



Studie im Auftrag des
Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

Breitbandstudie Sachsen 2030

Zukünftige Dienste, Adoptionsprozesse und Bandbreitenbedarf

Stand: 01/2013
Prof. Dr. Ulrike Stopka
Dipl.-Verk.-Wirt. René Pessier LL.M.
Dipl.-Wirt.-Ing. Sebastian Flößel

Prof. Dr. Ulrike Stopka

Frau Prof. Stopka studierte Wirtschaftsingenieurwesen (Dipl.-Ingenieurökonom) an der Hochschule für Verkehrswesen (HfV) „Friedrich List“ in Dresden, promovierte 1981 und habilitierte sich dort 1986 mit anschließender Berufung auf die Dozentur „Ökonomie des Nachrichtenwesens“. Nach einem zweijährigen Lehr- und Forschungsaufenthalt an der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Bayreuth folgte 1993 die Berufung an die TU Dresden auf die Professur für Kommunikationswirtschaft an der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“. Ihre Tätigkeitsschwerpunkte umfassen Telekommunikations-, Internet- und Netzwerkökonomie, Marktstrategien im Bereich der Festnetz- und Mobilfunkkommunikation, Geschäftsmodelle und Methoden der Wirtschaftlichkeitsbewertung in der IuK-Wirtschaft sowie Problemstellungen der Liberalisierung in Telekommunikationsmärkten einschließlich der zugehörigen Regulierungsökonomik. Frau Prof. Stopka ist seit 1996 stellvertretende Vorsitzende der Jury der Vodafone-Stiftung für Forschung in der Mobilkommunikation, Mitglied des Münchner Kreises, des Bundesverbandes Glasfaseranschluss e.V. (BUGLAS) sowie des Sächsischen Telekommunikationszentrums e.V.

Dipl.-Verk.-Wirt. René Pessier LL.M.

René Pessier ist langjähriger wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Kommunikationswirtschaft. Seine inhaltlichen Schwerpunkte sind Marktanalysen, Geschäftsmodelle und Marktstrukturen mit Fokus auf Breitband-, Mobilfunk- und Internetmärkte. Er studierte an der TU Dresden Verkehrswirtschaft (Dipl.-Verkehrswirtschaftler) und an der Dresden International University Law and Economics (Master of Laws). Neben seiner universitären Tätigkeit ist er geschäftsführender Gesellschafter einer Internetplattform. Zuvor war er als Projektleiter für Softwareprojekte und freiberuflicher Berater tätig.

Dipl.-Wirt.-Ing. Sebastian Flößel

Sebastian Flößel ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Kommunikationswirtschaft. Seine Spezialgebiete sind Wirtschaftlichkeitsrechnungen, Geschäftsmodellanalyse sowie Dienst- und Innovationsmanagement. An der TU Dresden studierte er Wirtschaftsingenieurwesen (Dipl.-Wirtschaftsingenieur) mit den Vertiefungen Telekommunikation und Kommunikationswirtschaft. In seiner vom Sächsischen Telekommunikationszentrum e.V. ausgezeichneten Diplomarbeit untersuchte er Near Field Communication mit Fokus auf Geschäftsmodelle und Markteintrittsstrategien. Berufliche Erfahrungen sammelte er im Bereich Business Development bei der Vodafone D2 GmbH und T-Systems Multimedia Solutions GmbH. Ende 2011 gründete ein E-Commerce Unternehmen und ist als dessen Geschäftsführer tätig.

Studie im Auftrag des
Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

Breitbandstudie Sachsen 2030

Zukünftige Dienste, Adoptionsprozesse und Bandbreitenbedarf

Stand: 01/2013
Prof. Dr. Ulrike Stopka
Dipl.-Verk.-Wirt. René Pessier LL.M.
Dipl.-Wirt.-Ing. Sebastian Flößel

INHALT**INHALTI**

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	VII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IX
1 EXECUTIVE SUMMARY	1
2 EINLEITENDE BETRACHTUNG	5
2.1 Wachstum der Internetnutzung	5
2.2 Steigerung der Bandbreiten.....	7
2.3 Positive volkswirtschaftliche Aspekte der Breitbandversorgung.....	9
2.3.1 Ergebnisse internationaler Studien	9
2.3.2 Ergebnisse nationaler Studien	17
2.3.3 Fazit.....	23
2.4 Herausforderungen	23
3 ZIELE DER STUDIE.....	24
3.1 Unterschied zu existierenden Studien.....	24
3.2 Ermittlung des zukünftigen Bedarfs an Breitband	24
3.3 Technologienbewertung für Breitbandnetze	24
3.4 Aufzeigen von Deckungslücken.....	25
3.5 Handlungsempfehlungen.....	25
4 VORGEHEN	26
5 TECHNOLOGIEÜBERBLICK	27
5.1 Architektur des Breitbandnetzes.....	27
5.2 Leitungsgebundene Anslusstechologien	30
5.2.1 Zugang über das vorhandene Telefonnetz – xDSL	30
5.2.2 Zugang über Koaxialkabelnetze – HFC	32
5.2.3 Zugang über optische Technologien – FTTx	34
5.3 Drahtlose Zugangstechnologien	36
5.3.1 Mobilfunknetze der 3. Generation – UMTS, HSPA+	36
5.3.2 Mobilfunknetze der 4. Generation – LTE, LTE Advanced.....	37
5.3.3 2-Wege-Satellitenverbindung.....	38
5.3.4 Besonderheiten von Mobilfunktechnologien	40

5.4	Neue xDSL-Verfahren zur Steigerung der Bandbreite	41
5.4.1	Bonding.....	42
5.4.2	Dynamic Spectrum Management (DSL Vectoring).....	43
5.4.3	Vectored Bonding (Phantom Mode)	45
5.4.4	G.fast (Omega-DSL)	46
5.5	Technologievergleich und Zukunftsfähigkeit.....	46
5.6	Fortbestand des Internets.....	49
6	EMPIRISCHER EXKURS ZUR INTERNETNUTZUNG IN SACHSEN	51
6.1	Umfragedesign und Repräsentativität	51
6.2	Status Quo genutzter Internetanschlüsse	52
6.3	Wunsch nach höherer Bandbreite und Nachfragetreiber	55
6.4	Hinderungsgründe und Zahlungsbereitschaft	60
7	BREITBANDDIENSTE UND ZUKÜNFTIGES DIENSTESPEKTRUM.....	63
7.1	Gruppierung von Breitbanddiensten.....	63
7.2	Empirische Untersuchung zur Nutzung von Breitbanddiensten.....	64
7.3	Prognose des zukünftigen Dienstespektrums	68
7.4	Abschätzung des Bandbreitenbedarfs für zukünftige Dienste.....	77
8	ANALYSE DER NUTZERGRUPPEN	81
8.1	Private Haushalte.....	81
8.2	Geschäftskunden.....	81
8.3	Verwaltung / E-Government.....	84
8.4	Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen	85
8.5	Demografische Entwicklungen	85
9	PROGNOSE DES BREITBANDBEDARFS	89
9.1	Entwicklung von Bandbreiten	89
9.2	Adoption und Akzeptanz von neuen Diensten	90
10	TECHNOLOGIE- UND BANDBREITENVERFÜGBARKEIT SACHSEN.....	99
10.1	Status Quo der Verfügbarkeit.....	99
10.1.1	Der Breitbandatlas als Grundlage	99
10.1.2	Methodik der Datenaufbereitung und -auswertung	102
10.1.3	Analyse der Breitbandversorgung ≥ 1 Mbit/s.....	105
10.1.4	Versorgungssituation in höheren Bandbreitenklassen	110
10.1.5	Anbieteranalyse.....	116
10.1.6	LTE Ausbau	119
10.1.7	Analyse nach Raumtypisierung	123

10.1.8	Analyse nach den Raumtypen des BBSR.....	132
10.1.9	Ausbauabsichten der.....	137
10.2	Defizite/Deckungslücke	137
11	ENTWICKLUNG DER PREIS-LEISTUNGSVERHÄLTNISSE.....	139
11.1	Historische Entwicklungen	139
11.2	Produkt- und Preisgestaltung.....	141
11.2.1	Differenzierung bezüglich Urbanität	143
11.2.2	Differenzierung bezüglich Technologien	144
11.2.3	Differenzierung bezüglich Diensten	146
11.3	Preismodelle	146
12	ERGEBNISSE DER STUDIE.....	149
13	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN.....	159
	LITERATURVERZEICHNIS.....	X

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Gegenseitige Abhängigkeiten der Entwicklungen am Breitbandmarkt	1
Abbildung 2: Internetnutzung in Sachsen und Deutschland.....	5
Abbildung 3: Internetnutzung nach Altersgruppen in Deutschland	6
Abbildung 4: Internetnutzung nach Einwohnerzahl in Deutschland.....	7
Abbildung 5: Entwicklung der Breitbandanschlüsse in Deutschland.....	8
Abbildung 6: Entwicklung der Breitband-Geschwindigkeitsklassen in Deutschland.....	8
Abbildung 7: Wirtschaftliche Effekte des Breitbandausbaus.....	9
Abbildung 8: Entwicklung externer Effekte bei Erhöhung der Breitbandpenetration	13
Abbildung 9: Auswirkungen der Breitbandpenetration auf die Produktivität	14
Abbildung 10: Der Wert von Flächendeckung beim Breitbandzugang	15
Abbildung 11: Der Wert von Flächendeckung für sieben europäische Länder	16
Abbildung 12: Konsumentenrente für neu anzuschließende Haushalte mit 2 Mbit/s.....	17
Abbildung 13: Schematischer Aufbau einer Input-Output-Tabelle.....	20
Abbildung 14: Zusätzliche Beschäftigungswirkung für Deutschland (in Tsd. Arbeitsplätzen)	21
Abbildung 15: Auswirkungen auf das BIP der deutschen Volkswirtschaft (in Mrd. Euro).....	22
Abbildung 16: Stark vereinfachte Architektur des Breitbandnetzes	28
Abbildung 17: Leitungsfähigkeit (Bitrate im Downstream) ausgewählter DSL-Technologien im Überblick.....	31
Abbildung 18: Darstellung von FTTx Technologien	36
Abbildung 19: Schematischer Aufbau einer 2-Wege-Satellitenverbindung.....	39
Abbildung 20: Entwicklung der kabelgebundenen und drahtlosen Breitbandtechnologien im Vergleich	41
Abbildung 21: Stationärer Internetanschluss vorhanden – einzelne Personen	52
Abbildung 22: Maximal verfügbare Bandbreite des aktuell verwendeten Internetanschlusses.....	53
Abbildung 23: Verteilung der Breitbandklassen in der Vergleichsstudie der UNITED INTERNET MEDIA.....	55
Abbildung 24: Wunsch nach höheren Bandbreiten in Sachsen differenziert nach Regionen	55
Abbildung 25: Nutzungshäufigkeit von ausgewählten Diensten in Sachsen (Angaben in %)	57
Abbildung 26: Nutzungshäufigkeit von ausgewählten Diensten in der Vergleichsstudie der UNITED INTERNET MEDIA von 2010 (Angaben in %)	57

Abbildung 27: Prozentualer Anteil der Nutzer, bei denen Probleme bezüglich der Bandbreite bei verschiedenen Anwendungen bestehen	58
Abbildung 28: Erwartungen an einen schnelleren Internetanschluss	59
Abbildung 29: Anschluss erscheint mindestens einmal in der Woche als zu langsam	60
Abbildung 30: Hinderungsgründe für die Anschaffung eines schnelleren Internetanschlusses	61
Abbildung 31: Wechselhemmnisse bei den Nutzern.....	62
Abbildung 32: Evolution von Breitbanddiensten.....	63
Abbildung 33: Nutzungsintensität von Breitbanddiensten aus Studienvergleich	66
Abbildung 34: Nutzungshäufigkeit von ausgewählten Diensten in Sachsen (Angaben in %)	67
Abbildung 35: Dynamisch erforderliche Bandbreitenbedarfe	71
Abbildung 36: Klassifizierung einer Auswahl aktueller Cloud-Dienste nach BELL.....	74
Abbildung 37: Prognose des zukünftigen Bandbreitenbedarfs exemplarischer Dienste	79
Abbildung 38: Unternehmen je 10.000 Einwohner in Sachsen	82
Abbildung 39: Einwohner (in Tsd.) je Bevölkerungsgruppe bis zum Jahr 2050.....	86
Abbildung 40: Ländliche Regionen und deren Altersdurchschnitt (Stand: 2011).....	86
Abbildung 41: Entwicklung historischer verfügbarer Bandbreiten	89
Abbildung 42: Idealverlauf der Diffusionskurve, Innovatoren und Imitatoren der Internetnutzer in Sachsen	91
Abbildung 43: Adoption der Internetnutzung im Zeitverlauf	92
Abbildung 44: Altersbezogene Kategorisierung nach Nutzungsgrad aktuell verfügbarer Dienste	95
Abbildung 45: Absolute Anzahl der prognostizierten Internetnutzer nach Nutzungsgrad.....	96
Abbildung 46: Prognostizierte Anzahl der Internetnutzer in der Altersgruppe > 60 Jahre nach Nutzung	97
Abbildung 47: Umrechnungsfaktor für die Anzahl der Haushalte pro Stadt/Gemeinde	103
Abbildung 48: Breitbandverfügbarkeit von Sachsen im Zeitverlauf	106
Abbildung 49: Verfügbarkeit von ≥ 1 Mbit/s im Ländervergleich	107
Abbildung 50: Breitbandverfügbarkeit drahtlose Technologien	109
Abbildung 51: Breitbandverfügbarkeit leitungsgebundene Technologien	110
Abbildung 52: Verfügbarkeitsabnahme gegenüber Bandbreitenklasse 1 (≥ 1 Mbit/s).....	112
Abbildung 53: Vergleich der Verfügbarkeiten aller Technologien in Sachsen zum Bundesdurchschnitt	113

Abbildung 54: Vergleich der Verfügbarkeiten leitungsgebundener Technologien in Sachsen zum Bundesdurchschnitt.....	113
Abbildung 55: Vergleich der Verfügbarkeiten drahtloser Technologien in Sachsen zum Bundesdurchschnitt	114
Abbildung 56: Breitbandverfügbarkeit ≥ 1 Mbit/s nach Raumtypen	126
Abbildung 57: Technologieverfügbarkeit im Vergleich zum Raumtyp urban.....	129
Abbildung 58: Vergleich der Einwohnerdichte mit der Anzahl der Haushalte nach dem Merkmal Lage	135
Abbildung 59: Zukünftige Lücke in der Breitbandversorgung.....	138
Abbildung 60: Verfügbarkeit und Preisentwicklung von DSL-Anschlüssen	141
Abbildung 61: Preis- und Zugangsgeschwindigkeit für einen Standard-Breitbandanschluss	142
Abbildung 62: Einführung neuer Bandbreiten für Standardanschlüsse nach Anbieter und Jahr	143
Abbildung 63: Durchschnittlicher Angebotspreis je Technologie im Zeitverlauf	145

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Forschungsergebnisse zum Zusammenhang von Breitbandausbau und Bruttoinlandsprodukt.....	11
Tabelle 2:	Breitbandausbau und Beschäftigungseffekte.....	12
Tabelle 3:	Multiplikatoren zur Ermittlung der Beschäftigungseffekte des Breitbandausbaus	12
Tabelle 4:	Breitbandinduzierte Produktivitätserhöhungen.....	17
Tabelle 5:	Effekte des Breitbandausbaus in Deutschland (Arbeitsplätze in Tsd., BIP in Mrd. Euro).....	21
Tabelle 6:	Breitbandtechnologien im Vergleich.....	49
Tabelle 7:	Verteilung von ausgewählten Breitbandanschlussklassen nach Regionen in Sachsen.....	54
Tabelle 8:	Wunsch nach schnellerem Internetanschluss abhängig von aktueller Bandbreite	56
Tabelle 9:	Durchschnittliche Zahlungsbereitschaften für einen Internetanschluss mit angegebener Geschwindigkeit und Festnetzflatrate	61
Tabelle 10:	Design betrachteter Studien	65
Tabelle 11:	Kenngößen ausgewählter IPTV-Formate.....	76
Tabelle 12:	Aktive Betriebe nach Wirtschaftsbereichen und Beschäftigtengrößenklassen in Sachsen (2010).....	82
Tabelle 13:	Demografische Verschiebung zwischen den Altersgruppen in Sachsen	87
Tabelle 14:	Übersicht Scorewerte für Gesamtscore.....	94
Tabelle 15:	Bandbreitenklassen gemäß Breitbandatlas des BMWi.....	100
Tabelle 16:	Verfügbare Breitbandtechnologien	101
Tabelle 17:	Verfügbarkeitsklassen für Bandbreiten ≥ 2 Mbit/s.....	102
Tabelle 18:	Statistische Basisdaten	103
Tabelle 19:	Klassifizierung nach Einwohnerdichte	104
Tabelle 20:	Raumtypen	104
Tabelle 21:	Vorgenommene Anpassungen der Einteilung	105
Tabelle 22:	Versorgungssituation in Sachsen nach Technologien.....	108
Tabelle 23:	Breitbandverfügbarkeit nach Bandbreiten und Technologien.....	111
Tabelle 24:	Räumliche Verfügbarkeit von Bandbreitenklassen.....	116
Tabelle 25:	Anbieter von Breitbandanschlüssen in Sachsen (Auswahl).....	118
Tabelle 26:	Prioritätsstufen beim LTE-Ausbau	120
Tabelle 27:	Unterversorgte Städte und Gemeinden nach Prioritätsstufen	121
Tabelle 28:	Entwicklung der LTE-Verfügbarkeiten	122

Tabelle 29:	Vergleich der Breitbandverfügbarkeit der Haushalte in ländlichen Räumen.....	122
Tabelle 30:	Statistische Basisdaten nach Raumtypen	124
Tabelle 31:	Altersstruktur nach Raumtypen	125
Tabelle 32:	Baustrukturelle Merkmale nach Raumtypen	125
Tabelle 33:	Unterversorgte Haushalte nach Raumtypen	127
Tabelle 34:	Versorgungssituation nach Technologien und Raumtypen.....	128
Tabelle 35:	Versorgungssituation mit leitungsgebundenen Technologien nach Anbietern und Raumtypen.....	130
Tabelle 36:	Versorgungssituation mit drahtlosen Technologien nach Anbietern und Raumtypen (1)	131
Tabelle 37:	Versorgungssituation mit drahtlosen Technologien nach Anbietern und Raumtypen (2)	132
Tabelle 38:	Vergleich der Merkmale Besiedelung und Einwohnerdichte (absolut und relative Übereinstimmung).....	133
Tabelle 39:	Vergleich der Merkmale Lage und Besiedelung.....	134
Tabelle 40:	Breitbandverfügbarkeit nach den Merkmalen Siedlungsdichte und Besiedelung.....	134
Tabelle 41:	Versorgungssituation nach Technologien und den Raumtypen Lage und Besiedelung.....	135
Tabelle 42:	Vergleich der Verfügbarkeiten und Siedlungsdichten nach Raumtypen.....	136
Tabelle 43:	Einfluss des Merkmals Lage auf die Breitbandverfügbarkeit.....	137
Tabelle 44:	Entwicklung der Standardgeschwindigkeiten.....	140
Tabelle 45:	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	156
Tabelle 46:	Handlungsmatrix der Akteure	162

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

3GGP	3rd Generation Partnership Project
AaaS	Application-as-a-Service
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
AGOF	Arbeitsgemeinschaft Online Forschung
ARPU	Average Revenue per User
BBCC	Breitbandkompetenzzentrum
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BLV	Board Level Vectoring
BMWI	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BNetzA	Bundesnetzagentur
CATV	Kabelfernsehen
CDN	Content Delivery Network
CHF	Schweizer Franken
CITI	Columbia Institute for Tele-Information
CPE	Customer Premises Equipment
CRM	Customer Relationship Management
Destatis	Statistisches Bundesamt
DFN	Verein zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DSC	Digital Selective Calling
DSL	Digital Subscriber Line
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DSM	Dynamic Spectrum Management
DTAG	Deutsche Telekom AG
DVB-C2	Digital Video Broadcasting – Cable 2
EBS	Essential Business Server
EC2	Amazon Elastic Compute Cloud

ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FBA	FileMaker Business Alliance and Business Technology
FDD	Frequency Division Duplex
FPS	Fast Packet Switching
FTTB	Fibre to the Building
FTTC	Fibre to the Curb
FTTdp	Fibre to the distribution point
FTTH	Fibre to the Home
FTTN	Fiber to the Node
FTTx	Fiber to the x
GB	Giga Byte
Gbit/s	Gigabit pro Sekunde
GDP	Gross Domestic Product
GPON	Gigabit Passive Optical Network
GSM	Global System for Mobile Communications
GWB	Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
HCM	Human Capital Management
HDTV	High Definition Television
HFC	Hybrid Fiber Coax
HH	Haushalte
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
HVt	Hauptverteiler
IaaS	Infrastructure-as-a-Service
ICT	Information and Communication Technology
IMT	International Mobile Telecommunications
IPTV	Internet Protocol Television
IPv6	Internet Protocol Version 6
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITIF	Information Technology and Innovation Foundation
ITU	International Telecommunication Union

Kbit/s	Kilobit pro Sekunde
KVz	Kabelverzweiger
LBS	Location Based Services
LER	Label Edge Router
LNB	Low Noise Block
LSE	London School of Economics
LTE	Long Term Evolution
Mbit/s	Megabit pro Sekunde
MFG	Multifunktionsgehäuse
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MPoP	Metropolitan Point of Presence
MRT	Magnetresonanztomographie
MWS	Maple Worksheet
N.A.	Not Announced
NGA	Next Generation Access
NGN	Next Generation Network
NLV	Node Level Vectoring
ONI	Optical Network Interfaces
ONT	Optical Network Termination
OSIRIS	Optically Supported IP Router Interfaces
Paas	Platform-as-a-Service
PLC	Power-Line-Communication
POTS	Plain old telephone service
Px	Pixel
QoS	Quality of Service
RADSL	Rate-Adaptive Digital Subscriber Line
RDS	Radio Data System
RFoG	Radio Frequency over Glas
ROB	Raumordnungsbericht
S3	Amazon Simple Storage Service (S3)
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line
SDTV	Standard Definition Television

SDV	Switched Digital Video
SHDSL	Single-Pair Highspeed Digital Subscriber Line
SLV	System Level Vectoring
SMP	Significant Market Power
SNR	Signal Noise Ratio
SNS	Social Network Service
SQS	Amazon Simple Queue Service
TAL	Teilnehmeranschlussleitung
Tbit/s	Terabit pro Sekunde
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TDD	Time Division Duplex
TK	Telekommunikation
TKG	Telekommunikationsgesetz
TU	Technische Universität
TÜV	Technischer Überwachungsverein
TV	Television
UHDTV	Ultra High Definition Television
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice over Internet Protocol
WiFi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
xDSL	x Digital Subscriber Line

1 EXECUTIVE SUMMARY

Hintergrund und Zielsetzung

Der Markt für breitbandige Teilnehmeranschlüsse befindet sich seit Jahren im Spannungsfeld zwischen einem attraktiven Dienstangebot, der technologischen Entwicklung von Endgeräten und Hardware sowie den verfügbaren Bandbreiten. Diese drei Aspekte stehen in gegenseitiger Wechselwirkung und bedingen einander (vgl. Abbildung 1).

