bonn??

Quicken, Michael (2005): Mobiler Breitbandzugang mit UMTS und HSDPA, Vortrag auf dem Workshop des: Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, Bonn, 19.Oktober 2005

RegTP (1998): Entscheidung der Präsidentenkammer vom 3. Juni 1998 über das Verfahren zur Vergabe von Frequenzen für die Funkanbindung von Teilnehmeranschlüssen als Punkt-zu-Mehrpunkt-Richtfunk, Vfg 55/1998, Amtsblatt 11/98, S. 1519-1526

RegTP (2000): Entscheidung der Präsidentenkammer vom 18.02.2000 über die Festlegungen und Regeln im Einzelnen zur Vergabe von Lizenzen für Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)/International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000) Mobilkommunikation der dritten Generation; Aktenzeichen BK-1b-98/005-1

RegTP (2001): Tätigkeitsbericht 2000/2001 der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Bonn, Dezember

RegTP (2004): Entscheidung der Präsidentenkammer vom 17.02.2004 über das Verfahren zur Vergabe von Frequenzen für weitbandigen Betriebs-/Bündelfunk in den gepaarten Frequenzbereichen 450,00 – 455,74 MHz und 460,00 – 465,74 MHz, Aktenzeichen BK 1a – 04/001

RegTP (2005): Jahresbericht 2004 der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post gemäß § 122 Telekommunikationsgesetz, Bonn, Februar

RegTP (2005a): Anhörung betreffend die Verfügbarkeit von Frequenzen für Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)/International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000) Mobilkommunikation der dritten Generation, Vfg 33/2005, Bonn

Schäfer, Josef (2005): WiMAX – Möglichkeiten und Grenzen, Vortrag auf dem Workshop des: Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, Bonn, 19.Oktober 2005

Schalast, Christoph, Bernd Jäger und Kamyar Abrar (2005): Großfusionen im Breitbandkabelnetz? Eine Bestandsaufnahme auf Grundlage der Praxis des Bundeskartellamtes, in: Wirtschaft und Wettbewerb, 7 u. 8/2005, S. 741-752

Scherle, Thomas (2005): Wege zur digitalen Vielfalt – Zwei Konzepte für die Aufrüstung vorhandener Kabelnetze, in: NET 5/05, S. 20-22

Schmoll, Siegfried (2001): Schnelle Übertragungsverfahren für die Teilnehmeranschlussleitung (xDSL), in: Wolfgang Frohberg (Hrsg.) Access-Technologien für den Zugang zu Telekommunikationsnetzen, Heidelberg, S. 77-114

Schmoll, Siegfried (2003): Aus alt mach neu - Zustand und Ausbaufähigkeit des Fernsehverteilnetzes BK450, in: NET 5/03, S. 31-35

Stamm, Peter (2000): Entwicklungsstand und Perspektiven von Powerline Communication, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 201, Bad Honnef, Februar

Stamm, Peter (2004): Hybridnetze im Mobilfunk – technische Konzepte, Pilotprojekte und regulatorische Fragestellungen, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 256, Bad Honnef, Oktober

Telekom-Control-Kommission (2004): Ausschreibungsunterlage im Verfahren betreffend Frequenzzuteilungen im Frequenzbereich 3,5 GHz, Wien, Juli

v. Eimeren, Birgit und Beate Frees (2005): Nach dem Boom: Größter Zuwachs in internetfernen Gruppen, in: Media Perspektiven, 36. Woche 2005, S. 362 – 379

Werbus, Volker (2005): WLAN Hotspots, Vortrag auf dem Workshop des: Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, Bonn, 19.Oktober 2005

Werner, Marc (2006): Maßnahmen zur Qualitäts- und Kapazitätssteigerungen in UMTS-Mobilfunknetzen, Aachen

Wilhofszki, O. und K. Spiller, K. (2005), Wenig Chancen für Funktechnik Wimax in Europa, in: Financial Times Deutschland vom 24.1.2005

WiMAX FORUM (2004): Regulatory Position and Goals of the WiMAX FORUM, Version August 09

Als "Diskussionsbeiträge" des Wissenschaftlichen Instituts für Infrastruktur und Kommunikationsdienste sind zuletzt erschienen:

Nr. 199: Cara Schwarz-Schilling, Ulrich Stumpf:

Netzbetreiberportabilität im Mobilfunkmarkt – Auswirkungen auf Wettbewerb und Verbraucherinteressen, Dezember 1999

Nr. 200: Monika Plum, Cara Schwarz-Schilling:

Marktabgrenzung im Telekommunikations- und Postsektor, Februar 2000

Nr. 201: Peter Stamm:

Entwicklungsstand und Perspektiven von Powerline Communication, Februar 2000

Nr. 202: Martin Distelkamp, Dieter Elixmann, Christian Lutz, Bernd Meyer, Ulrike Schimmel:

Beschäftigungswirkungen der Liberalisierung im Telekommunikationssektor in der Bundesrepublik Deutschland, März 2000

Nr. 203: Martin Distelkamp:

Wettbewerbspotenziale der deutschen Kabel-TV-Infrastruktur, Mai 2000

Nr. 204: Wolfgang Elsenbast, Hilke Smit:

Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen der Marktöffnung auf dem deutschen Postmarkt, Mai 2000

Nr. 205: Hilke Smit:

Die Anwendung der GATS-Prinzipien auf dem Postsektor und Auswirkungen auf die nationale Regulierung, Juni 2000

Nr. 206: Gabriele Kulenkampff:

Der Markt für Internet Telefonie - Rahmenbedingungen, Unternehmensstrategien und Marktentwicklung, Juni 2000

Nr. 207: Ulrike Schimmel:

Ergebnisse und Perspektiven der Telekommunikationsliberalisierung in Australien, August 2000

Nr. 208: Franz Büllingen, Martin Wörter:

Entwicklungsperspektiven, Unternehmensstrategien und Anwendungsfelder im Mobile Commerce, November 2000

Nr. 209: Wolfgang Kiesewetter:

Wettbewerb auf dem britischen Mobilfunkmarkt, November 2000

Nr. 210: Hasan Alkas:

Entwicklungen und regulierungspolitische Auswirkungen der Fix-Mobil Integration, Dezember 2000

Nr. 211: Annette Hillebrand:

Zwischen Rundfunk und Telekommunikation: Entwicklungsperspektiven und regulatorische Implikationen von Webcasting, Dezember 2000

Nr. 212: Hilke Smit:

Regulierung und Wettbewerbsentwicklung auf dem neuseeländischen Postmarkt, Dezember 2000

Nr. 213: Lorenz Nett:

Das Problem unvollständiger Information für eine effiziente Regulierung, Januar 2001

Nr. 214: Sonia Strube:

Der digitale Rundfunk - Stand der Einführung und regulatorische Problemfelder bei der Rundfunkübertragung, Januar 2001

Nr. 215: Astrid Höckels:

Alternative Formen des entbündelten Zugangs zur Teilnehmeranschlussleitung, Januar 2001

Nr. 216: Dieter Elixmann, Gabriele Kulenkampff, Ulrike Schimmel, Rolf Schwab:

Internationaler Vergleich der TK-Märkte in ausgewählten Ländern - ein Liberalisierungs-, Wettbewerbs- und Wachstumsindex, Februar 2001

Nr. 217: Ingo Vogelsang:

Die räumliche Preisdifferenzierung im Sprachtelefondienst - wettbewerbs- und regulierungspolitische Implikationen, Februar 2001

Nr. 218: Annette Hillebrand, Franz Büllingen:

Internet-Governance - Politiken und Folgen der institutionellen Neuordnung der Domainverwaltung durch ICANN, April 2001

Nr. 219: Hasan Alkas:

Preisbündelung auf Telekommunikationsmärkten aus regulierungsökonomischer Sicht, April 2001

Nr. 220: Dieter Elixmann, Martin Wörter:

Strategien der Internationalisierung im Telekommunikationsmarkt, Mai 2001

Nr. 221: Dieter Elixmann, Anette Metzler:

Marktstruktur und Wettbewerb auf dem Markt für Internet-Zugangsdienste, Juni 2001

Nr. 222: Franz Büllingen, Peter Stamm:

Mobiles Internet - Konvergenz von Mobilfunk und Multimedia, Juni 2001

Nr. 223: Lorenz Nett:

Marktorientierte Allokationsverfahren bei Nummern, Juli 2001

Nr. 224: Dieter Elixmann:

Der Markt für Übertragungskapazität in Nordamerika und Europa, Juli 2001

Nr. 225: Antonia Niederprüm:

Quersubventionierung und Wettbewerb im Postmarkt, Juli 2001

Nr. 226: Ingo Vogelsang
unter Mitarbeit von Ralph-Georg Wöhrl

Ermittlung der Zusammenschaltungsentgelte auf Basis der in Anspruch genommenen Netzkapazität, August 2001

Nr. 227: Dieter Elixmann, Ulrike Schimmel, Rolf Schwab:

Liberalisierung, Wettbewerb und Wachstum auf europäischen TK-Märkten, Oktober 2001

Nr. 228: Astrid Höckels:

Internationaler Vergleich der Wettbewerbsentwicklung im Local Loop, Dezember 2001