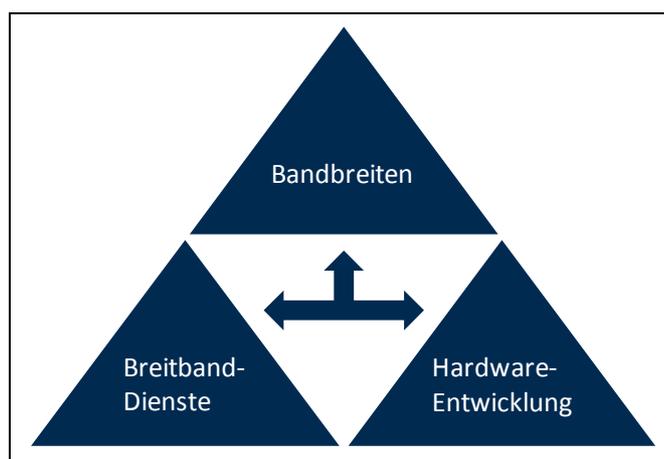


Abbildung 1: Gegenseitige Abhängigkeiten der Entwicklungen am Breitbandmarkt

Der vorliegende Forschungsbericht setzt sich mit der Frage auseinander, welche breitbandigen Dienste im Prognosezeitraum bis zum Jahr 2030 am Markt existieren werden und wie deren Adoption durch Internetnutzer in Sachsen verlaufen wird. Darüber hinaus wird aufgezeigt, auf welche Art und Weise die Deckungslücke zwischen Breitbandinfrastruktur und ermitteltem Bedarf unter einem technologieneutralen Blickwinkel geschlossen werden kann.

Eine auf den Untersuchungsergebnissen basierende Handlungsmatrix erörtert die Aktionsmöglichkeiten der beteiligten Marktakteure wie Kunden, Netzbetreiber, Diensteanbieter und Endgerätehersteller, aber auch der öffentlichen Hand und Regulierungsinstanz für den zukünftigen Breitbandausbau.

Methodik und Vorgehensweise

Der Status Quo der sächsischen Internetnutzung (Internetanschluss, Nutzungsverhalten und Bedürfnisse) wurde über eine selbst durchgeführte empirische Erhebung ermittelt. Mit 1.327 persönlich Befragten weist die Umfrage repräsentativen Charakter auf. Anschließend erfolgte eine Sekundäranalyse (Desktop Research, Benchmarkstudien) zu zukünftigen Diensten und deren Extrapolation. Auf Grundlage der Erhebung wurden die Nutzergruppen in Sachsen hinsichtlich ihrer Affinität zu neuen Diensten unter Berücksichtigung demografischer Einflüsse geclustert. Im Ergebnis entstand ein Beurteilungsrahmen zur mittel- bis langfristigen Adoption von Diensten in Sachsen. Dieser bietet die

Möglichkeit, den zu erwartenden Bandbreitenbedarf auf Basis der Dienstenutzung zu ermitteln. Aufbauend auf einem Technologievergleich erfolgte eine Identifikation langfristig geeigneter Infrastrukturen. Eine detaillierte Analyse des aktuellen Breitbandausbaustandes, differenziert nach Gebietszuordnung und Technologien, diente als Basis für das Aufzeigen von Deckungslücken in der Breitbandversorgung. Aus der Untersuchung der Angebots- und Preisentwicklung am Breitbandmarkt ergeben sich Implikationen für Geschäftsmodelle und Wirtschaftlichkeitsaspekte. Abschließend wurden die Ergebnisse zusammengefasst und Handlungsanweisungen für alle Marktakteure abgeleitet.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Verschiedene internationale Studien konnten einen evidenten Einfluss der Breitbandpenetration auf das BIP Wachstum nachweisen. Eine Erhöhung der Breitbandpenetration um 10 % führt zu einem zusätzlichen BIP Wachstum in Höhe von 0,25 % bis 1,38 %. Weiterhin besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem Breitbandausbau und Beschäftigungseffekten, die einerseits durch Investitionen in den Netzausbau und andererseits durch Externalitäten entstehen. Verschiedene Studien kommen zu dem Ergebnis, dass eine Erhöhung der Breitbandpenetration um 1 % zu einem Beschäftigungswachstum von 0,2 % bis 5,3 % führt. Weiterhin wurde nachgewiesen, dass die Breitbandpenetration positive Auswirkungen auf die Produktivität und Effizienz von Unternehmen hat.

Die Internetpenetration in Deutschland ist in den letzten zehn Jahren von 42 % auf 76 % angestiegen. Sachsen liegt mit 72 % leicht unter dem Bundesdurchschnitt. Die höchsten Nutzungsraten weisen dabei die Altersgruppen bis 40 Jahre auf.

Die demografische Entwicklung in Sachsen ist durch sinkende Einwohnerzahlen und ein kontinuierlich steigendes Durchschnittsalter der Bevölkerung gekennzeichnet. Dabei trifft der Bevölkerungsverlust insbesondere ländliche Gebiete. Bezüglich der Verteilung der Internetnutzung spielen demografische Aspekte in den nächsten 15 Jahren noch eine wesentliche Rolle, allerdings nehmen die Effekte sukzessive ab. Während jüngere Altersgruppen bereits hohe Internetpenetrationsraten aufweisen, besteht in älteren Bevölkerungsschichten nach wie vor ein hoher Anteil der Nichtnutzer. Durch das Hineinwachsen von jüngeren Altersgruppen in ältere Kohorten werden sich langsam höhere Nutzungsintensitäten einstellen.

Die Verfügbarkeit von leitungsgebundenen Breitbandanschlüssen liegt in Sachsen unter dem Bundesdurchschnitt, für drahtlose Breitbandanschlüsse hingegen darüber. Es besteht bereits jetzt eine deutliche Diskrepanz zwischen urbanen und ländlichen Gebieten bezüglich der verfügbaren Anschlusstechnologien bzw. maximalen Bandbreiten. Es ist abzusehen, dass sich diese Diskrepanz zukünftig verstärken wird.

Das Dienstportfolio wird in klassische, konvergente und neue Dienste unterteilt. Klassische Dienste sind über alle Bevölkerungsgruppen hinweg umfassend etabliert. Sie

sind fester Bestandteil der regelmäßigen Internetnutzung und prägen das Bild des Internets seitens der Teilnehmer. Bei konvergenten Diensten ist eine starke Spreizung in der Nutzung zu erkennen. Konvergente Dienste spielen momentan noch eine untergeordnete Rolle, werden aber von 10 – 20 % der Internetnutzer bereits regelmäßig nachgefragt. Das Spektrum zukünftiger Dienste resultiert aus der Evolution von klassischen und konvergenten Diensten in Verbindung mit aktuellen Trends und Innovationen. Es konnten sieben wesentliche Trends identifiziert werden, die dieses Dienstespektrum maßgeblich prägen. Hierzu zählen die Echtzeitfähigkeit, Symmetrie, Peak-Rates (Nutzungsspreizung), Individualisierung, SmartX-Services (M2M), Cloud-Dienste sowie High Definition (Video Content).

Die Analyse historisch verfügbarer Bandbreiten der vergangenen 30 Jahre zeigt, dass diese kontinuierlich gestiegen sind. Die Wachstumsrate der Anschlussgeschwindigkeit für schnelle Breitbandanschlüsse liegt dabei ziemlich exakt bei 50 % pro Jahr und beschreibt ein expotentielles Wachstum (NIELSEN'S LAW). Ausgehend von einem heutigen 16 Mbit/s Anschluss, führt die Fortschreibung der Steigerungsraten zu Anschlussgeschwindigkeiten von 273 Mbit/s im Jahr 2020 und 15,4 Gbit/s im Jahr 2030. Aufgrund von physikalischen Beschränkungen wird sich dieses expotentielle Wachstum aber nicht ungebremst fortsetzen. Das exakte Bandbreitenwachstum kann aufgrund zahlreicher Einflussgrößen und deren gegenseitiger Abhängigkeit nicht zuverlässig prognostiziert werden. Je nach Szenario ergibt sich eine Spannweite des jährlichen Bandbreitenwachstums zwischen 15 % und 50 % pro Jahr. Im Jahr 2030 sind daher Anschlussgeschwindigkeiten zwischen 172 Mbit/s bis 15,4 Gbit/s zu erwarten.

26 % der sächsischen Internetnutzer werden im Jahr 2030 zur affinen Kundengruppe gehören und neue Dienste relativ schnell adaptieren. Der resultierende Bandbreitenbedarf wird sich bei positiven Rahmenbedingungen (vgl. Abbildung 1) im oberen Bereich der genannten Spannbreite bewegen. Zur Gruppe der Nutzer mit durchschnittlicher Adoptionsgeschwindigkeit werden 24 % und zur Gruppe der Nutzer etablierter Dienste (Basisdienste) werden 50 % der sächsischen Internetnutzer gehören. Deren Bandbreitenbedarf wird, wie gegenwärtig auch, um den Faktor zwei bis zehn unter dem der affinen Kundengruppe liegen.

Die Verfügbarkeit von leistungsfähigen Anbindungen bis direkt in die Anschlussbereiche hinein ist ein Schlüssel für die zukünftige Bereitstellung der benötigten Bandbreiten sowie die Zu- und Abführung der Verkehrsdaten in die übergeordneten Netzebenen. Soll ein Niveau von ca. 150 Mbit/s als Standardanschluss erreicht werden, wird dies zu enormen technischen Herausforderungen für die jetzigen Netze führen. Für Bandbreiten > 150 Mbit/s entsteht eine Technologielücke, die nur mit massiven Investitionen in Breitbandnetze überbrückt werden kann. In urbanen Gebieten wurden mit dem Ausbau von VDSL bzw. der Aufrüstung der Kabelfernsehnetze schon erste Anstrengungen unternommen, dieser Herausforderung zu begegnen. Das relativ niedrige Preisniveau für

Vorleistungsprodukte setzt für die ausbauenden Unternehmen allerdings zu wenig Investitionsanreize.

Mit hoher Sicherheit werden ≥ 100 Mbit/s Anschlüsse bis zum 2020 Jahr in Großstädten den Standardanschluss darstellen und bis 2030 Gbit/s-Anschlüsse für private Endkunden mit relevanten Kundenzahlen eingeführt sein. Vom jetzigen Standpunkt aus betrachtet entsprechen im Hinblick auf die Zugangstechnologien mittel- bis langfristig nur FTTB/FTTH, HFC und LTE Advanced sowie deren Evolutionen dem zukünftigen Breitbandbedarf. Erhebliches Potential hinsichtlich der Erhöhung der Internetnutzerbasis besteht in bisher wenig adressierten Zielgruppen wie älteren Bevölkerungsschichten. Durch die Erhöhung der Nutzerzahl ergeben sich deutlich attraktivere Ausbauszenarien. Weiterhin müssen kooperative Ansätze zwischen allen Marktteilnehmer forciert werden, um die wirtschaftlichen Potentiale einer leistungsfähigen Breitbandinfrastruktur zu heben.

2 EINLEITENDE BETRACHTUNG

2.1 Wachstum der Internetnutzung

In den letzten 10 Jahren hat sich die Internetnutzung in Sachsen fast verdoppelt wie Abbildung 2 zu entnehmen ist. Im Jahr 2012 nutzten ca. 72 % der sächsischen Bevölkerung ab 14 Jahre das Internet.¹ Für Gesamtdeutschland beträgt der Anteil 76 %. Damit kann postuliert werden, dass das Internet zum Alltag geworden ist. Viele alltägliche Dinge und Geschäfte sind heute kaum mehr ohne das Internet als Kommunikationsmedium vorstellbar.

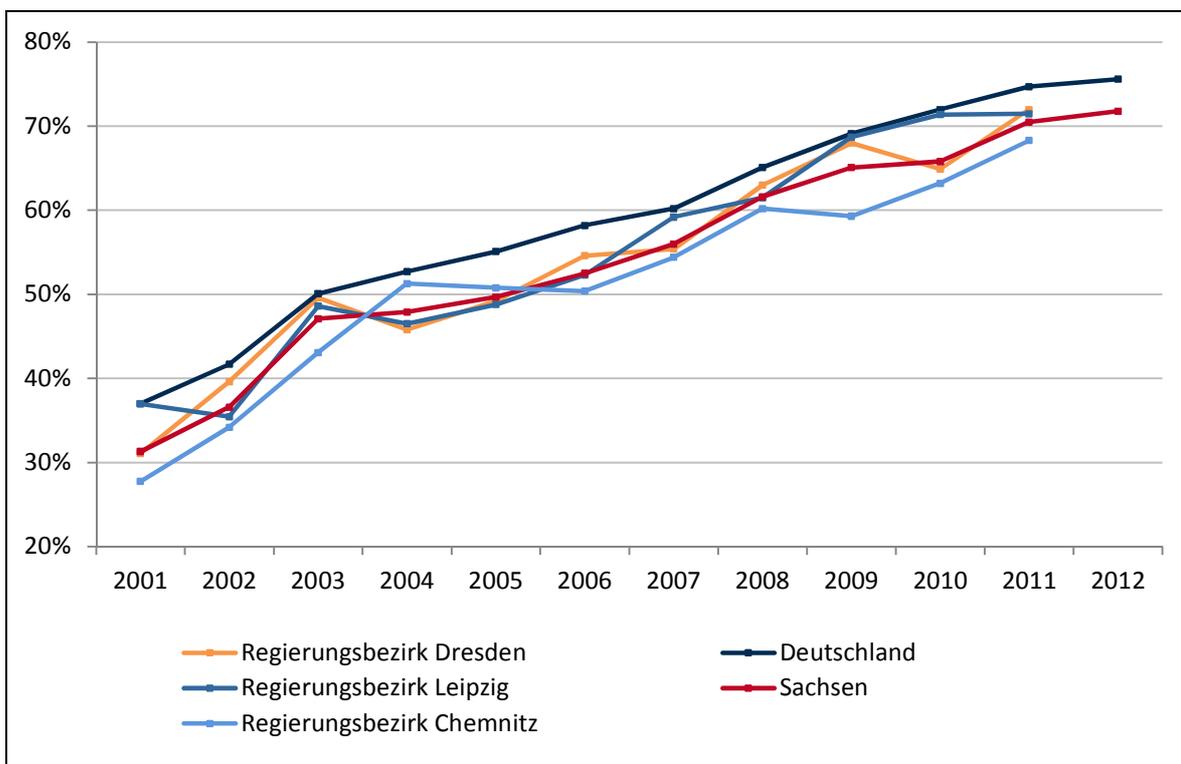


Abbildung 2: Internetnutzung in Sachsen und Deutschland²

Zwischen den drei Regierungsbezirken in Sachsen existieren relevante Unterschiede, die auf die räumliche und demografische Struktur zurückzuführen sind. Im Vergleich der drei Regierungsbezirke Dresden, Leipzig und Chemnitz wird deutlich, dass letzterer über die Jahre hinweg die geringste Internetnutzung aufweist. Eine Ursache dafür kann in der niedrigeren Bevölkerungsdichte im Chemnitzer Raum gesehen werden. Generell schwächen sich die jährlichen Zuwächse ab. Die Wachstumsraten liegen mittlerweile im gesamtdeutschen Durchschnitt unter einem Prozentpunkt und in Sachsen bei 1,3 Prozentpunkten. Potentiale für signifikante Steigerungen existieren nur noch in den

¹ Vgl. Initiative D21 (2012), S. 4.

² Basierend auf Initiative D21 (2012): (N)onliner Atlas 2001 – 2012.

höheren Altersgruppen. Damit ist jedoch aufgrund der geringen Nutzungsabsichten in dieser Altersgruppe bezogen auf die Gesamtpenetration nicht zu rechnen. Zukünftige Steigerungen ergeben sich daher wahrscheinlich durch das Nachrücken von Nutzern aus bisher jüngeren Altersgruppen. Abbildung 3 zeigt den Anteil von Internetnutzern in verschiedenen Altersgruppen. Es ist ein deutlicher Abstand bei Internetnutzung der Altersgruppe 70 Jahre und älter im Vergleich zu jüngeren Altersgruppen ersichtlich. Während bei der Altersklasse 70+ die Internetnutzung unter 30 % liegt, ist in den drei jüngsten Altersgruppen eine Penetration erreicht, die sich bereits nahe an 100 % bewegt.

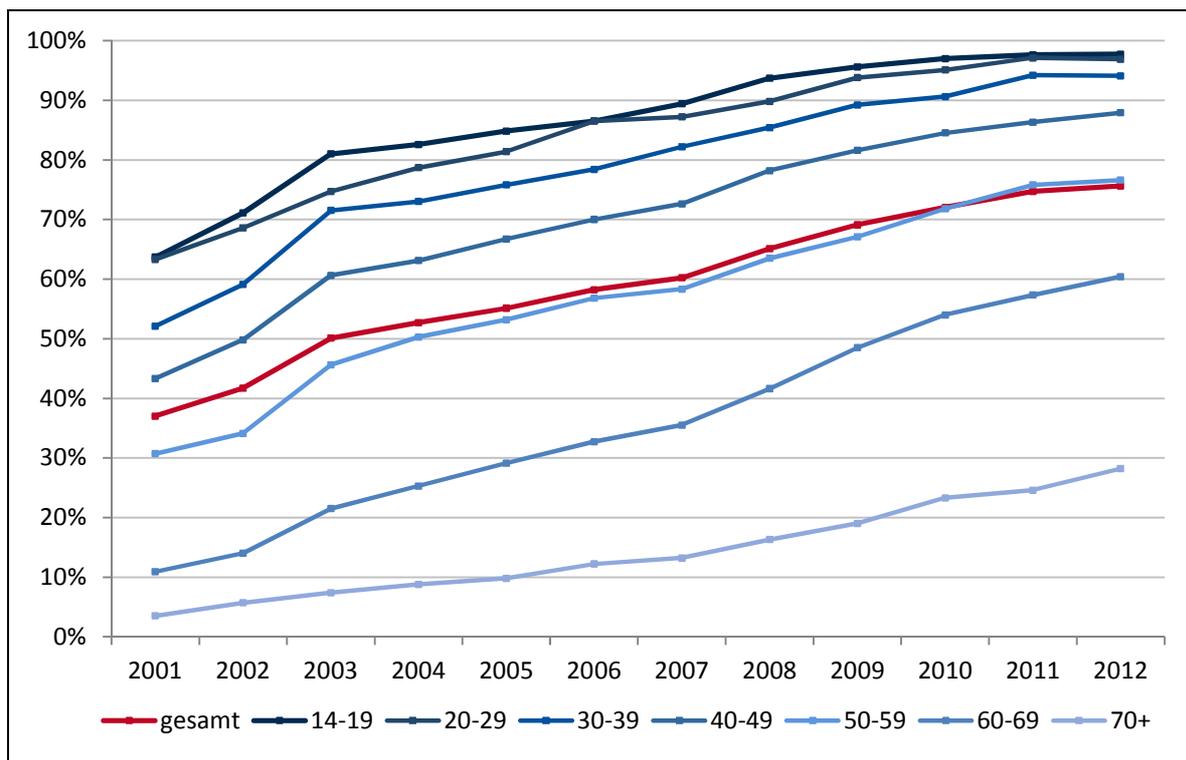


Abbildung 3: Internetnutzung nach Altersgruppen in Deutschland³

Unterschiede ergeben sich des Weiteren hinsichtlich der Einwohnerzahl. In Großstädten liegt der höchste Nutzungsanteil vor. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass der Anteil jüngerer Bevölkerungsgruppen in Großstädten deutlich höher als in kleineren Orten bzw. dem ländlichen Raum ist. Im Gegensatz zu den deutlichen Differenzen in Abbildung 3 bezogenen Altersstruktur betragen die Unterschiede bezogen auf die Einwohnerzahl in Abbildung 4 im Jahr 2012 weniger als 10 %.

Es kann also auf einen relevanten Einfluss des Alters und weniger der Größe des Wohnortes geschlossen werden. Die Steigerungsraten werden sich in den nächsten Jahren weiter absenken und werden hauptsächlich durch die Alterung bisheriger Nutzer und neue Dienste getrieben.

³ Basierend auf Initiative D21 (2012): (N)onliner Atlas 2001 – 2012.

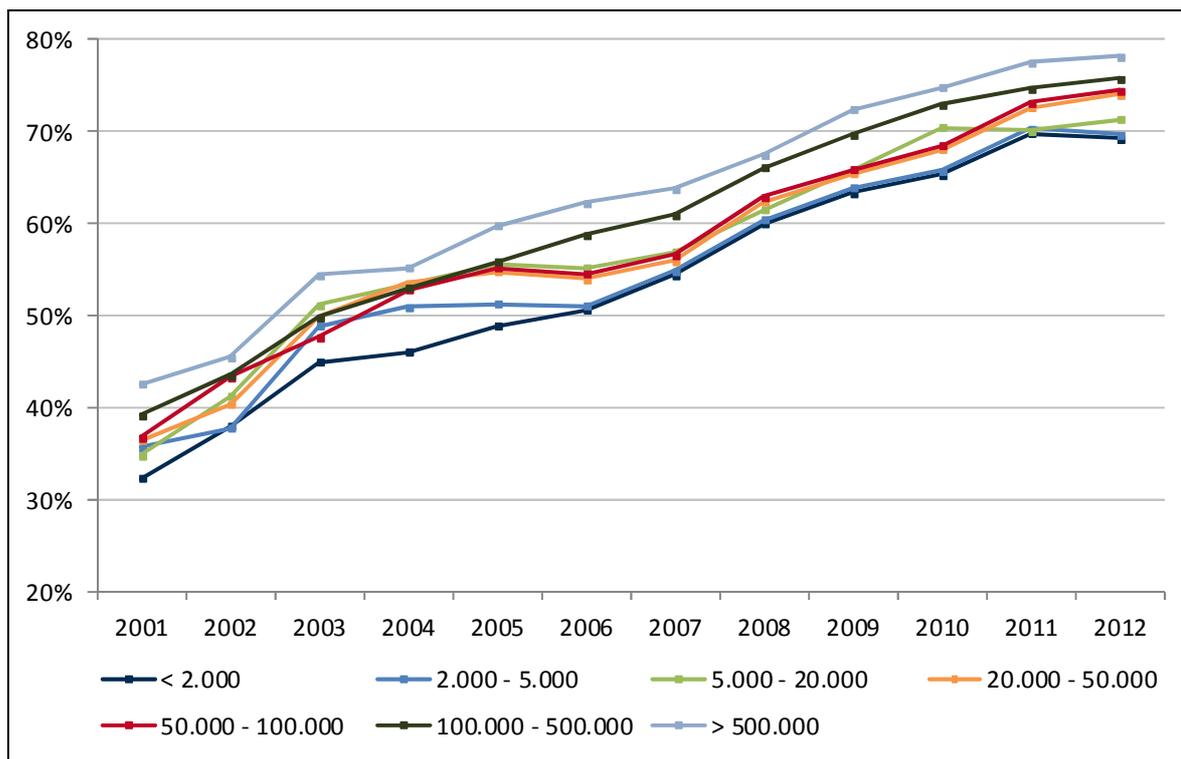


Abbildung 4: Internetnutzung nach Einwohnerzahl in Deutschland⁴

2.2 Steigerung der Bandbreiten

In den letzten Jahren ist eine relevante Steigerung der genutzten Bandbreiten zu verzeichnen. Der Wechsel von analogen Dial-Up Modems (Telefonmodems auf Basis von POTS-Netzen) zu digitalen Kabel-Modems hat zu einer deutlichen Steigerung der Bandbreiten geführt. So haben 2011 15,9 % der deutschen Bevölkerung angegeben, mit analogen Zugängen ins Internet zu gehen.⁵ Etwa 5 % aller deutschen Haushalte, mit rund zwei Personen pro Haushalt, dürften nach wie vor einen schmalbandigen Internetzugang nutzen. Im Vergleich dazu nutzen knapp 68 % der Haushalte einen breitbandigen Internetzugang, der deutlich höhere Geschwindigkeiten bietet. Die Entwicklung der Breitbandanschlüsse ist in Abbildung 5 aufgeführt.

Hinsichtlich der Bandbreiten ist langfristig mit weiteren relevanten Steigerungen zu rechnen. Der erzeugte Traffic entwickelt sich laut verschiedenen Prognosen mit jährlichen Steigerungsraten von 10 – 40 %.⁶ Dies schlägt sich demzufolge auch auf die Bandbreite der gebuchten Anschlüsse nieder, bei denen ein starker Rückgang von Bandbreiten unter 6 Mbit/s zu konstatieren ist. Insbesondere die höheren Geschwindigkeitsklassen verzeichnen hingegen erhebliche Zugewinne, wie aus Abbildung 6 ersichtlich ist.

⁴ Basierend auf Initiative D21 (2012): (N)onliner Atlas 2001 – 2012.

⁵ Vgl. Initiative D21 (2012), S. 61.

⁶ Vgl. BNetzA (2012a), Cisco Systems (2012), S. 5 ff., Deloitte (2011a), S. 3, Brocade (2011), S. 4.

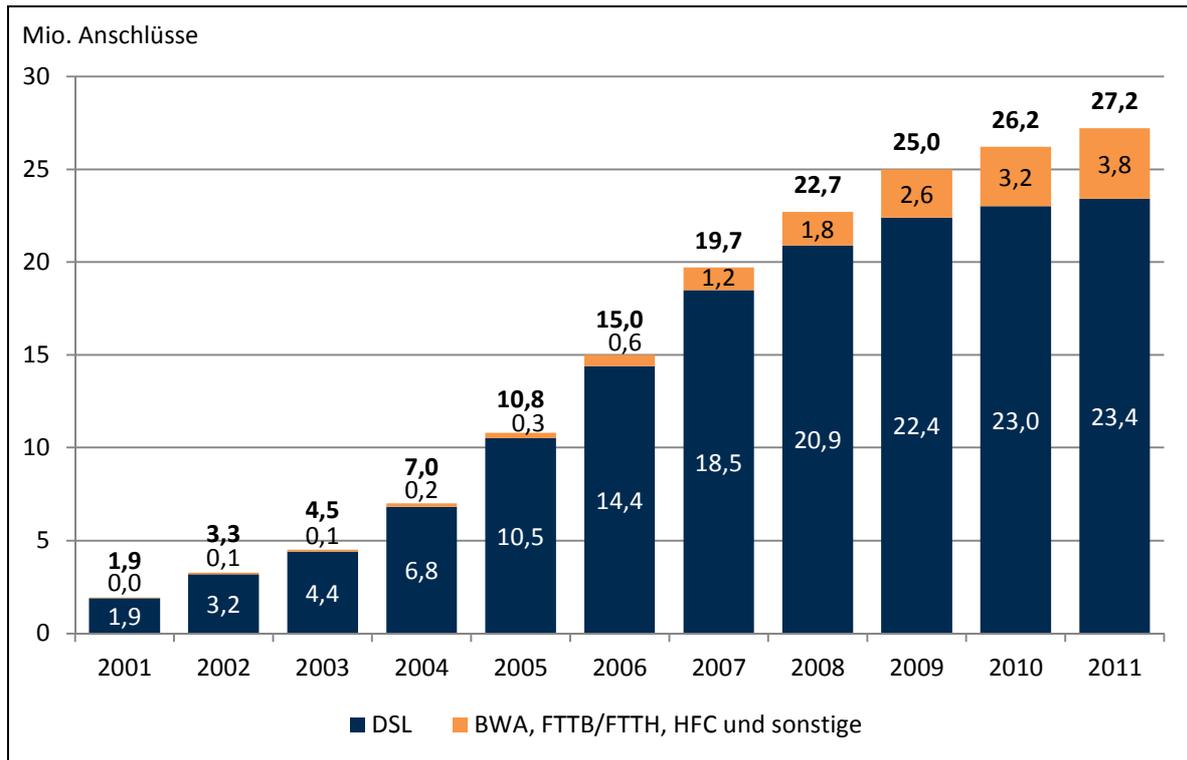


Abbildung 5: Entwicklung der Breitbandanschlüsse in Deutschland⁷

Einvernehmlich gehen alle thematisch relevanten Studien von einem steigenden Bedarf an Übertragungsgeschwindigkeiten durch neue Dienste und demnach auch eine weitere Steigerung der Anschlussbandbreiten aus.

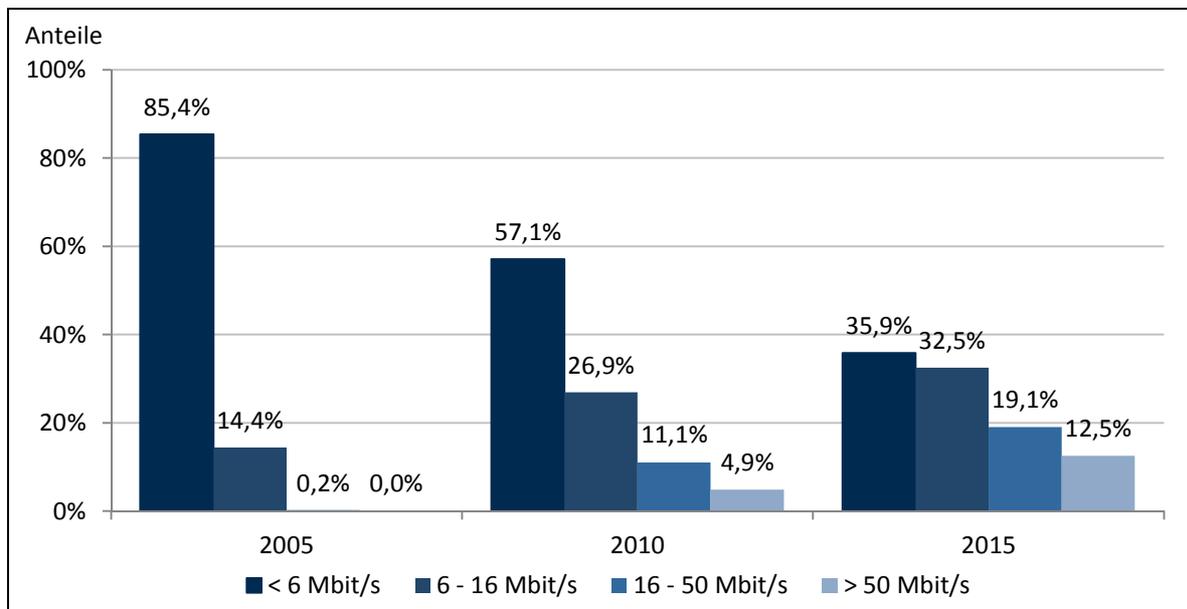


Abbildung 6: Entwicklung der Breitband-Geschwindigkeitsklassen in Deutschland⁸

⁷ Vgl. BnetzA (2012a), S. 74.

⁸ Vgl. Deutsche Telekom (2008), S. 18 f.

2.3 Positive volkswirtschaftliche Aspekte der Breitbandversorgung

Breitbandnetze haben als Bestandteil der Infrastruktur eines Landes, einer Region oder Kommune die gleiche wirtschaftliche Bedeutung wie öffentliche Verkehrswege, Energie- und Wasserversorgungsnetze. Sie sind in der heutigen Informationsgesellschaft eine unabdingbare Basis für die Erschließung ökonomischer Wachstumspotentiale, innovativer Geschäftsmodelle sowie wirtschaftlicher Wohlfahrt und Prosperität.

Es lassen sich zahlreiche direkte Nutzeneffekte sowie positive Externalitäten von Investitionen in Breitbandnetze durch Produktivitätswachstum, Anstieg der Beschäftigung, konsumentenseitige Wertsteigerungen und positive Umwelteffekte nachweisen.⁹

2.3.1 Ergebnisse internationaler Studien

Es gibt im nationalen und internationalen Umfeld zahlreiche empirische Untersuchungen mit dem Ziel, den Zusammenhang zwischen der Breitbandpenetration und gesamtwirtschaftlichen Größen wie Produktivität, Unternehmenseffizienz, Wachstum des Bruttoinlandsprodukts (BIP), Unternehmensansiedlungen, Bevölkerungs- und Beschäftigungsentwicklung, Konsumentenrente etc. zu erfassen und soweit wie möglich zu quantifizieren (vgl. Abbildung 7).

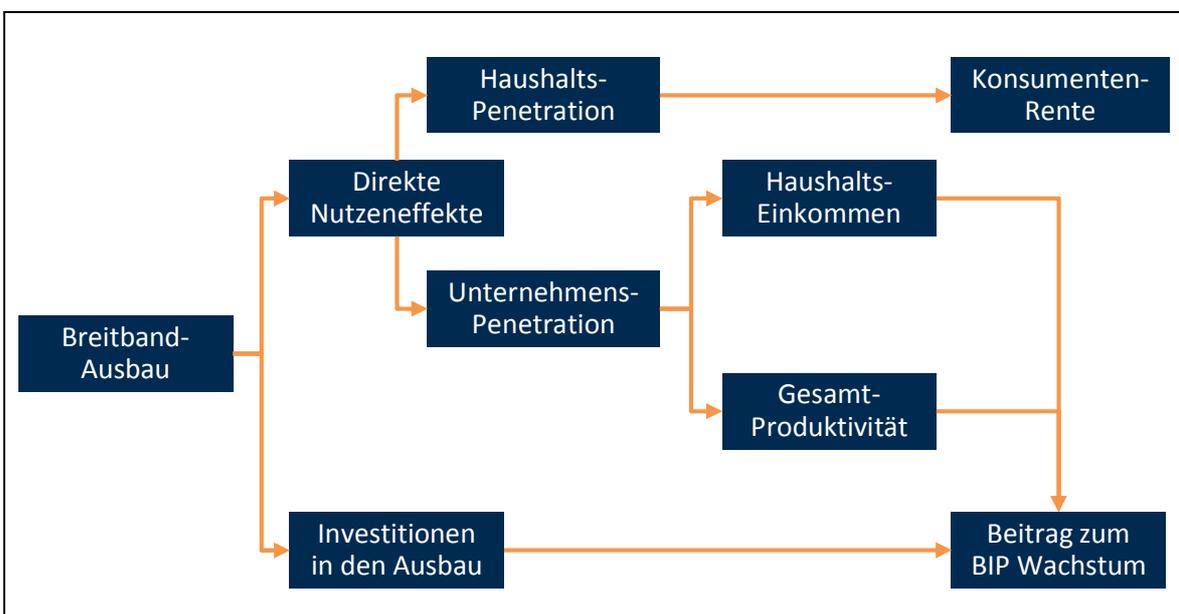


Abbildung 7: Wirtschaftliche Effekte des Breitbandausbaus¹⁰

Hinzu kommen zahlreiche Auswirkungen auf die Lebens- und Versorgungsqualität der Bürger in einer Region durch die Schaffung der infrastrukturellen Voraussetzungen für Telemedizin, Telearbeit, Tele-Education, E-Government etc.

⁹ Vgl. Cisco Systems (2009), S. 3 ff.

¹⁰ Vgl. ITU (2012), S. 3.

Ein sehr umfassendes Dokument zu den gesamtwirtschaftlichen Wirkungen des Breitbandausbaus wurde im April 2012 von der ITU unter dem Titel „The Impact of Broadband on the Economy“ veröffentlicht.¹¹ Es stellt sowohl die oben genannten Zusammenhänge zwischen Breitbandpenetration und wirtschaftlichen Effekten anhand von Ergebnis-Zusammenstellungen verschiedenster Literaturstudien als auch zahlreiche Case Studies in Form von empirischen Untersuchungen im Zuge des Breitbandausbaus in den USA, Deutschland, Lateinamerika, den Arabischen Staaten, Indien, Malaysia, China und Indonesien vor. Anschließend erfolgt für ausgewählte Staaten eine Abschätzung der Lücken in der Breitbandversorgung, der entsprechenden Investitionserfordernisse sowie der Rolle der Politik und Regulierung, um die nationalen Breitbandausbaupläne zu forcieren.

Ausgewählte Ergebnisse hierzu betreffen die Auswirkungen des Breitbandaufbaus auf

- das Bruttoinlandsprodukt,
- die Beschäftigung,
- die Produktivität,
- die Konsumentenrente sowie
- die Unternehmenseffizienz.

Sie werden im Folgenden kurz diskutiert.

Vordergründig weisen die ausgewerteten Studien vor allem den **evidenten Einfluss der Breitbanderschließung auf das Wachstum des Bruttoinlandsprodukts** nach. Je 10 % Erhöhung der Breitbandpenetration bewirkt ein Wachstum des BIP zwischen 0,25 % und 1,38 % (vgl. Tabelle 1).

¹¹ Vgl. ebd.

Tabelle 1: Forschungsergebnisse zum Zusammenhang von Breitbandausbau und Bruttoinlandsprodukt¹²

Staat	Autor/Institution	Datenbasis	Effekte
USA	CRANDALL (2007) BROOKINGS INSTITUTION	48 US Bundesstaaten, 2003 - 2005	Keine statistisch signifikanten Ergebnisse
	THOMPSON (2008) OHIO UNIVERSITY	46 US Bundesstaaten, 2001 - 2005	Ein Anstieg der Breitbandpenetration um 10 % führt zu einer Effizienzsteigerung von 3,6 %
OECD	CZERNICH (2009) UNIVERSITÄT MÜNCHEN	25 OECD Staaten, 1996 - 2007	Ein Anstieg der Breitbandpenetration um 10 % erhöht das pro Kopf BIP Wachstum um 0,9 - 1,5 %
	KOUTROUMPIS (2009) IMPERIAL COLLEGE	22 OECD Staaten, 2002 - 2007	Ein Anstieg der Breitbandpenetration um 10 % führt zu einem Anstieg des BIP Wachstums um 0,25 %
Länder mit hohem BIP	QJANG (2009) WORLD BANK	66 Staaten, 1980 - 2002	Eine Zunahme der Breitbandpenetration um 10 % führt zu einem zusätzlichen BIP Wachstum von 1,21 %
Länder mit mittlerem und niedrigen BIP	QJANG (2009) WORLD BANK	120 verbleibende Staaten, 1980 - 2002	Eine Zunahme der Breitbandpenetration um 10 % führt zu einem zusätzlichen BIP Wachstum von 1,38 %

Bei den **Auswirkungen des Breitbandausbaus auf die Beschäftigung** gibt es verschiedene Ansätze. Zum einen wird die Schaffung von Arbeitsplätzen infolge von Investitionen in Breitbandnetze in der Gesamtwirtschaft quantifiziert (vgl. Tabelle 2) und zum anderen werden auf Basis von volkswirtschaftlichen Input-Output-Analysen Multiplikatoreffekte vom Typ I und Typ II¹³ ermittelt (vgl. Tabelle 3).

¹² Vgl. ebd. S. 4.

¹³ Multiplikatoren vom Typ I messen die direkten und indirekten Effekte (direkter plus indirekter Effekt geteilt durch den direkten Effekt), wohingegen Multiplikatoren vom Typ II den Typ I plus induzierte Effekte (direkter plus indirekter plus induzierter Effekt geteilt durch den direkten Effekt) messen.