Nr. 229: Anette Metzler:

Preispolitik und Möglichkeiten der Umsatzgenerierung von Internet Service Providern, Dezember 2001

Nr. 230: Karl-Heinz Neumann:

Volkswirtschaftliche Bedeutung von Resale, Januar 2002

Nr. 231: Ingo Vogelsang:

Theorie und Praxis des Resale-Prinzips in der amerikanischen Telekommunikationsregulierung, Januar 2002

Nr. 232: Ulrich Stumpf:

Prospects for Improving Competition in Mobile Roaming, März 2002

Nr. 233: Wolfgang Kiesewetter:

Mobile Virtual Network Operators – Ökonomische Perspektiven und regulatorische Probleme, März 2002

Nr. 234: Hasan Alkas:

Die Neue Investitionstheorie der Realoptionen und ihre Auswirkungen auf die Regulierung im Telekommunikationssektor, März 2002

Nr. 235: Karl-Heinz Neumann:

Resale im deutschen Festnetz, Mai 2002

Nr. 236: Wolfgang Kiesewetter, Lorenz Nett und Ulrich Stumpf:

Regulierung und Wettbewerb auf europäischen Mobilfunkmärkten, Juni 2002

Nr. 237: Hilke Smit:

Auswirkungen des e-Commerce auf den Postmarkt, Juni 2002

Nr. 238: Hilke Smit:

Reform des UPU-Endvergütungssystems in sich wandelnden Postmärkten, Juni 2002

Nr. 239: Peter Stamm, Franz Büllingen:

Kabelfernsehen im Wettbewerb der Plattformen für Rundfunkübertragung - Eine Abschätzung der Substitutionspotenziale, November 2002

Nr. 240: Dieter Elixmann, Cornelia Stappen
unter Mitarbeit von Anette Metzler:

Regulierungs- und wettbewerbspolitische Aspekte von Billing- und Abrechnungsprozessen im Festnetz, Januar 2003

Nr. 241: Lorenz Nett, Ulrich Stumpf
unter Mitarbeit von Ulrich Ellinghaus, Joachim Scherer, Sonia Strube Martins, Ingo Vogelsang:

Eckpunkte zur Ausgestaltung eines möglichen Handels mit Frequenzen, Februar 2003

Nr. 242: Christin-Isabel Gries:

Die Entwicklung der Nachfrage nach breitbandigem Internet-Zugang, April 2003

Nr. 243: Wolfgang Briglauer:

Generisches Referenzmodell für die Analyse relevanter Kommunikationsmärkte – Wettbewerbsökonomische Grundfragen, Mai 2003

Nr. 244: Peter Stamm, Martin Wörter:

Mobile Portale – Merkmale, Marktstruktur und Unternehmensstrategien, Juli 2003

Nr. 245: Franz Büllingen, Annette Hillebrand:

Sicherstellung der Überwachbarkeit der Telekommunikation: Ein Vergleich der Regelungen in den G7-Staaten, Juli 2003

Nr. 246: Franz Büllingen, Annette Hillebrand:

Gesundheitliche und ökologische Aspekte mobiler Telekommunikation – Wissenschaftlicher Diskurs, Regulierung und öffentliche Debatte, Juli 2003

Nr. 247: Anette Metzler, Cornelia Stappen unter Mitarbeit von Dieter Elixmann:

Aktuelle Marktstruktur der Anbieter von TK-Diensten im Festnetz sowie Faktoren für den Erfolg von Geschäftsmodellen, September 2003

Nr. 248: Dieter Elixmann, Ulrike Schimmel with contributions of Anette Metzler:

"Next Generation Networks" and Challenges for Future Regulatory Policy, November 2003

Nr. 249: Martin O. Wengler, Ralf G. Schäfer:

Substitutionsbeziehungen zwischen Festnetz und Mobilfunk: Empirische Evidenz für Deutschland und ein Survey internationaler Studien, Dezember 2003

Nr. 250: Ralf G. Schäfer:

Das Verhalten der Nachfrager im deutschen Telekommunikationsmarkt unter wettbewerblichen Aspekten, Dezember 2003

Nr. 251: Dieter Elixmann, Anette Metzler, Ralf G. Schäfer:

Kapitalmarktinduzierte Veränderungen von Unternehmensstrategien und Marktstrukturen im TK-Markt, März 2004

Nr. 252: Franz Büllingen, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm:

Der Markt für Public Wireless LAN in Deutschland, Mai 2004

Nr. 253: Dieter Elixmann, Annette Hillebrand, Ralf G. Schäfer, Martin O. Wengler:

Zusammenwachsen von Telefonie und Internet – Marktentwicklungen und Herausforderungen der Implementierung von ENUM, Juni 2004