Tabelle 2: Breitbandausbau und Beschäftigungseffekte¹⁴

Staat	Autor	Investition/Zielstellung	Beschäftigungseffekte
USA	CRANDALL (2003) BROOKINGS INSTITUTION	63,6 Mrd. USD Investitionen zur Erhöhung der Breitband-Adoptionsrate von 60 % auf 95 %	1.4 Mio. neue Arbeitsplätze (über zehn Jahre), davon: – 546.000 direkte und – 665.000 indirekte
	ATKINSON (2009) ITIF	10 Mrd. USD Investitionen in den Breitbandausbau	180.000 neue Arbeitsplätze, davon: – 64.000 direkte und – 116.000 indirekte und induzierte
Schweiz	KATZ (2008B) CITI	13 Mrd. CHF Investitionen in den Breitbandausbau	114.000. neue Arbeitsplätze (über vier Jahre), davon: – 83.000 direkte und – 31.000 indirekte
UK	LIEBENAU (2009) LSE	7,5 Mrd. USD Investitionen zur Erreichung der Ziele des „Digital-Britain“-Plans	211.000 neue Arbeitsplätze, davon: – 76.500 direkte und – 134.500 indirekte und induzierte

Tabelle 3: Multiplikatoren zur Ermittlung der Beschäftigungseffekte des Breitbandausbaus¹⁵

Staat	Autor	Typ I	Typ II
USA	CRANDALL (2003)	-	2,17
	ATKINSON (2009)	-	3,60
	KATZ (2009)	1,83	3,42
Schweiz	KATZ (2008A)	1,38	-
UK	LIEBENAU (2009)	-	2,76
Deutschland	KATZ (2010)	1,45	1,92

¹⁴ Vgl. ITU (2012), S. 11.

¹⁵ Vgl. ebd. Hinweis: Crandall (2003) und Atkinson (2009) differenzieren nicht zwischen indirekten und induzierten Effekten, so dass die Typ I Multiplikatoren nicht bestimmt werden können. Katz (2008a) berechnet Typ II Multiplikatoren nicht, da die induzierten Effekte nicht geschätzt werden.

Darüber hinaus kommen Studien, die positive Externalitäten des Breitbandausbaus auf die Beschäftigung nachweisen, zu dem Ergebnis, dass 1 % Erhöhung der Breitbandpenetration durch Netzwerkexternalitäten zu einem Wachstum an Beschäftigung in der Volkswirtschaft zwischen 0,2 % und 5,3 % führt.¹⁶ Diese Ergebnisse werden jedoch im Einzelnen von zahlreichen spezifischen Faktoren wie z. B. der Auswahl der einbezogenen Branchen oder der Art der untersuchten Regionen beeinflusst. Darüber hinaus lässt sich über den Zeitverlauf ein Abklingen der Beschäftigungseffekte durch den weiteren höherbitratigen Breitbandausbau erkennen.¹⁷ Dies gilt nicht nur für die Wirkungen auf die Beschäftigung, sondern die positiven Externalitäten des Breitbandausbaus insgesamt (vgl. Abbildung 8).

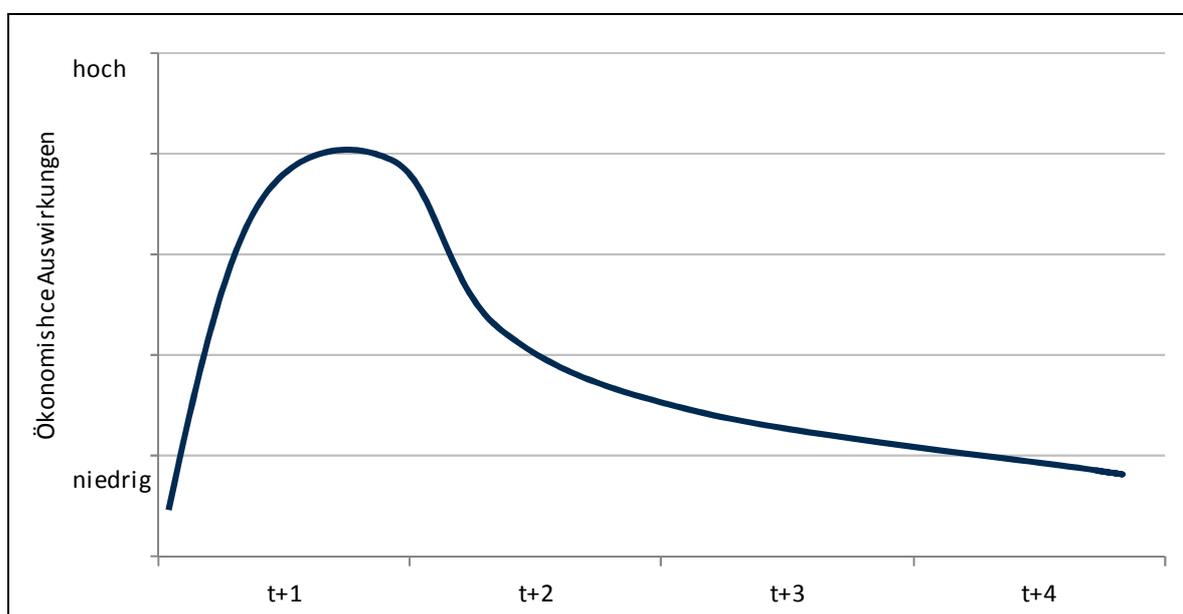


Abbildung 8: Entwicklung externer Effekte bei Erhöhung der Breitbandpenetration¹⁸

Die **Auswirkungen der Breitbandpenetration auf die Produktivität** werden in den Studien daran gemessen, wie sich der Anteil von Investitionen in Breitbandnetze (gemessen als Prozentsatz am gesamten fixen Kapital) infolge der Zunahme des Anteils von Beschäftigten, die mit der Gewinnung, Be- und Verarbeitung von Informationen im weitesten Sinne betraut sind¹⁹ (gemessen an der Gesamtzahl der Beschäftigten) erhöht (vgl. Abbildung 9).

¹⁶ Vgl. ebd. S. 12.

¹⁷ Vgl. ebd.

¹⁸ Vgl. ebd. S. 25.

¹⁹ Sogenannte „information workers“ wie Verwaltungsangestellte, Manager, Lehrer, Journalisten, Informationsbroker etc.

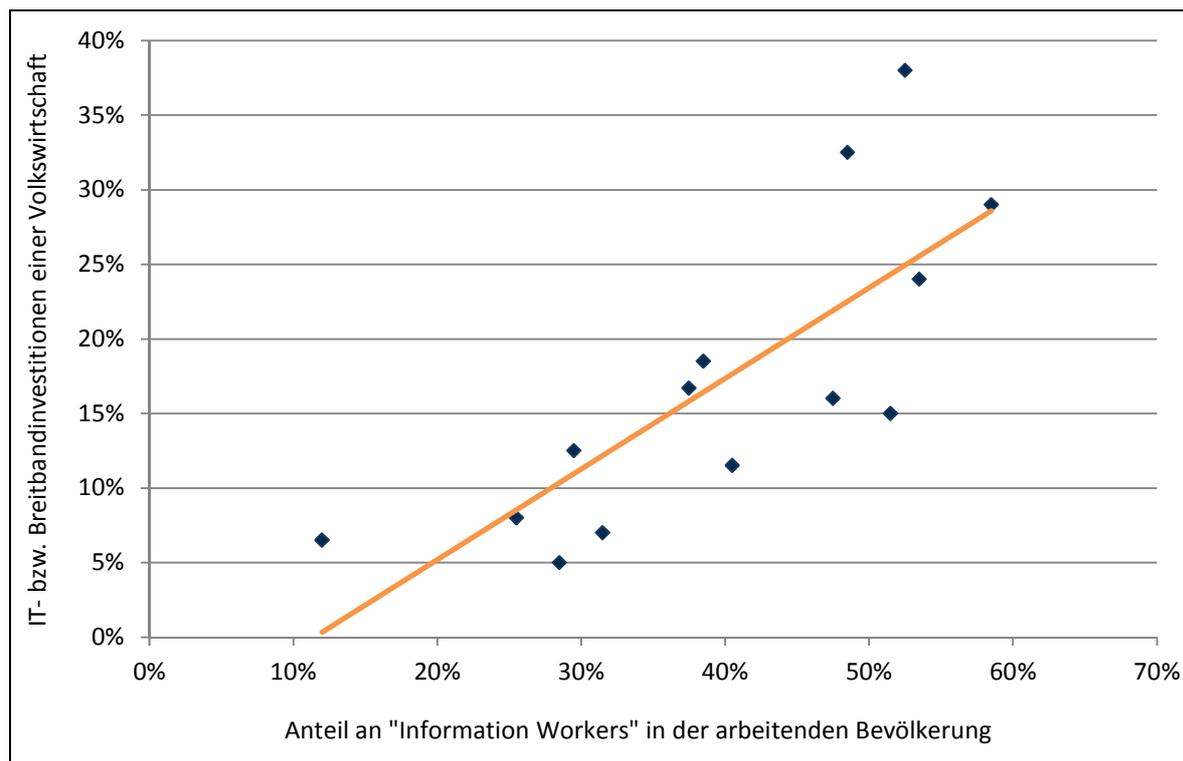


Abbildung 9: Auswirkungen der Breitbandpenetration auf die Produktivität²⁰

Die Regressionsgerade und der ermittelte Regressionskoeffizient zeigen eine direkt proportionale Beziehung zwischen dem Anteil an so genannten „Information Workers“ und IT- bzw. Breitbandinvestitionen in einer gegebenen Volkswirtschaft. WAVERMAN (2009) kam in einer Studie zu den ökonomischen Effekten von Breitband in 15 OECD-Ländern zu dem Ergebnis, dass je 1 % Wachstum an Breitbandpenetration in Staaten mit einer hoch bis gut entwickelten ICT-Infrastruktur die Produktivität um 0,13 % wächst.²¹ In Ländern mit einer schwächer entwickelten ICT-Penetration wie z. B. Griechenland, Italien, Portugal und Spanien konnte kein Einfluss des Breitbandausbaus auf die Produktivität nachgewiesen werden. Das heißt, wenn Breitband einen positiven Einfluss auf die Produktivität entfalten soll, muss das ICT-Eco-System in ausreichendem Maße vorhanden sein.

Spezielle ökonomische Effekte entstehen des Weiteren durch die **Erhöhung der Konsumentenrente** infolge des Breitbandausbaus (vgl. hierzu die Studie des DIWecon (2011) in Abschnitt 2.3.2).

Die Auswirkungen des Breitbandausbaus auf die Produzenten- und Konsumentenrente am Telekommunikationsmarkt wird in einer Studie des wissenschaftlichen Instituts für Kommunikationsdienste thematisiert.²² Darin heißt es:

²⁰ Vgl. ITU (2012), S. 8.

²¹ Vgl. Waverman (2009), S. 4 ff.

²² Vgl. Inderst (2011), S. 7.

„In einer eher mikroökonomischen Analyse hat INGENIOUS CONSULTING (2010) ein internationales Benchmarking zu den Kosten und Nutzen von Hochgeschwindigkeitsnetzen erstellt. Im Vordergrund steht dabei der Trade-off zwischen dem wirtschaftlichen Nutzen von Flächendeckung und der Profitabilität von NGA-Investitionen. Der Nutzen von Flächendeckung wird, wie in Abbildung 10 dargestellt, durch den Wert von Produzenten- und Konsumentenrente sowie den Wert von Externalitäten abgebildet. Externalitäten werden durch die Fläche oberhalb der Nachfragekurve dargestellt und sind nicht in den privaten Transaktionen zwischen Nachfragern und Anbietern nach NGA-Anschlüssen abgebildet. Positive Externalitäten werden in der Verbesserung des Gesundheitswesens, in der effektiveren Nutzung von Energie, in Produktivitätsgewinnen durch Cloud Computing oder verbesserte Anbindungsmöglichkeiten für geschäftliche Nutzer sowie in der Innovation durch neue Dienste gesehen.“

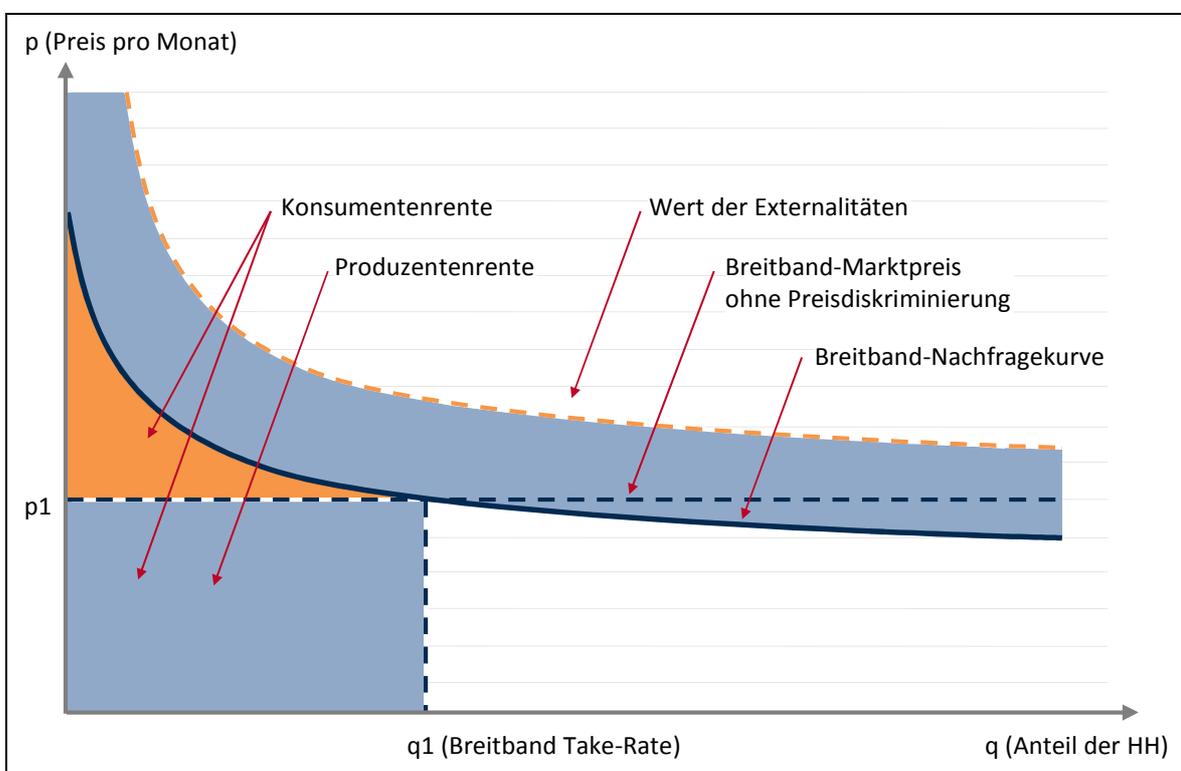


Abbildung 10: Der Wert von Flächendeckung beim Breitbandzugang²³

Die Ergebnisse für sieben europäische Länder sind der Abbildung 11 zu entnehmen. Für Deutschland bedeutet dies z. B., dass es für eine Breitbandabdeckung von 87 % der Bevölkerung ohne Berücksichtigung von Externalitäten einen positiven gesamtwirtschaftlichen Nettonutzen gibt. Aus der Sicht der Netzbetreiber können allerdings nur 21 % der Bevölkerung mit einem profitablen wirtschaftlichen Ergebnis versorgt werden. Hier wäre zu untersuchen, mit welchen Angeboten die Netzbetreiber die Zahlungsbereitschaft der Endkunden erhöhen könnten, um die potentielle Profitabilitätsgrenze von

²³ Vgl. Ingenious Consulting Network (2010), S. 8.

87 % zu erreichen. Eine wirtschaftlich sinnvolle Abdeckung der restlichen 13 % der Bevölkerung kann nur unter Einbeziehung und Bewertung positiver externer Effekte des Breitbandausbaus dargestellt werden.²⁴

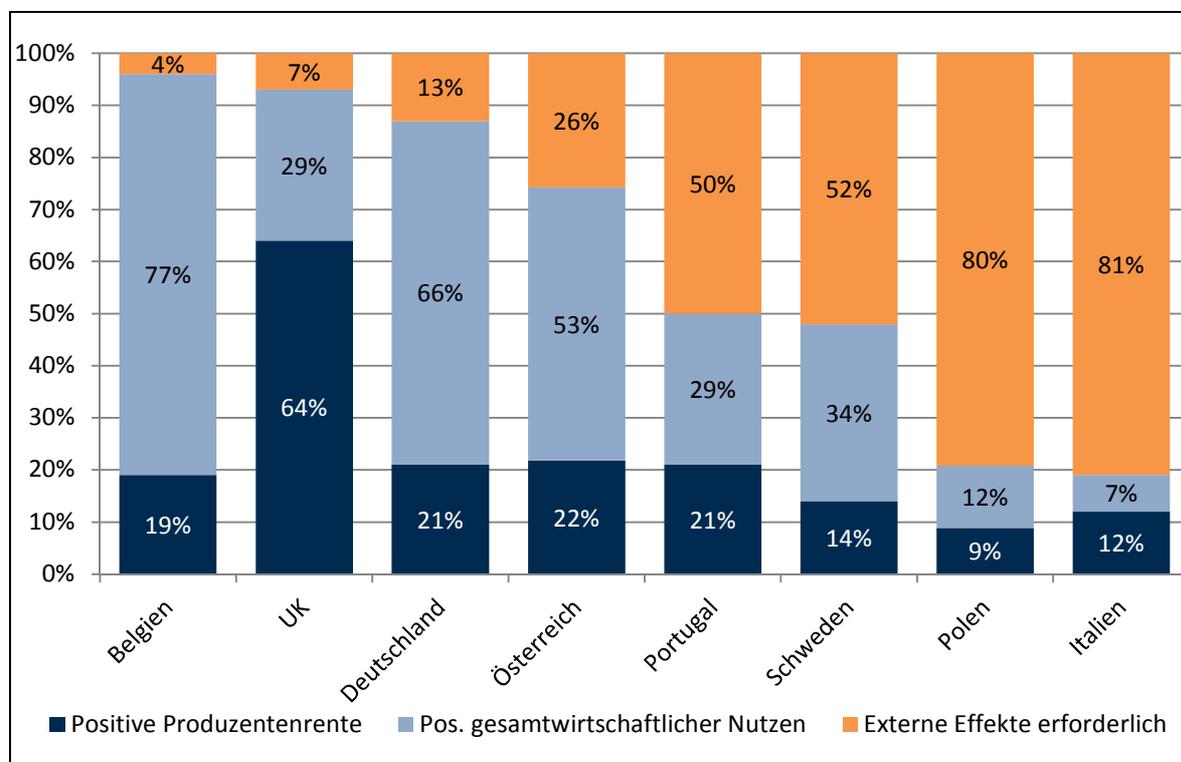


Abbildung 11: Der Wert von Flächendeckung für sieben europäische Länder²⁵

Die **Effizienz der Unternehmen** infolge des Breitbandausbaus wird im Hinblick auf Umsatzsteigerung, Produktinnovationen und das Erschließen neuer Geschäftsfelder berührt. Dies resultiert vor allem aus Netzwerkeffekten. Wenn eine genügend große Anzahl von Haushalten an Breitbandnetze angeschlossen ist, impliziert dies die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle im Umfeld von Informationssuche, Werbung, E-Commerce (vgl. Tabelle 4), aber auch im Exportbereich. So konnte CLARKE (2008) nachweisen, dass Industrieunternehmen mit einem breitbandigen Internetzugang 6 % mehr Exportumsätze generierten als Firmen ohne Breitbandanbindung. Bei Unternehmen des Dienstleistungssektors waren dies sogar 7,5 - 10 % mehr Exportumsätze.²⁶

²⁴ Vgl. Inderst (2011), S. 9.

²⁵ Vgl. ebd. Meek (2010).

²⁶ Vgl. Clarke (2008), S. 16 ff.

Tabelle 4: Breitbandinduzierte Produktivitätserhöhungen²⁷

Wirtschaftssektor	Autor	Informations-Aktivitäten mit Externen	Einfluss von E-Business auf Unternehmensproduktivität
Produktion	NGUYEN (2006)	~25 %	~5 %
Dienstleistung	RINCÓN-AZNAR (2006)	~50 %	~10 %
Information	FORNEFELD (2008)	100 %	~20 %

2.3.2 Ergebnisse nationaler Studien

In nationalen Studien wird der Nutzen der Breitbandversorgung sowohl aus der mikroökonomischen Nachfrager- und Anbietersicht, als auch aus der makroökonomischen Gesamtperspektive beleuchtet.

So kommt eine Untersuchung des DIWECON (2011) zur Universaldienstverpflichtung für flächendeckenden Breitbandzugang in Deutschland in Bezug auf die Konsumentenrente in den bisher nicht mit 2 Mbit/s versorgten Gebieten zu dem in Abbildung 12 ersichtlichen Ergebnis. Die Konsumentenrente für die neu anschließbaren Haushalte entspricht dem orange markierten Dreieck zwischen der Nachfragekurve und der Preislinie.

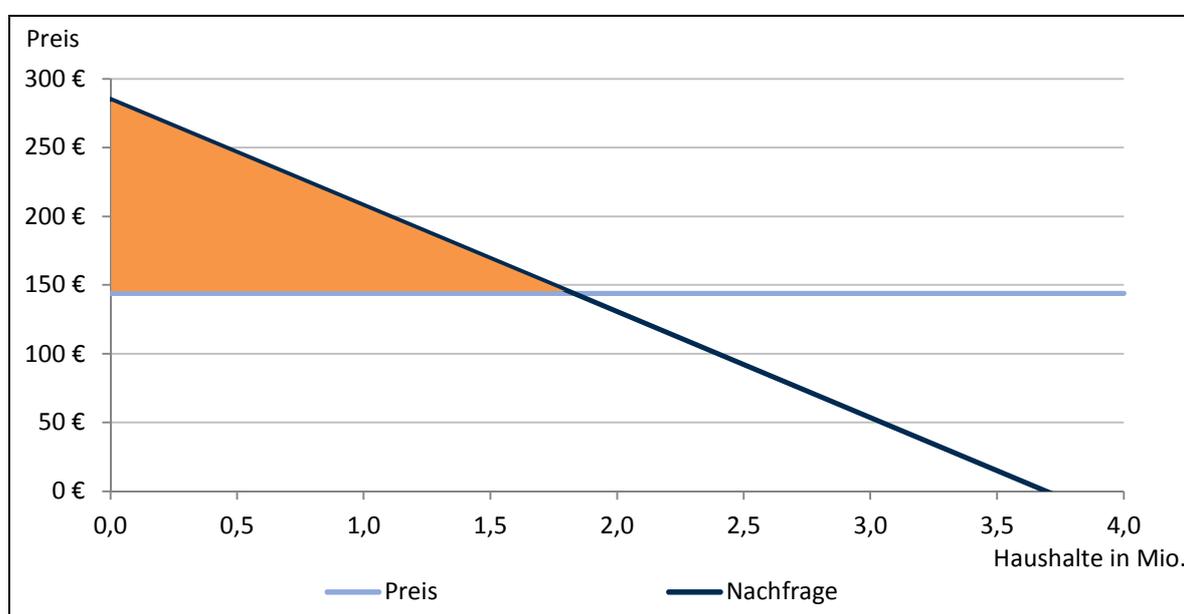


Abbildung 12: Konsumentenrente für neu anzuschließende Haushalte mit 2 Mbit/s²⁸

²⁷ Vgl. ITU (2012), S. 16.

²⁸ Vgl. DIWecon (2011), S. 35.

Die **Konsumentenrente** ergibt sich aus der Zahlungsbereitschaft eines Haushalts und dem tatsächlichen Marktpreis. Sie spiegelt den zusätzlichen Nutzen wider, den die Haushalte durch den Konsum über den bezahlten Marktpreis hinaus erfahren²⁹. Unter der Voraussetzung bestimmter Annahmen (48 % aller Haushalte liegen in ländlichen Regionen, die Versorgungslücke bei 2 Mbit/s betrifft rund 3,9 Mio. Haushalte, der Preis für einen 2 Mbit/s-Anschluss beträgt 144 Euro p.a., es existieren verschiedene Preis-Mengen-Kombinationen etc.) wurde näherungsweise eine lineare Nachfragefunktion bestimmt.³⁰ Darauf aufbauend wurde eine Konsumentenrente in Höhe von 140 Mio. Euro pro Jahr ermittelt. Durch den geplanten Ausbau unterversorgter Gebiete mit LTE-Zugang würde die Zahl der unterversorgten Haushalte auf 2,07 Mio. sinken. Unter der Annahme, dass rund 50 % davon einen 2 Mbit/s Breitbandanschluss (als Universaldienstleistung) nutzen, ergäbe sich eine jährliche Konsumentenrente in Höhe von ca. 75 Mio. Euro.³¹

Als **Produzentenrente** im Falle einer flächendeckenden Versorgung mit 2 Mbit/s „wird ein Verlust von insgesamt 160 Mio. Euro (ohne Berücksichtigung von WiMAX oder LTE) ausgewiesen. Bezogen auf eine Nutzungsdauer von fünf Jahren und einem Zinssatz von 8,5 % ergibt sich ein jährlicher Verlust (Annuität) in Höhe von 40,6 Mio. Euro. Unter Berücksichtigung des LTE-Ausbaus ergibt sich ein jährlicher Verlust in Höhe von 17,0 Mio. Euro.“³²

Hierzu ist zu vermerken, dass Anschlüsse von 2 Mbit/s bereits heute und erst recht in künftigen Zeiträumen keine dem Bedarf der Bevölkerung adäquate Breitbandversorgung darstellen. Insofern wären diese Betrachtungen für wesentlich höherbitratige Anschlüsse zu wiederholen.

In zwei weiteren fundamentalen Studien von KATZ (2010) und CZERNICH (2009) wird für Deutschland der **Zusammenhang zwischen Breitbandnutzung, Wirtschaftswachstum und Arbeitsplätzen** untersucht. Dabei werden allerdings keine unterschiedlichen Bandbreitenklassen berücksichtigt, die ggf. differenzierte Wachstumseffekte hervorrufen könnten.

CZERNICH (2009) berechnet mit Hilfe eines Instrumentenvariablenansatzes³³ auf Basis der Daten von 25 OECD-Ländern im Zeitraum 1996 - 2007 die Auswirkungen der Nutzung von Breitbandzugängen auf das Wirtschaftswachstum und bestätigen signifikant positive Effekte.

²⁹ Vgl. ebd. S. 34.

³⁰ Vgl. ebd.

³¹ Vgl. ebd. S. 35.

³² Vgl. ebd.

³³ Strategie zum Aufzeigen von kausalen Zusammenhängen zwischen verschiedenen Variablen auf Basis eines Quasi-Experiments mit einer Behandlungs- und einer Kontrollgruppe.

„Nach der Einführung der Breitbandtechnologie in einem Land liegt das BIP pro Kopf in den darauf folgenden Jahren im Durchschnitt um 2,7 bis 3,9 % höher als vor der Einführung (unter Berücksichtigung fixer Länder- und Jahreseffekte). Für die Verbreitung der Breitbandnutzung zeigt sich, dass eine Erhöhung der Breitbandnutzerrate um 10 Prozentpunkte das jährliche Wachstum des BIP pro Kopf um 0,9 bis 1,5 Prozentpunkte erhöht.“³⁴

KATZ (2010) schätzt auf Basis eines einfacheren ökonometrischen Ansatzes für zwei Szenarien den Investitionsbedarf und die damit verbundenen direkten, indirekten und induzierten Effekte auf die Arbeitsplätze und das zusätzliche Wachstum des BIP ein:

Szenario I: Breitbandversorgung mit Übertragungsraten von mindestens 50 Mbit/s für 75 % aller Haushalte bis 2014

Szenario II: Ultrabreitband bis 2020: 50 % der Haushalte sind mit Bandbreiten von mindestens 100 Mbit/s und weitere 30 % der Haushalte sind mit mindestens 50 Mbit/s-Anschlüssen versorgt

Für diese beiden Szenarien fällt ein Investitionsbedarf von 35,9 Mrd. Euro an.³⁵

„Die Beurteilung der wirtschaftlichen Folgen des Netzausbaus konzentriert sich zum einen auf eine Schätzung der zusätzlichen Arbeitsplätze und des damit verbundenen erwirtschafteten volkswirtschaftlichen Produktionsumfangs. Beim Ausbau des Netzes kann zwischen drei Effekten des Beschäftigungswachstums unterschieden werden. Zunächst entstehen mit dem Ausbau direkt zusammenhängende Arbeitsplätze (z. B. Telekommunikationstechniker, Bauarbeiter und Arbeitsplätze bei den Herstellern der erforderlichen Telekommunikationseinrichtungen). Darüber hinaus wirkt sich die Schaffung direkter Arbeitsplätze auch auf die indirekte Beschäftigung aus (z. B. Arbeitsplätze in Unternehmen, die untereinander An- und Verkäufe tätigen und damit Direktinvestitionen unterstützen). Schließlich führen die Ausgaben privater Haushalte, die auf die Einkommenszuwächse infolge der direkten und indirekten Effekte zurückzuführen sind, zur Schaffung induzierter Beschäftigung (z. B. Arbeitsplätze im Handel durch zusätzliche Konsumausgaben). Zur Berechnung der Auswirkungen des Breitbandausbaus auf Beschäftigung und Produktion werden Input/Output-Tabellen herangezogen (vgl. Abbildung 13). Mit Input/Output-Tabellen werden die Effekte des Netzausbaus auf die direkte, indirekte und induzierte Beschäftigung und Produktion berechnet.“³⁶

³⁴ Vgl. Czernich (2009), S. 33.

³⁵ Vgl. Katz (2010), S. 1.

³⁶ Vgl. ebd. S. 7.

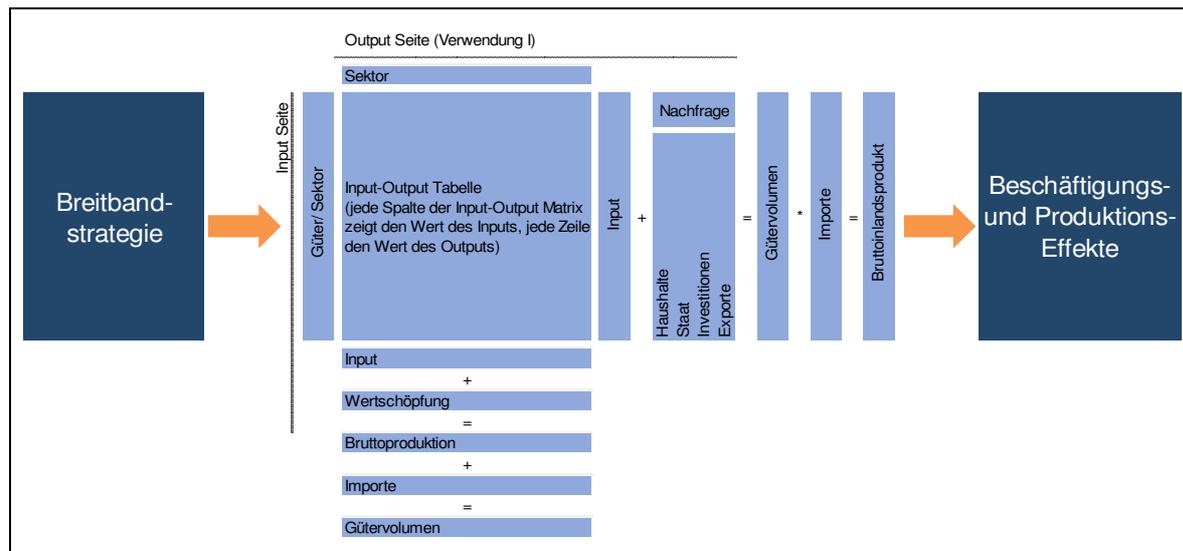


Abbildung 13: Schematischer Aufbau einer Input-Output-Tabelle³⁷

„Nach ihrer Einführung bewirkt die Breitbandinfrastruktur drei Arten von wirtschaftlichen Folgen. Erstens können Unternehmen ihre Produktivität infolge optimierter Geschäftsprozesse steigern. Zweitens wird durch die Einführung von Breitbandtechnik die Innovationstätigkeit aufgrund neuer breitbandfähiger Anwendungen und Dienstleistungen beschleunigt. Drittens kann sich Breitband auf die Zusammensetzung und Entstehung von Wertschöpfungsketten in der Wirtschaft auswirken. Mit anderen Worten: Durch die mit Breitband einhergehende verbesserte und über weite Entfernungen reichende Informationsverarbeitung und Leistungsbereitstellung kann Beschäftigung auch in anderen Wirtschaftszweigen entstehen. Die Abschätzung der nach Netzeinführung erzielten wirtschaftlichen Auswirkungen geschieht durch ökonometrische Modellierung.“³⁴

Die detaillierten Ergebnisse sind in Tabelle 5 aufgeführt. Die zusammenfassende grafische Aufbereitung zeigen Abbildung 14 und Abbildung 15.

³⁷ Vgl. ebd. S. 8.

Tabelle 5: Effekte des Breitbandausbaus in Deutschland (Arbeitsplätze in Tsd., BIP in Mrd. Euro)³⁸

Jahr	Nat. Breitbandstrategie		Ultra Breitbandstrategie		Summe		Externalitäten		Summe	
2010	60,8	3,9	-	-	60,8	3,9	-	-	60,8	3,8
2011	60,8	3,9	-	-	60,8	3,9	-	-	60,8	3,8
2012	60,8	3,9	-	-	60,8	3,9	24,0	13,9	84,8	17,7
2013	60,8	3,9	-	-	60,8	3,9	35,0	14,5	95,8	18,3
2014	60,8	3,9	-	-	60,8	3,9	44,0	14,9	104,8	18,7
2015	-	-	39,5	2,4	39,5	2,4	54,0	15,7	93,5	18,1
2016	-	-	39,5	2,4	39,5	2,4	54,0	15,7	93,5	18,1
2017	-	-	39,5	2,4	39,5	2,4	54,0	15,7	93,5	18,1
2018	-	-	39,5	2,4	39,5	2,4	54,0	15,7	93,5	18,1
2019	-	-	39,5	2,4	39,5	2,4	54,0	15,7	93,5	18,1
2020	-	-	39,5	2,4	39,5	2,4	54,0	15,7	93,5	18,1
Summe	304,4	18,8	237,0	14,6	541,0	33,4	427,0	137,5	968,0	170,9

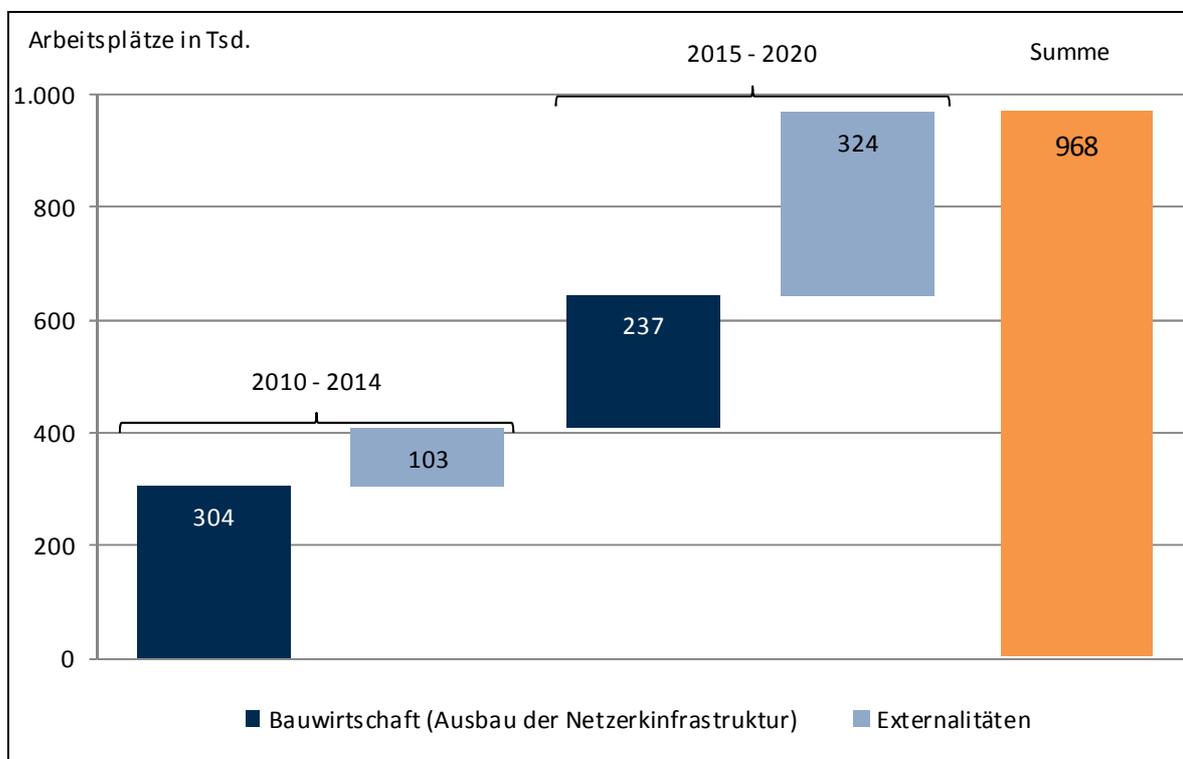


Abbildung 14: Zusätzliche Beschäftigungswirkung für Deutschland (in Tsd. Arbeitsplätzen)³⁹

³⁸ Vgl. ebd. S. 18. Hinweis: Berücksichtigung der Externalitäten unter Annahme von Überschneidungen.

„Durch den Netzausbau zwischen 2010 und 2014 entstehen rund 304.000 Arbeitsplätze und weitere 237.000 Arbeitsplätze entstehen im Zeitraum 2015 bis 2020. Nach Abschluss des Netzausbaus werden darüber hinaus Arbeitsplätze durch „Externalitäten“ – etwa durch beschleunigte Innovationen – geschaffen, die zu neuen Diensten und zusätzlichem Wirtschaftswachstum führen. Die in dieser Studie durchgeführten Regressionsanalysen prognostizieren weitere 427.000 Arbeitsplätze, davon 103.000 zwischen 2010 und 2014 und 324.000 zwischen 2015 und 2020. Insgesamt werden im Zehnjahreszeitraum 2010 - 2020 etwa 968.000 neue Arbeitsplätze entstehen.“⁴⁰

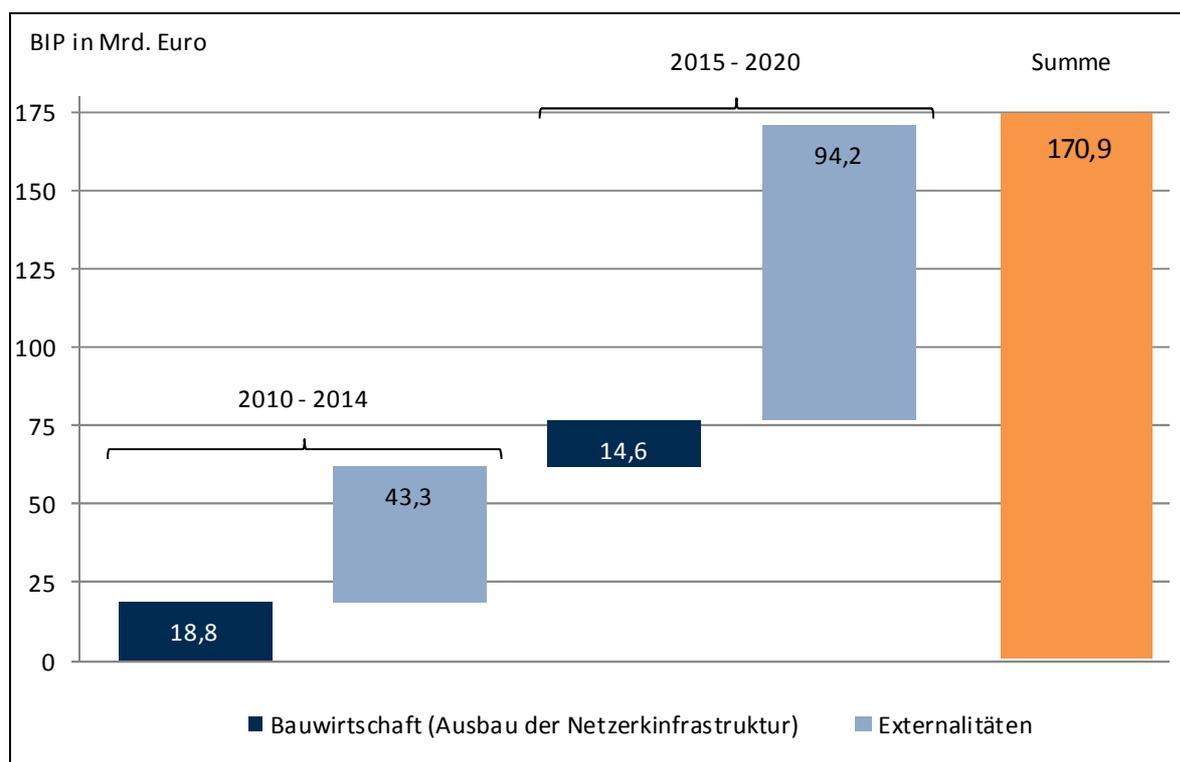


Abbildung 15: Auswirkungen auf das BIP der deutschen Volkswirtschaft (in Mrd. Euro)⁴¹

„Der Ausbau des Breitbandnetzes zwischen 2010 und 2014 führt zu einem zusätzlichen BIP in Höhe von 18,8 Mrd. Euro bzw. von 14,6 Mrd. Euro in der sich anschließenden Ultrabreitband-Phase (2015 - 2020). **Für jeden in den Ausbau des Breitbandnetzes investierten Euro beträgt der erwartete direkte Mehrwert 0,93 Euro.** Infolge der Netzwerk-Externalitäten kommen weitere 137,5 Mrd. Euro hinzu. Der Gesamteffekt der Breitbandinvestitionen im Zehnjahreszeitraum 2010 - 2020 beläuft sich in Deutschland somit auf

³⁹ Vgl. ebd. S. 2.