Nr. 254: Andreas Hense, Daniel Schäffner:

Regulatorische Aufgaben im Energiebereich – ein europäischer Vergleich, Juni 2004

Nr. 255: Andreas Hense:

Qualitätsregulierung und wettbewerbspolitische Implikationen auf Postmärkten, September 2004

Nr. 256: Peter Stamm:

Hybridnetze im Mobilfunk – technische Konzepte, Pilotprojekte und regulatorische Fragestellungen, Oktober 2004

Nr. 257: Christin-Isabel Gries:

Entwicklung der DSL-Märkte im internationalen Vergleich, Oktober 2004

Nr. 258: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Diana Rätz:

Alternative Streitbeilegung in der aktuellen EMVU-Debatte, November 2004

Nr. 259: Daniel Schäffner:

Regulierungsökonomische Aspekte des informatorischen Unbundling im Energiebereich, Dezember 2004

Nr. 260: Sonja Schölermann:

Das Produktangebot von Universaldienstleistern und deren Vergleichbarkeit, Dezember 2004

Nr. 261: Franz Büllingen, Aurélia Gillet, Christin-Isabel Gries, Annette Hillebrand, Peter Stamm:

Stand und Perspektiven der Vorratsdatenspeicherung im internationalen Vergleich, Februar 2005

Nr. 262: Oliver Franz, Marcus Stronzik:

Benchmarking-Ansätze zum Vergleich der Effizienz von Energieunternehmen, Februar 2005

Nr. 263: Andreas Hense:

Gasmarktregulierung in Europa: Ansätze, Erfahrungen und mögliche Implikationen für das deutsche Regulierungsmodell, März 2005

Nr. 264: Franz Büllingen, Diana Rätz:

VoIP – Marktentwicklungen und regulatorische Herausforderungen, Mai 2005

Nr. 265: Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:

Stand der Backbone-Infrastruktur in Deutschland – Eine Markt- und Wettbewerbsanalyse, Juli 2005

Nr. 266: Annette Hillebrand, Alexander Kohlstedt, Sonia Strube Martins:

Selbstregulierung bei Standardisierungsprozessen am Beispiel von Mobile Number Portability, Juli 2005

Nr. 267: Oliver Franz, Daniel Schäffner, Bastian Trage:

Grundformen der Entgeltregulierung: Vor- und Nachteile von Price-Cap, Revenue-Cap und hybriden Ansätzen, August 2005

Nr. 268: Andreas Hense, Marcus Stronzik:

Produktivitätsentwicklung der deutschen Strom- und Gasnetzbetreiber – Untersuchungsmethodik und empirische Ergebnisse, September 2005

Nr. 269: Ingo Vogelsang:

Resale und konsistente Entgeltregulierung, Oktober 2005

Nr. 270: Nicole Angenendt, Daniel Schäffner:

Regulierungsökonomische Aspekte des Unbundling bei Versorgungsunternehmen unter besonderer Berücksichtigung von Pacht- und Dienstleistungsmodellen, November 2005

Nr. 271: Sonja Schölermann:

Vertikale Integration bei Postnetzbetreibern – Geschäftsstrategien und Wettbewerbsrisiken, Dezember 2005

Nr. 272: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Peter Stamm:

Transaktionskosten der Nutzung des Internet durch Missbrauch (Spamming) und Regulierungsmöglichkeiten, Januar 2006

Nr. 273: Gernot Müller, Daniel Schäffner, Marcus Stronzik, Matthias Wissner:

Indikatoren zur Messung von Qualität und Zuverlässigkeit in Strom- und Gasversorgungsnetzen, April 2006

Nr. 274: J. Scott Marcus:

Interconnection in an NGN Environment, Mai 2006

Nr. 275: Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:

Incumbents und ihre Preisstrategien im Telefondienst – ein internationaler Vergleich, Juni 2006

Nr. 276: Alex Kalevi Dieke, Sonja Schölermann:

Wettbewerbspolitische Bedeutung des Postleitzahlensystems, Juni 2006

Nr. 277: Marcus Stronzik, Oliver Franz:

Berechnungen zum generellen X-Faktor für deutsche Strom- und Gasnetze: Produktivitäts- und Inputpreisdifferential, Juli 2006

Nr. 278: Alexander Kohlstedt:

Neuere Theoriebeiträge zur Netzökonomie: Zweiseitige Märkte und On-net/Off-net-Tariffdifferenzierung, August 2006

Nr. 279: Gernot Müller:

Zur Ökonomie von Trassenpreissystemen, August 2006

Nr. 280: Franz Büllingen, Peter Stamm:

Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, September 2006