⁴⁰ Vgl. ebd. S. 1.

⁴¹ Vgl. ebd. S. 2.

170,9 Mrd. Euro – dies entspricht einem inkrementellen BIP-Wachstums von 0,6 % p.a. Der überwiegende Teil wird zwischen 2015 und 2020 erwirtschaftet.“⁴²

2.3.3 Fazit

Flächendeckende hochbitratige Breitbandversorgung hat für die Wirtschaft, Verwaltung und die Bevölkerung eines Landes einen immens hohen Stellenwert. Die Verfügbarkeit eines Breitbandanschlusses wird als einer der wichtigsten Standortfaktoren vor der Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal oder der Qualität der Verkehrsinfrastruktur gesehen.⁴³

Konsequenzen einer unzureichenden Breitbandanbindung bewirken zurückhaltende Investitionstätigkeit, Schwierigkeiten bei der Neuansiedelung von Unternehmen, hemmen das lokale Gründungspotential und führen insgesamt zu einer kritischen Bewertung der Zukunftsfähigkeit von Regionen und Kommunen als Unternehmensstandorte. Von ähnlich hoher Bedeutung ist die breitbandige flächendeckende Erschließung der Haushalte zur Versorgung der Bevölkerung mit qualitativ hochwertigen Breitbanddiensten.

Zahlreiche nationale und internationale Untersuchungen deuten auf Basis empirischer Erhebungen bzw. ökonomischer Modellrechnungen darauf hin, dass gesamtwirtschaftliche Produktivitätssteigerungen, Innovations- und Beschäftigungspotentiale im direkten Zusammenhang mit dem Ausbau und der Verfügbarkeit von Hochleistungs-Breitbandnetzen stehen und zahlreiche mehr oder minder gut quantifizierbare Netzwerkeffekte hervorrufen.

2.4 Herausforderungen

Zukünftig ist mit steigenden Nutzungsraten von Breitbanddiensten zu rechnen. Dabei existieren keine technischen Probleme bei der Erschließung von Breitbandzugängen. Die Technologien sind verfügbar und es existieren keine ernsthaft begrenzenden regulatorischen oder administrativen Auflagen für den Ausbau. Die Herausforderungen liegen vielmehr in der Lücke zwischen Zahlungsbereitschaft und -fähigkeit der Kunden auf der einen Seite und den Kosten des Ausbaus auf der anderen Seite. In urbanen Gebieten bestehen diese Herausforderungen in geringerem Maße. Dort können Preise erzielt werden, die eine Refinanzierung der Infrastruktur erlauben. Da mit der Verfügbarkeit von hochbitratigen Breitbandanschlüssen langfristig positive Effekte für die gesamte Volkswirtschaft verbunden sind und ein solcher Anschluss mittlerweile als relevantes Versorgungsmedium angesehen wird, bestehen große Bemühungen der öffentlichen Hand, diese Versorgungslücke zu minimieren bzw. zu beseitigen.

⁴² Vgl. ebd. S. 38.

⁴³ Vgl. Gebauer (2011).

3 ZIELE DER STUDIE

3.1 Unterschied zu existierenden Studien

Diese Studie stellt den Bedarf an Breitbandanschlüssen als Ausgangspunkt und die zukünftige Nutzungsentwicklung von Breitbanddiensten in den Mittelpunkt der Betrachtungen. Ein Großteil der in der Literatur vorhandenen Studien zielt auf die Kosten für Ausbauszenarien ab, mit denen bestimmte Versorgungsgrade bezogen auf definierte Bandbreiten erreicht werden sollen. Dies ist jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Studie. Vielmehr werden ausgehend vom Bedarf der Nutzer Entwicklungsszenarien bis zum Jahr 2030 entworfen und die zum IST-Stand existierenden Lücken aufgezeigt. Diese Studie kann aber für Prognosen nur auf aktuell zugänglichen Daten sowie dem Stand von Wissenschaft und Technik aufbauen. In Bezug zu existierenden Studien werden sich wahrscheinlich Unterschiede ergeben, die auf differenzierten Annahmen bezüglich des Bedarfs basieren. Die Annahmen in der vorliegenden Studie gehen nicht von einer statischen Bandbreite aus, die durch die Anschlusstechnologie vorgegeben wird, sondern von dynamischen Dienstanforderungen, die gegebenenfalls zu einem anderen Bedarf an Breitbandanschlüssen führen können.

3.2 Ermittlung des zukünftigen Bedarfs an Breitband

Auf Basis der aktuellen Nutzung, der Entwicklungen im Dienstbereich und Prognosen wird die zukünftige Breitbandnachfrage ermittelt. Dies erfolgt unabhängig von der Zugangstechnologie. Für unterschiedliche Nutzergruppen werden eigene exemplarische Profile erarbeitet und anhand der demografischen Situation und Entwicklung bewertet. Es ergibt sich ein nach Nutzergruppen unterschiedlicher Bedarf, der zu einem Durchschnittsbedarf je Nutzer führt. Dabei werden demographische und geographische Aspekte berücksichtigt, so dass auch Bevölkerungsabnahmen, insbesondere im ländlichen Raum, berücksichtigt werden.

3.3 Technologienbewertung für Breitbandnetze

Die in Kapitel 8 erarbeiteten Nutzungsprofile dienen als Grundlage für die Auswahl geeigneter Technologien zur langfristigen Versorgung. Dabei liegt der Blickwinkel auf den langfristigen Versorgungsszenarien, wobei auch potentielle Zukunftstechnologien betrachtet und deren Potential herausgearbeitet werden. Es steht somit eine Technologieauswahl zur Verfügung, die zukünftigen Anforderungen gewachsen ist. Für die einzelnen Technologien werden zudem Entwicklungs- bzw. Ausbauszenarien diskutiert. Sukzessive Ausbauszenarien sind tendenziell mit weniger Investitionsrisiko verbunden und werden demnach von den Marktakteuren eher gewählt.

3.4 Aufzeigen von Deckungslücken

Der aktuelle Zustand im Freistaat Sachsen, der in weiten Teilen aufgrund einer empirisch unterlegten Analyse aufbereitet wurde, wird den identifizierten, zukünftig potentiell geeigneten Technologien gegenübergestellt. Auf dieser Basis erfolgt eine Identifikation von Deckungslücken bei der bedarfsgerechten Versorgung in den nächsten 20 Jahren. Diese Betrachtung mündet anschließend in eine Diskussion zur Entwicklungsmöglichkeit der vorhandenen Infrastruktur. Dabei wird nicht der Bedarf am Ende des Prognosehorizontes, sondern über den Verlauf des gesamten Prognosezeitraumes betrachtet. Das heißt, zeitlich später auftretende Deckungslücken können mit neueren Technologien bzw. mit höheren Penetrationsraten unter Berücksichtigung demografischer Aspekte geschlossen werden.

3.5 Handlungsempfehlungen

Es wird herausgearbeitet, welche Möglichkeiten zur Versorgung mit Breitbanddiensten auf Basis eines zukünftigen Dienstportfolios und dessen Nutzung durch die Einwohner des Freistaates Sachsen existieren. Für deren Ausbau und Entwicklung sowie zur Stimulation des Marktes werden Handlungsempfehlungen abgeleitet. Dabei liegt ein Schwerpunkt auf der Informationsbereitstellung und besseren Zusammenarbeit der Akteure.

4 VORGEHEN

Die Abfolge der Studie sieht als erstes einen mehr technologisch getriebenen Überblick über die verschiedenen Zugangstechnologien vor. Dabei wird eine Beurteilung der Infrastrukturen nach technischen Eigenschaften, Marktattraktivität sowie Leistungsfähigkeit vorgenommen.

Im Weiteren erfolgt die Identifikation von Diensten und deren zukünftiger Nutzung differenziert nach verschiedenen Zielgruppen. Es entsteht ein Bild, welche Dienste zukünftig und in welchem Umfang nachgefragt werden. Darauf aufbauend werden entsprechende Technologien identifiziert, die diese Dienste im entsprechenden Zeithorizont bewältigen können.

Daran schließt sich eine Bestandsaufnahme der aktuellen Versorgungssituation an, um die Deckungslücken aufzuzeigen. Dies geschieht nicht aus netzplanerischer Sicht, sondern auf Basis einer generellen Abschätzung und Bewertung. Um eine Marktsicht bzw. Marktbeurteilung einfließen zu lassen, soll anschließend die Preis- und Leistungsentwicklung analysiert und prognostiziert werden. Hier liegt der Schwerpunkt auf der Identifikation der Deckungslücke zwischen den Parametern Marktpreis/Zahlungsbereitschaft einerseits sowie den Kosten des Ausbaus und Betriebs andererseits.

Die Studie schließt mit einer Diskussion der Rahmenbedingungen aus Sicht der Ergebnisse der Arbeit und legt Handlungsempfehlungen dar. Dies geschieht in Form einer Ergebnis- und daraus abgeleiteten Handlungsmatrix.

5 TECHNOLOGIEÜBERBLICK

In diesem Abschnitt werden die Architektur des Breitbandnetzes vorgestellt sowie potentielle Anschlusstechnologien beschrieben. Ziel ist es, ein grundlegendes Verständnis der Funktionsweise, Marktattraktivität sowie möglicher Übertragungsraten und Reichweiten zu vermitteln. Weiterhin werden neuere technische Entwicklungen und Ansätze zur Datenübertragung vorgestellt.

5.1 Architektur des Breitbandnetzes

Beim Breitbandnetz handelt es sich um ein so genanntes Next-Generation-Network (NGN). Als NGNs werden Telekommunikationsnetze bezeichnet, die auf einer rein paketvermittelnden Netzwerkarchitektur und –infrastruktur basieren. Sie sind weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass die Netzfunktionen wie Transport, Dienste und Steuerung auf unterschiedlichen Netzebenen ausgeführt werden. Die Kommunikation in NGNs basiert auf dem TCP/IP-Standard (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) und ist unabhängig vom Übertragungsmedium. Unterschiedliche Anschlusstechnologien und –medien erlauben damit eine Konvergenz zwischen festem und mobilem Zugriff der Teilnehmer auf alle Netzfunktionen und Breitbanddienste.⁴⁴

Der Breitbandverkehr durchläuft auf der Strecke zwischen Sender und Empfänger unterschiedliche Netzebenen. Stark vereinfacht umfasst das Breitbandnetz mit dem Kernnetz, dem Konzentrationsnetz und dem Teilnehmeranschlussnetz drei Netzebenen. (vgl. Abbildung 16)

⁴⁴ Vgl. ITU (2004), S. 4 ff.

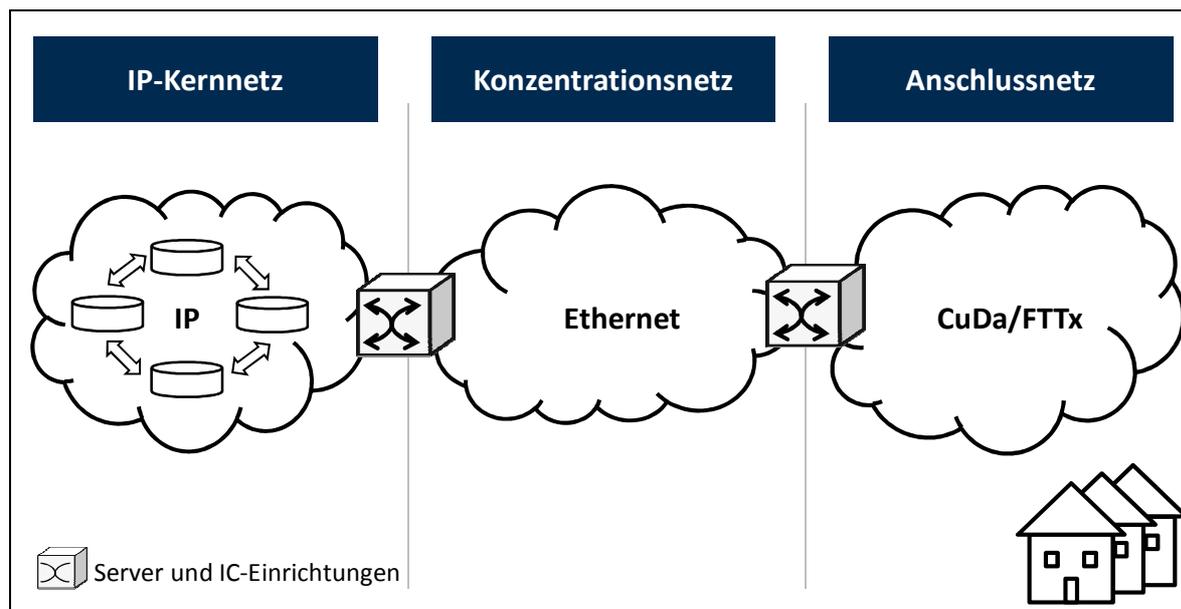


Abbildung 16: Stark vereinfachte Architektur des Breitbandnetzes⁴⁵

Kernnetz

Das Kernnetz wird auch als Backbone bezeichnet und stellt ein besonders leistungsfähiges Basisnetz dar, das aus den Netzen verschiedener Backbone-Netzbetreiber besteht und die Knoten der Netze (Central Offices) miteinander verbindet. Neben Transport und Weiterleitung der Verkehre werden im Kernnetz sämtliche Dienste bereitgestellt sowie Rechenzentren, Server und Interconnection-Einrichtungen integriert. Das Kernnetz besteht aus redundanten Ringstrukturen, die durch Glasfaserbündel mit sehr hoher Bandbreite realisiert werden. Ein Glasfaserbündel besteht aus zahlreichen Glasfasersträngen, die dünner als ein Menschenhaar sind und in den heutigen Netzen jeweils über 48 Übertragungskanäle verfügen. Pro Übertragungskanal wird derzeit eine Bandbreite von 100 Gbit/s erreicht. Durch Weiterentwicklung der verwendeten Übertragungsverfahren lässt sich die Bandbreite zukünftig deutlich steigern. Im Rahmen des TELEKOM OSIRIS (Optically Supported IP Router Interfaces) Forschungsprojektes wurde die Bandbreite im Feldtest bereits mehr als vervierfacht, so dass pro Glasfaser eine Geschwindigkeit von 24,6 Tbit/s erreicht wird.⁴⁶ Kernnetze verfügen zudem über ausreichende Reservekapazitäten in Form von unbeschalteter Glasfasern, so dass sich in diesem Netzsegment kein Engpass ergibt.

Konzentrationsnetz

Im Konzentrationsnetz werden die Verkehre der Anschlussnetze aggregiert und dem Kernnetz zugeführt. Dabei wird der Übergabepunkt zwischen Anschluss- und Konzentrationsnetz als Metropolitan Point of Presence (MPoP) und der Übergabepunkt zwischen

⁴⁵ Vgl. WIK (2009), S. 2.

⁴⁶ Vgl. Deutsche Telekom (2012a).

Konzentrations- und Kernnetz als Label-Edge-Router (LER) bezeichnet.⁴⁷ In Abhängigkeit von der verwendeten Anslusstechologie werden im Konzentrationsnetz verschiedene Netzkomponenten bzw. MPoPs bereitgestellt. Die Datenübertragung basiert auf der Ethernet-Technologie und wird in der Regel durch ein Glasfasernetz realisiert.⁴⁸

Teilnehmeranschlussnetz / „Letzte Meile“

Über diesen Netzabschnitt werden die Kunden an das Kommunikationsnetz angeschlossen. Das Teilnehmeranschlussnetz wird daher auch als „letzte Meile“ oder „Drop“ bezeichnet. Es erstreckt sich vom MPoP des Konzentrationsnetzes bis zum Netzabschlusspunkt auf der Teilnehmerseite. Die Abgrenzung zwischen Teilnehmeranschluss- und Konzentrationsnetz ist in NGNs von der verwendeten Anslusstechologie abhängig. In dieser Studie stellt das Teilnehmeranschlussnetz den Netzabschnitt dar, in dem die Verkehre noch nicht aggregiert übertragen werden.⁴⁹

Das Teilnehmeranschlussnetz stellt den langsamsten Teil des Breitbandnetzes dar. Im Gegensatz zu höheren Netzebenen handelt es sich dabei teilweise um ein sehr fein verzweigtes Netz, das bis in alle Gebäude führt und jedem Teilnehmer eine Anschlussleitung zur Verfügung stellt. Es wird zwischen Anslusstechologien unterschieden, die auf einem Shared Medium basieren (HFC, FTTx-GPON, Funktechnologien) sowie Anslusstechologien mit dediziertem Charakter (xDSL, FTTx), dass heißt die Anschlussleitung steht ab dem letzten aktiven Netzelement einem Teilnehmer exklusiv zur Verfügung. Die Länge der dedizierten Anschlussleitung variiert dabei je nach verwendeter Anslusstechologie.⁵⁰ Je kürzer diese Anschlussleitung, desto höher sind die Möglichkeiten einer Mehrfachausnutzung und damit Kosteneinsparung für die Netzbetreiber im Anschlussbereich. Ziel der Netzbetreiber ist es, die existierende Infrastruktur so effizient wie möglich zu nutzen, da eine Neuverlegung bzw. Überbauung bestehender Infrastruktur mit sehr hohen Ausbaurkosten pro Haushalt verbunden ist. Eine besondere Herausforderung stellt in diesem Zusammenhang die Überbrückung der „letzten Meile“ im ländlichen Raum dar, da mit steigender Anschlusslänge die Leistungsfähigkeit konventioneller Anslusstechologien abnimmt und die Anschlusskosten pro Haushalt stark ansteigen.⁵¹

Zur Realisierung des Teilnehmeranschlussnetzes stehen neben leitungsgebundenen, auch funkbasierte Anslusstechologien zur Verfügung. Die potentiellen Anschluss-

⁴⁷ Vgl. WIK (2009), S. 3.

⁴⁸ Vgl. Siegmund (2003), S. 183.

⁴⁹ Vgl. Müller (2003), S. 69 f.

⁵⁰ Vgl. WIK (2011a), S. 13 ff.

⁵¹ Vgl. Alby (2008), S. 202.

technologien, die auf unterschiedlichen Infrastrukturen basieren, werden in den folgenden Kapiteln näher vorgestellt.

5.2 Leitungsgebundene Anschlusstechnologien

Der Zugang zum Internet mittels leitungsgebundenen Anschlusstechnologien kann über das klassische Telefonnetz (xDSL), breitbandfähige Koaxialkabelnetze (HFC) sowie über optische Anschlussnetze (FTTx) erfolgen. Das „x“ kennzeichnet die verschiedenen Varianten der Technologien. Der Zugang über das Stromnetz mit Hilfe der Powerline Communication (PLC) ist ausschließlich für eine schmalbandige Internetversorgung geeignet und wird daher nicht betrachtet.

5.2.1 Zugang über das vorhandene Telefonnetz – xDSL

Unter dem Namen xDSL wird eine Protokollfamilie zur breitbandigen Datenübertragung über das Kupferanschlussnetz zusammengefasst. Der Zugang über das vorhandene Telefonnetz ist in Deutschland die am häufigsten genutzte Anschlusstechnologie. Ende 2011 basierten 86 % aller Breitbandanschlüsse in Deutschland auf xDSL.⁵² Die Teilnehmeranschlussleitung besteht aus einer dedizierten Kupferdoppelader pro Haushalt, die bis zum Hauptverteiler (HVt) reicht. Das Anschlussnetz wurde im Zuge des Netzausbaus durch den ehemaligen Staatsbetrieb Deutsche Telekom verlegt und wird heute von dessen Nachfolgerunternehmen (Incumbent) betrieben. Für die Mitnutzung dieses Netzabschnittes durch Wettbewerber (Competitors) fallen Entgelte an, die in Form der TAL-Gebühren reguliert sind. Innerhalb der xDSL-Protokollfamilie wird zwischen drei unterschiedlichen Übertragungsverfahren unterschieden: Symmetric Digital Subscriber Line (SDSL), Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) sowie Very High Speed Digital Subscriber Line (VDSL).

SDSL ist durch symmetrische Bandbreite im Up- und Downstream gekennzeichnet. Das Verfahren nutzt überwiegend die Frequenzbereiche klassischer Sprachtelefonie von 80 - 240 kHz und kann auf Basis von ISDN-Anschlüssen geschaltet werden. Mit der Weiterentwicklung SHDSL (Single-Pair Highspeed Digital Subscriber Line) lässt sich durch Bündelung mehrerer Übertragungskanäle eine symmetrische Bandbreite von bis zu 7,6 Mbit/s erreichen. Die Reichweite beträgt 5 - 8 km. Aufgrund des verwendeten Frequenzbandes ist SHDSL unanfällig gegenüber Störungen sowie Nebensprechen und weist eine sehr hohe Signalqualität auf. Das Verfahren wird vorrangig zum Anschluss von kleineren Geschäftskunden oder Mobilfunkbasisstationen in Gebieten genutzt, in denen kein ADSL verfügbar ist. Aufgrund der niedrigen Bandbreite besitzt es eine geringe Relevanz am Markt.⁵³

⁵² Vgl. BNetzA (2012a), S. 73.

⁵³ Vgl. BMWi (2009), S. 15 f.

Mit ADSL werden asymmetrische Bandbreiten bereitgestellt, bei denen der Downstream um den Faktor fünf bis zehn höher ist als der Upstream. Zur Datenübertragung wird der Frequenzbereich 0,14 - 2,2 MHz genutzt, der oberhalb von POTS/ISDN liegt. Dazu werden die Frequenzen von Sprache und Daten aufgespaltet und die Datensignale auf höhere Frequenzbänder aufmoduliert. Durch die Verwendung eines breiteren und höheren Frequenzbereiches kann im Gegensatz zu SHDSL eine deutlich höhere Datenrate erzielt werden. Mit zunehmender Länge der Anschlussleitung nimmt der Dämpfung insbesondere bei hohen Frequenzen zu und die zur Verfügung stehende Bandbreite dementsprechend ab. Weiterhin treten Verzerrungen, Resonanzeffekte, Fremdeinstrahlungen sowie Nebensprecheffekte (Crosstalk) zwischen benachbarten Leitungen auf, die hohe Anforderungen an das verwendete Modulationsverfahren sowie die Codierung erfordern.⁵⁴ Mit der Weiterentwicklung ADSL2+ lassen sich über kurze Entfernungen bis zu 3 km hohe Datenraten von bis zu 32 Mbit/s erreichen. Mit dem Verfahren RADSL (Rate-Adaptive Digital Subscriber Line) werden ebenfalls asymmetrische Bandbreiten bereitgestellt. Es handelt sich um ein dynamisches Verfahren, bei dem je nach Bedarf die Bandbreite des Upstreams zugunsten des Downstreams dynamisch reduziert werden kann. Dadurch lassen sich Datenraten von bis zu 1,5 Mbit/s über Entfernungen bis zu 5 km übertragen. Es handelt sich um ein Nischenverfahren, dass in Deutschland nicht genutzt wird.

VDSL stellt eine Hybridtechnologie dar, bei der Teile des klassischen Kupferanschlussnetzes mit Glasfaser überbaut werden, um höhere Datenraten zu erzielen. Daher wird VDSL den optischen Technologien FTTx zugeordnet und in Kapitel 5.2.2 vorgestellt.

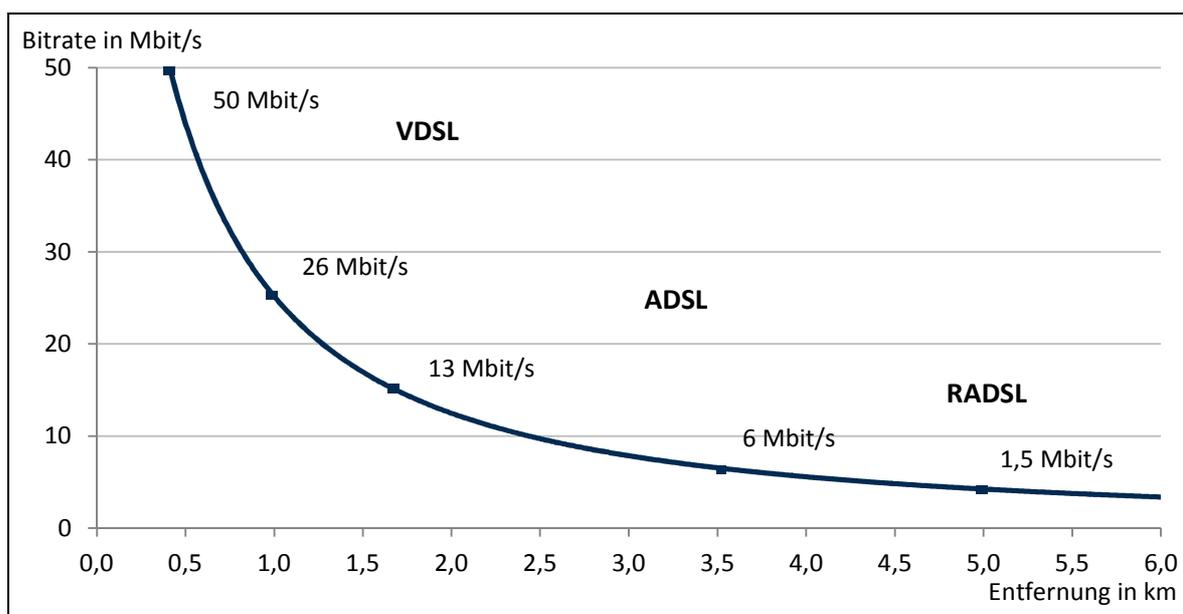


Abbildung 17: Leitungsfähigkeit (Bitrate im Downstream) ausgewählter DSL-Technologien im Überblick

⁵⁴ Vgl. Smith (2003), S. 451 ff.

In Abbildung 17 sind die Datenraten und genutzten Frequenzbereiche der verschiedenen xDSL Verfahren sowie ihre maximale Reichweite abgetragen. Die negative Korrelation zwischen der Geschwindigkeit und der Länge der Anschlussleitung wird sofort ersichtlich. Die Vermarktung der xDSL Verfahren erfolgt oft nicht unter deren korrekten technischen Bezeichnung. So handelt es sich in Deutschland bei DSL oder ADSL-Angeboten größtenteils um ADSL2+-Anschlüsse und bei VDSL-Angeboten stets um VDSL2-Anschlüsse.

5.2.2 Zugang über Koaxialkabelnetze – HFC

Diese Zugangstechnologie basiert auf bestehenden Kabelfernsehtnetzen, die zu breitbandigen Kommunikationsnetzen aufgerüstet worden sind. Kabelfernsehtnetze werden in vier Netzebenen gegliedert, die in einer baumförmigen Struktur aufgebaut sind. Die 1. Ebene umfasst die TV-Programmanbieter, die 2. Ebene die Kabelkopfstationen, die 3. Ebene die Straßenverteiler und die 4. Ebene die Hausverteiler.⁵⁵

Die Netze waren ursprünglich für eine unidirektionale Übertragung von analogen Rundfunk- und Fernsehinhalten konzipiert und vollständig aus Koaxialkabeln aufgebaut. Im Zuge der Digitalisierung und Aufrüstung wurden Glasfaserleitungen bis in die Netzebene 2 geführt, so dass Koaxialkabel mittlerweile ausschließlich im Zugangsbereich verwendet wird. Moderne Kabelfernsehtnetze werden daher als Hybrid-Fibre-Coax-Networks (HFC) bezeichnet. Die optisch-elektrischen Schnittstellen zwischen dem Glasfaser und Koaxialkabelnetz werden als Optical Network Interfaces (ONI) bezeichnet. Die Netzaufrüstung umfasst weiterhin die Erweiterung des nutzbaren Frequenzspektrums auf 862 MHz, die Bereitstellung von Rückkanälen zur Datenübertragung, die Installation von Internetschnittstellen in der Netzebene 2 (Kabelkopfstationen), die Ausstattung des Verteilernetzes mit rückkanalfähigen Verstärkern, teilweise eine Änderung hausinterner Verkabelung auf Netzebene 4 sowie die Installation einer breitbandfähigen Kabelfernsehdose beim Teilnehmer und die Bereitstellung geeigneter Customer Premises Equipments (CPEs).⁵⁶

Die Datenübertragung in HFC-Netzen erfolgt durch die gleichzeitige Übertragung von sehr vielen Einzelkanälen. Die zur Verfügung stehende Bandbreite wird in unterschiedliche Trägerkanäle aufgeteilt, die für die Nutzsignale verwendet werden können. Hinsichtlich der physikalischen Übertragungseigenschaften ist das Koaxialkabel durch seine Schirmung der klassischen Kupferdoppelader aus Telefonnetzen deutlich überlegen und für hochfrequente Signalübertragung ausgelegt. Die Signalübertragung ist damit weni-

⁵⁵ Vgl. DIW (2004), S. 33.

⁵⁶ Vgl. Schmoll (2003).

ger stör anfällig und erlaubt die Nutzung großer Frequenzbereiche.⁵⁷ Dadurch können Signale ohne Geschwindigkeitseinbußen über deutlich längere Strecken als bei xDSL übertragen werden. Unter Verwendung der Spezifikation DOCSIS 3.0 lassen sich Distanzen von bis zu 150 km erreichen.⁵⁸

Bei HFC-Netzen handelt es sich um ein „Shared Medium“. Es sind mehrere Teilnehmer zu Clustern oder Nodes zusammengefasst, die sich die verfügbare Bandbreite von derzeit 5 Gbit/s im Down- und 150 Mbit/s im Upstream über eine baumförmige Netzstruktur teilen. Auffallend ist hierbei die hohe Asymmetrie zwischen Down- und Upstream im Vergleich zu xDSL-Technologien. Im Gegensatz zum Downstream, werden beim Upstream von Daten durch den Teilnehmer das Rauschen der einzelnen Anschlüsse in das Netz eingespeist. In den Verstärkerkaskaden wird das Signal nicht wiederhergestellt, sondern ausschließlich der Signalpegel erhöht. Dies führt automatisch zu einer Addierung und Verstärkung des Rauschens auf dem Rückkanal, was sehr robuste Modulationsverfahren erfordert und zu einer niedrigeren Bandbreite im Upstream führt.⁵⁹ Der Upstream wird daher auch als Achillesferse von HFC bezeichnet.

Die Kabelanbieter vermarkten momentan Produkte mit bis zu 150 Mbit/s im Down- und 6 Mbit/s im Upstream. Die Bandbreite der HFC-Netze wird zukünftig weiter ansteigen. Durch den Einsatz neuer Übertragungsverfahren wie DVB-C2 wird eine Bandbreite von 8 Gbit/s erreicht. Wenn im Zuge der Digitalisierung des Rundfunks keine analogen Inhalte mehr eingespeist werden, wird zusätzlich 50 % des nutzbaren Frequenzspektrums zur Datenübertragung frei. Die konventionelle Einspeisung von Spartenkanälen kann zugunsten von Switched Digital Video (SDV) ebenfalls eingestellt werden. Eine weitere Erhöhung der Kapazität wird durch die dynamische Zuweisung von Bandbreiten erfolgen. Statt Ressourcen statisch zuzuweisen, können sie clusterspezifisch eingespeist werden.⁶⁰

Zur Erhöhung der Datenraten kann der weitere Ausbau von HFC-Netzen sehr bedarfsorientiert erfolgen. Dafür werden ONIs und damit Glasfasern näher an die Teilnehmer herangeführt und die Clustergröße entsprechend verringert (Node Split). Die Anzahl der Teilnehmer, die sich die zur Verfügung stehende Datenrate teilen müssen, reduziert sich dadurch ebenfalls. Streng genommen handelt es sich bei HFC-Netzen um eine FTTC-Lösung. Teilweise ist es mit geringen Grabungskosten und baulichen Veränderungen möglich, HFC-Netze auf FTTB/FTTH aufzurüsten. Glasfaserleitungen sind um ein vielfaches dünner als Koaxialleitungen, so dass vorhandene Kabelschächte und sogar Inhouse-Kabelkanäle für die Installation verwendet werden können. Bei der Installation

⁵⁷ Vgl. WIK (2006), S. 87.

⁵⁸ Vgl. Keller (2001), S. 234 ff.

⁵⁹ Vgl. Sietmann (2010).

⁶⁰ Vgl. Mansmann (2010) und Motorola (2009), S. 21 ff.

ist ein einmaliger Zugang zu allen Teilnehmern erforderlich, damit die Anschlussdose sowie das CPE getauscht werden können.⁶¹

5.2.3 Zugang über optische Technologien – FTTx

Unter dem Begriff FTTx wird eine Reihe von optischen Zugangstechnologien zusammengefasst. Im Zuge des Netzausbaus im klassischen Telefonnetz werden Glasfaserleitungen immer näher an die Teilnehmer herangeführt. Der letzte verbleibende Netzabschnitt bis zum Teilnehmer wird weiterhin über die bestehenden Kupferanschlussleitungen realisiert. Je nachdem wie weit die Glasfaser bis an den Teilnehmer heranreicht, werden unterschiedliche FTTx-Ausbaustufen unterschieden, die nachfolgend vorgestellt werden.

Fibre to the Curb (FTTC)

Bei dieser Ausbaustufe werden die Glasfasern von der Ortsvermittlungsstelle bis zum Kabelverzweiger in der Nähe der Teilnehmer geführt. Daher wird dieses Verfahren auch als Fibre to the node (FTTN) bezeichnet. Der Kabelverzweiger wird unter anderem mit einem Outdoor-DSLAM ausgerüstet, der die elektrisch-optische Signaltransformation durchführt und die Schnittstelle zwischen Glasfaser- und Kupferanschlussnetz darstellt. Diese Technologie wird in Deutschland im Rahmen des VDSL2-Ausbaus genutzt, bei der die Teilnehmer über eine hybride TAL an das Kommunikationsnetz angeschlossen werden.⁶² VDSL2 ist gegenüber xDSL-Technologien abwärtskompatibel und verwendet ebenfalls Frequenzbänder oberhalb von POTS/ISDN. Die maximale Bandbreite beträgt 30 MHz und erlaubt eine theoretische bidirektionale Datenrate von bis zu 100 Mbit/s. Aufgrund der hohen Frequenzen beträgt die maximale Länge der Kupferanschlussleitung 500 – 800 Meter, über die derzeit 50 Mbit/s im Downstream und 12,5 Mbit/s im Upstream angeboten werden. Unter den Begriffen Vectoring, Bonding und Phantomring werden neue VDSL-Verfahren zusammengefasst, mit denen sich die Bandbreiten deutlich steigern lassen. (Vgl. Kapitel 5.4)

Fibre to the Building (FTTB)

Bei FTTB werden die Glasfasern bis zum Endverteiler im Gebäude der Teilnehmer geführt. Dort erfolgt mit Hilfe eines Indoor-DSLAMs die optisch-elektrische Signalumsetzung. Anschließend wird die Datenübertragung auf VDSL2-Basis über die vorhandene kupferbasierte Hausverkabelung bis in die einzelnen Wohneinheiten realisiert. Diese Technologie wird verwendet, um die bestehenden OPAL-Netze, die sich überwiegend

⁶¹ Vgl. BKtel (2008), S. 29 ff.

⁶² Durch die Aufrüstung der Ortsvermittlungsstelle mit einem Indoor-DSLAM können alle Teilnehmer in unmittelbarer Nähe ebenfalls VDSL2-Leistungen in Anspruch nehmen.

in den neuen Bundesländern befinden, mit Breitband zu erschließen.⁶³ Dazu sind erhebliche Investitionen in die Netztechnik sowie teilweise Grabungsarbeiten notwendig. In Dresden Blasewitz bzw. Striesen hat die Deutsche Telekom ein passives FTTB-Netz als Modellprojekt auf GPON-Basis aufgebaut. Aufgrund der hohen Investitionskosten wurden nur Wohnhäuser mit mehr als fünf Teilnehmern angeschlossen.⁶⁴ Für jeweils bis zu 30 Haushalte steht eine maximale Bandbreite von insgesamt 2,5 Gbit/s im Down- und 1,25 Gbit/s im Upstream zur Verfügung.⁶⁵ Zukünftig lässt sich die Datenrate auf Basis von XGPON vervierfachen.⁶⁶ In den Ausbaugebieten werden derzeit Produkte auf VDSL2-Basis vermarktet.

Fibre to the Home (FTTH)

Bei FTTH werden die Glasfasern bis in die Wohnung des Teilnehmers geführt. Im Optical Network Termination (ONT) erfolgt die optisch-elektrische Signalumwandlung, anschließend werden die Signale über gängige Wohnungs-Verkabelungen weitergeführt. Mit FTTH können Bandbreiten > 1 Gbit/s übertragen werden. In Deutschland ist FTTH nur vereinzelt verfügbar. Im Rahmen des Projektes „Giganetz“ hat die Deutsche Telekom beispielsweise einige Stadtteile von Chemnitz erschlossen. Momentan werden Produkte mit bis zu 200 Mbit/s im Down- und 100 Mbit/s im Upstream vermarktet.⁶⁷

⁶³ Vgl. Deutsche Telekom (2000), S. 113 ff. Im Rahmen des Projektes „Optisches Anschlussleitungssystem OPAL“ wurde in den neuen Bundesländern ein hybrides Teilnehmeranschlussnetz (OPAL/ISIS) für 25 Mrd. Euro ausgebaut. Vgl. BNetzA (2007), S. 10 f.

⁶⁴ Vgl. Dresden (2011).

⁶⁵ Vgl. FTTH Council Europe (2012), S. 40 f.

⁶⁶ Vgl. Teltarif (2012).

⁶⁷ Vgl. Deutsche Telekom (2012b).

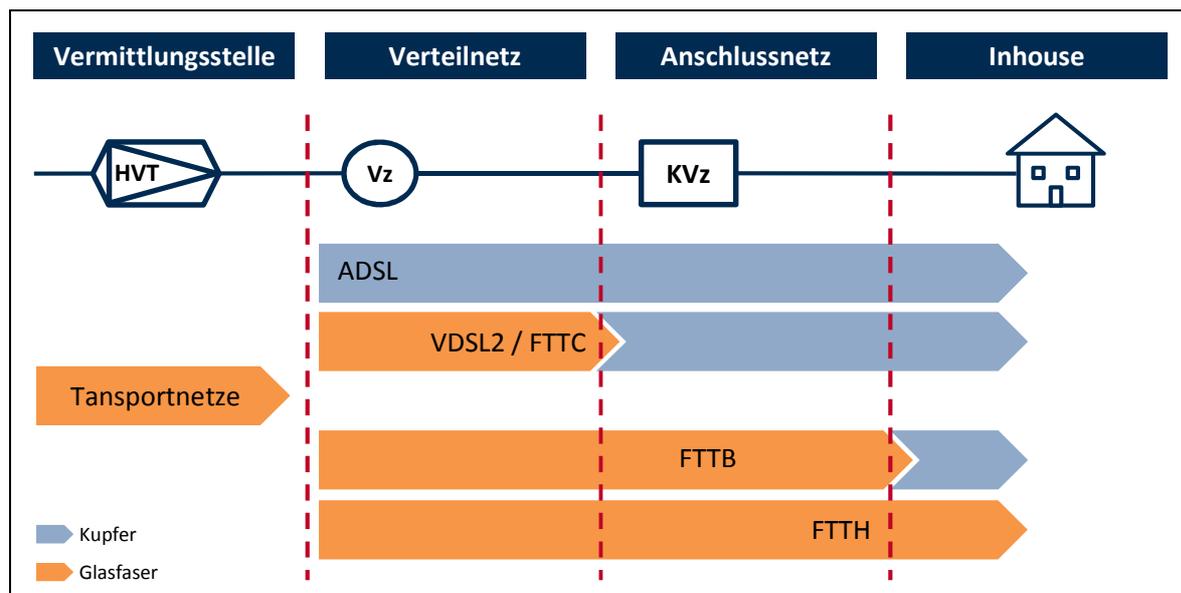


Abbildung 18: Darstellung von FTTx Technologien⁶⁸

Im Rahmen der vorgestellten Technologien werden die Glasfasern nur bei FTTH bis zum Teilnehmer geführt. FTTC und FTTB hingegen stellen eine Hybridlösung aus Glas- und Kupferanschlussnetz dar. Damit einhergehen die bereits diskutierten Reichweiten- und Bandbreitenbeschränkungen des Kupferanschlussnetzes. Je näher die Glasfaser an den Teilnehmer herangeführt wird, desto höher sind die erreichbare Bandbreite.

5.3 Drahtlose Zugangstechnologien

In diesem Abschnitt werden die Mobilfunknetze der 3. und 4. Generation vorgestellt und wird auf die Möglichkeit der Datenübertragung via Satellit eingegangen. Weiterhin werden die Besonderheiten von drahtlosen Zugangstechnologien gegenüber leitungsgebundenen skizziert.

Ältere Mobilfunktechnologien eignen sich aufgrund der erreichbaren Datenraten nicht für eine breitbandige Internetversorgung. Die Nischentechnologie Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) wird aufgrund ihrer geringen Marktrelevanz und fehlenden Perspektive nicht untersucht. Funktechnologien für den Nahbereich sowie die Heim- und Bürovernetzung, wie z. B. WLAN, werden aufgrund ihrer sehr kurzen Reichweite ebenfalls nicht betrachtet.

5.3.1 Mobilfunknetze der 3. Generation – UMTS, HSPA+

Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) ist als Nachfolger von Global System for Mobile Communications (GSM) einer der Standards der 3. Generation der Mobilfunknetze. Wesentliche Merkmale sind neben der Verbesserung von Sicherheitsmerkmalen, die Einführung von Location Based Services (LBS) sowie die Erhöhung der

⁶⁸ Vgl. Deloitte (2011a), S. 5.

Datenrate für neue multimediale Dienste. UMTS wurde als europäischer Vorschlag von der ETSI in das ITU Projekt IMT-2000⁶⁹ eingebracht und im Jahr 2000 schließlich als eine von fünf Funkschnittstellen für IMT-2000 verabschiedet. Seit 1999 wird die Weiterentwicklung des Standards vom 3GGP fortgeführt.⁷⁰ In Deutschland wird der Frequenzbereich um 2.000 MHz genutzt. Zwölf FDD⁷¹- und fünf TDD-Frequenzbänder⁷² wurden im Jahr 2000 für die unerwartet hohe Summe von insgesamt 99,4 Mrd. DM versteigert.⁷³ Die ersten kommerziellen Netze gingen 2004 in Betrieb. Seit der Markteinführung wurden zahlreiche neue Releases zur Weiterentwicklung von UMTS eingeführt. So stellt HSPA eine Erweiterung des Mobilfunkstandards UMTS dar, der sich in HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) zur Steigerung der Datenraten im Downlink und HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) für höhere Datenraten im Uplink gliedert. Mit HSUPA im Uplink können derzeit maximal 5,76 Mbit/s erreicht werden und mit HSDPA bzw. der Erweiterung HSPDA+ ist eine theoretische Bandbreite von 168 Mbit/s vorgesehen. Praktisch werden im Downlink momentan bis zu 42 Mbit/s erreicht. Die Datenraten lassen sich nur erzielen, wenn die gesamte Bandbreite einem Teilnehmer zur Verfügung steht.⁷⁴ Die UMTS-Netze sind sehr gut ausgebaut und verfügen über eine Netzabdeckung von knapp 70 %. Damit werden in Abhängigkeit vom Netzbetreiber zwischen 70 % und 84 % der Bevölkerung erreicht.⁷⁵

5.3.2 Mobilfunknetze der 4. Generation – LTE, LTE Advanced

LTE stellt die 4. Generation von Mobilfunknetzen dar und basiert auf einer evolutionären Weiterentwicklung von UMTS/HSPA. Zur Einführung von LTE müssen keine neuen Basisstationen errichtet werden. Stattdessen können bestehende Basisstationen und Netzelemente kostengünstig aufgerüstet werden. Der Betrieb von LTE Netzen kann parallel zu bestehenden GSM/UMTS Netzen erfolgen. LTE zeichnet sich durch die Bereitstellung von sehr hohen Datenraten in Mobilfunknetzen aus und ist vollkommen auf die Übertragung von Daten statt Sprache ausgerichtet. Damit wird die Grundvoraussetzung geschaffen, mobiles Internet massenmarktfähig zu machen.⁷⁶ Mit der Standardisierung

⁶⁹ Das ITU Projekt IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000) sollte die weltweit unterschiedlichen Interessen für einen Mobilfunkstandard der 3. Generation im Frequenzbereich 2.000 MHz harmonisieren. Die im Jahr 2000 verabschiedeten fünf Funkschnittstellen der 3G Systemfamilie sind UTRA FDD, UTRA TDD, CDMA2000, EDGE und DECT. Vgl. ITU (2005).

⁷⁰ Vgl. Roth (2005), S. 57 ff.

⁷¹ FDD - Abkürzung von Frequency Division Duplex, einer Multiplexvariante von UMTS, bei der Up- und Downlink auf verschiedenen Frequenzen erfolgt. Vgl. ITU (2003), S. 3.

⁷² TDD - Abkürzung von Time Division Duplex, einer Multiplexvariante von UMTS, bei der Up- und Downlink auf identischen Frequenzen erfolgt. Vgl. ITU (2003), S. 8.

⁷³ Vgl. BnetzA (2001), S. 51.

⁷⁴ Vgl. Elektronik Kompendium (2012a).

⁷⁵ Vgl. BNetzA (2012a), S. 88.

⁷⁶ Vgl. LTEmobile (2010), S. 4.

wurde im Jahr 2004 durch das 3GPP begonnen und im Dezember 2009 das Release 9 fixiert.⁷⁷ Der von LTE in Deutschland genutzte Frequenzbereich wurde im Mai 2010 von der Bundesnetzagentur für eine Gesamtsumme von 4,4 Mrd. Euro an T-Mobile, Vodafone und o2 versteigert.⁷⁸ Gegenüber UMTS steigen die Quality of Service Parameter (QoS) sowie die maximal verfügbaren Datenraten um den Faktor zehn auf bis zu 86 Mbit/s im Uplink und bis zu 326 Mbit/s im Downlink bei 20 MHz Bandbreite.⁷⁹ Durch die Verwendung der 800 MHz Frequenzblöcke ist eine flächendeckende Breitbandversorgung auch im ländlichen Raum möglich. Beim Ausbau der LTE-Netze unterliegen die Netzbetreiber den Ausbaupflichtungen der Bundesnetzagentur anhand von Prioritätsstufen. Insbesondere sind Städte und Gemeinden mit weniger als 5.000 Einwohnern mit mobilem Breitband zu versorgen.⁸⁰

Bei LTE Advanced handelt es sich um eine Weiterentwicklung von LTE. Das 2011 normierte LTE Release 10 erlaubt theoretische Übertragungsraten von bis zu 1 Gbit/s im Downlink und 500 Mbit/s im Uplink. Zudem wird die Reichweite der Basisstationen erhöht, was zu einer Verbesserung der Signalqualität insbesondere an den Zellenrändern führt. Die Leistungssteigerung wird durch den Einsatz von Frequenzträgerbündelung, Mehrantennentechnik (MIMO) sowie Einrichtung von netzseitigen Relay-Stationen (Relay-Nodes) erreicht.⁸¹

5.3.3 2-Wege-Satellitenverbindung

Eine weitere Zugangstechnologie ist die Anbindung via 2-Wege-Satellitenverbindung. Im Gegensatz zu einem klassischen Satelliten-TV verfügt dieses System über einen Rückkanal zum Senden von Daten. Das System besteht teilnehmerseitig aus einem speziellen Modem, einem rückkanalfähigen Low Noise Block Converter (LNB) sowie aus einer Satellitenantenne, die exakt auf den Satelliten ausgerichtet werden muss. Anbieterseitig verläuft die Kommunikation über einen Satelliten mit geeignetem Transponder, der wiederum über die Kopfstation mit dem Internet verbunden ist. Die technische Realisierung ist sehr aufwendig und insbesondere teilnehmerseitig mit deutlich höheren Kosten im Vergleich zu alternativen Zugangstechnologien verbunden. Der Aufbau einer 2-Wege-Satellitenverbindung ist in Abbildung 19 schematisch dargestellt.

⁷⁷ Vgl. 3GPP (2012).

⁷⁸ Vgl. Neuhetzki (2010a).

⁷⁹ Vgl. Elektronik Kompendium (2012b).

⁸⁰ Vgl. Neuhetzki (2010b).

⁸¹ Vgl. Elektronik Kompendium (2012c).

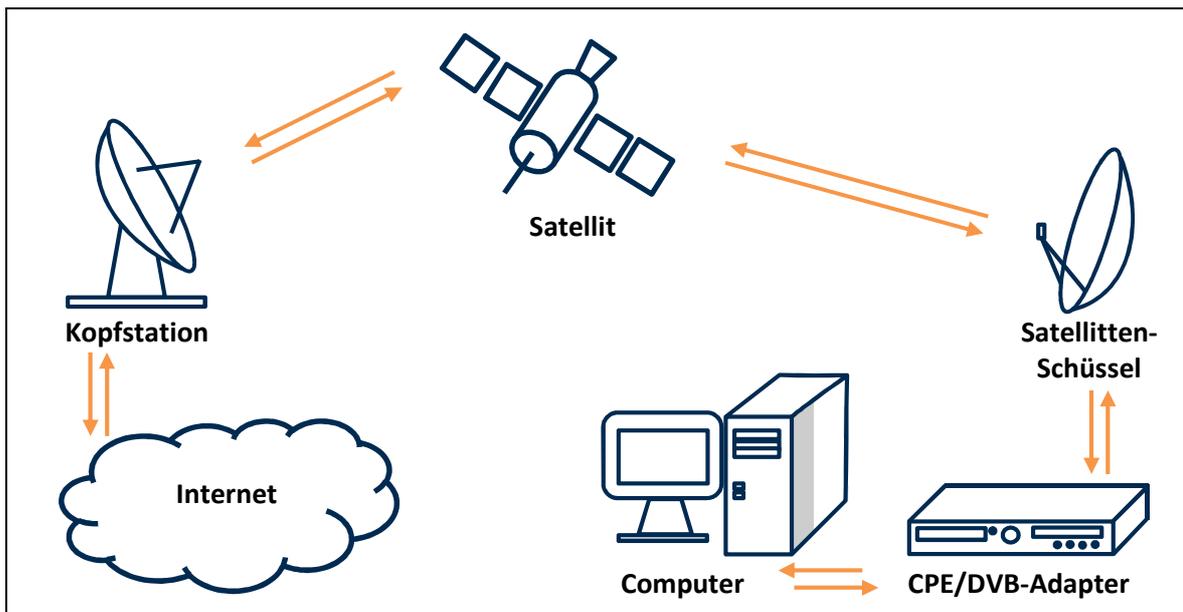


Abbildung 19: Schematischer Aufbau einer 2-Wege-Satellitenverbindung⁸²

Bei der Satellitenkommunikation handelt es sich ebenfalls um ein Shared Medium. Damit gelten die gleichen Einschränkungen wie bei den bisher vorgestellten drahtlosen Zugangstechnologien. Allerdings besteht ein wesentlicher Unterschied in der Zellgröße des Satelliten. Während eine Mobilfunkzelle einen Radius von wenigen hundert Metern bis Kilometern aufweist, sind es bei Satelliten mehrere tausend Kilometer. Die Dimensionierung der Zelle ist dementsprechend ambitioniert. Die vermarktete Bandbreite liegt derzeit bei 10 Mbit/s im Down- und 4 Mbit/s im Upstream. Allerdings handelt es sich bei den Angaben um „bis zu“ Werte, die nur unter optimalen Bedingungen außerhalb der Hauptverkehrszeit erreicht werden. Zudem wird der zur Verfügung stehende Traffic begrenzt.⁸³

Ein weiterer Nachteil dieser Technologie sind die hohen Latenzzeiten, die sich zwangsläufig aus der Entfernung zwischen den Netzelementen ergeben. Die Latenzzeiten liegen bei mehr als 300 ms und können in der Hauptverkehrszeit bis zu 700 ms erreichen, während sie bei xDSL deutlich unter 100 ms liegen. Dies führt zu Nutzungseinschränkungen bei zeitkritischen Diensten.⁸⁴

Demnach stellt diese Zugangsvariante aufgrund der niedrigen Bandbreiten, Trafficbeschränkung und hohen Latenzzeiten keine vollwertige Alternative für die massentaugliche Breitbandversorgung dar. Die Nischentechnologie eignet sich vielmehr zur Versorgung im ländlichen Raum, in denen kein wirtschaftlicher Betrieb sonstiger Breitbandtechnologien möglich ist.

⁸² Vgl. Elektronik Kompendium (2012d).

⁸³ Vgl. skyDSL (2012).

⁸⁴ Vgl. Elektronik Kompendium (2012d).

5.3.4 Besonderheiten von Mobilfunktechnologien

Bei der Breitbandversorgung mittels Mobilfunktechnologien ist eine Reihe von Besonderheiten zu beachten. Die erreichbaren Datenraten sowie die Reichweite der Datenübertragung sind wesentlich von den genutzten Frequenzbändern, der Sendeleistung, den topografischen Gegebenheiten sowie dem verwendeten Mobilfunkstandard abhängig. Aufgrund der Ausbreitungseigenschaften von elektromagnetischen Wellen gilt: je höher der Frequenzbereich, desto geringer die Reichweite, je breiter das Frequenzband und je größer die Anzahl der damit zur Verfügung stehenden Kanäle, desto höher ist die erreichbare Datenrate.⁸⁵

Weiterhin ist die Ausdehnung von modernen Mobilfunkzellen wesentlich von der Anzahl der zu versorgenden Teilnehmer abhängig. Dieser Zusammenhang wird umgangssprachlich auch als „atmen“ der Zellen beschrieben. Je mehr Teilnehmer in einer Funkzelle auf Mobilfunkdienste zugreifen, desto mehr Rauschen bzw. Störfrequenzen werden durch die Teilnehmer erzeugt. Um die Signalübertragung dennoch zu gewährleisten, muss die Sendeleistung der Teilnehmergeräte erhöht werden. Da die Sendeleistung nur begrenzt erhöht werden kann, verringert sich die maximale Entfernung der Teilnehmer zur Basisstation und damit die Zellgröße. Um die Kapazitäten bedarfsgerecht bereitzustellen, werden die Mobilfunkzellen in mehrere Zellsektoren aufgeteilt. Die Größe der Zellen wird also dynamisch an den Bedarf angepasst. Dennoch liegen die maximal erzielbaren Datenraten in der Praxis deutlich unter 50 % der angegebenen Übertragungsgeschwindigkeiten.

Bei allen vorgestellten Mobilfunknetzen handelt es sich um ein Shared Medium, in dem sich alle aktiven Teilnehmer die insgesamt zur Verfügung stehende Bandbreite teilen. Aufgrund von technischen sowie betriebswirtschaftlichen Beschränkungen wird die maximal zur Verfügung stehende Bandbreite durch die Anbieter überbucht. Das führt dazu, dass mit steigender Nutzungsintensität die Bandbreite für den Einzelnen entsprechend reduziert wird. Insbesondere in der Hauptverkehrsstunde kann es zu erheblichen Einschränkungen kommen. Die Netzbetreiber versuchen daher durch tarifliche Einschränkungen die extensive Nutzung hoher Bandbreiten einzuschränken. Nach Erreichen eines festgelegten Transfervolumens wird die Datenrate auf ein sehr niedriges Niveau gedrosselt. Die Anbieter vermarkten derzeit LTE-Produkte, bei denen diese Grenze je nach Tarif bei 5 - 30 GB Transfervolumen pro Monat liegt. Im Vergleich zu den angebotenen Bandbreiten ist dieses Datenvolumen sehr niedrig und erlaubt keine permanente Nutzung von Breitbanddiensten. Das Transfervolumen von 30 GB ist bei einer durchschnittlichen Datenrate von 100 Mbit/s in weniger als einer Stunde verbraucht. Damit ist LTE derzeit nur begrenzt in der Lage, eine echte Breitbandanbindung zu ge-

⁸⁵ Vgl. BMWi (2009), S. 19f.

währleisten. Bei drahtgebundenen Zugangstechnologien bestehen teilweise ebenfalls Volumenbegrenzungen, die allerdings deutlich höher liegen. Zudem ist die Nutzung breitbandiger Dienste auch nach Erreichen der Drosselungsgrenze ohne Probleme möglich, da die Datenrate trotz Drosselung immer noch Breitbandcharakter hat (z. B. 6 Mbit/s statt 50 Mbit/s).

Mit steigender Nutzungsintensität bzw. höherem Bandbreiten- und Trafficbedarf muss die Größe der Funkzellen zunehmend verkleinert, also die Anzahl der Basisstationen erhöht werden. Aktuelle Entwicklungen sehen beispielsweise so genannte Pico-Zellen in Innenstädten vor. Die Basisstationen wiederum müssen über leistungsfähige Infrastruktur angeschlossen werden, um den Verkehr abzuführen. Die Anbindung erfolgt größtenteils über Glasfaseranschlüsse. Der Ausbau der Mobilfunknetze führt demnach zwangsläufig dazu, dass die Glasfaser näher an den Teilnehmer geführt wird.

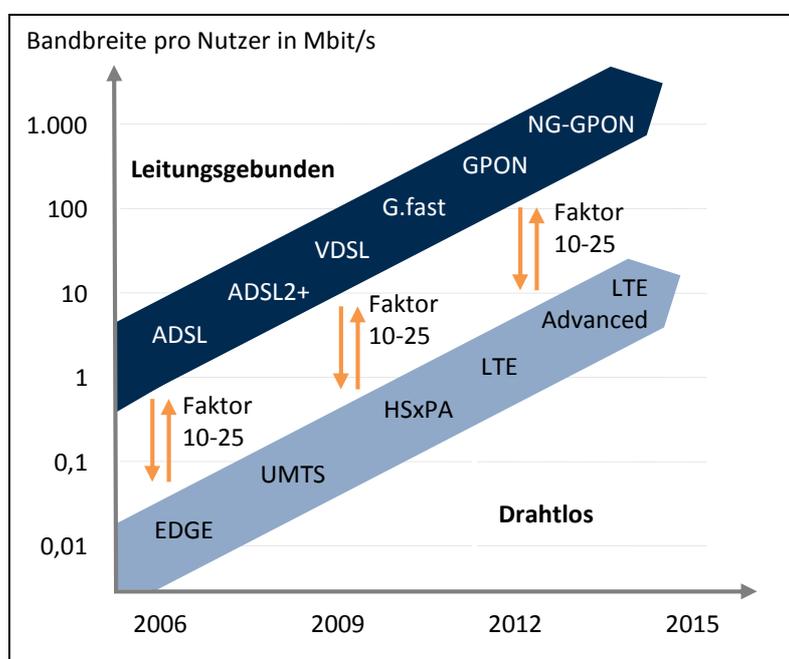


Abbildung 20: Entwicklung der kabelgebundenen und drahtlosen Breitbandtechnologien im Vergleich⁸⁶

Die Bandbreiten von drahtlosen Kommunikationstechnologien liegen durchschnittlich um den Faktor 10 – 25 hinter den kabelgebundenen Technologien zurück (vgl. Abbildung 20). Dies ist insbesondere auf die Komplexität der Hochfrequenztechnologie, der Eigenschaft als Shared Medium sowie auf physische Störeinflüsse, die mit einer Funkübertragung einhergehen, zurückzuführen.

5.4 Neue xDSL-Verfahren zur Steigerung der Bandbreite

In den vorangegangenen Abschnitten wurde bereits diskutiert, dass es sich bei der klassischen Kupferdoppelader um ein Zugangsmedium handelt, das von seinen physi-

⁸⁶ Vgl. Deutsche Telekom (2012c), S. 4.

schen Eigenschaften im Gegensatz zum Koaxialkabel nicht dazu geeignet ist, hochfrequente Signale zu übertragen. Daher sind xDSL-Verfahren in ihrer Reichweite grundsätzlich stark limitiert.

Ein vollständiger Ausbau von zukunftssicheren Glasfaseranschlüssen erfordert hohe Investitionen, vor allem Grabungsarbeiten und Installation. Daher versuchen die Anbieter die Lebensdauer der klassischen Kupferdoppelader zu verlängern, also auf Basis der bestehenden Infrastruktur höhere Datenraten zu erzielen.⁸⁷ Damit einher verläuft die stetige Migration klassischer Kupferanschlussnetze hin zu hybriden FTTx-Netzen, da die Länge der Kupferanschlussleitung immer weiter reduziert wird. Am Markt wird derzeit eine Reihe von xDSL-Verfahren diskutiert, die eine nochmalige deutliche Steigerung der Bandbreite bzw. Reichweite ermöglichen sollen. Dabei handelt es sich um Bonding, Vectoring und G.fast (Omega-DSL).⁸⁸

Bei Bonding werden mehrere Adernpaare zur Datenübertragung genutzt. Mit DSL-Vectoring werden die Signalstärken dynamisch angepasst, um Störungen und Übersprechen durch andere Adernpaare zu minimieren. Mit Hilfe von Vectored-Bonding (Phantom Mode) werden die Vorteile beider Verfahren kombiniert und virtuelle Kanäle zur Datenübertragung erzeugt. Das noch nicht standardisierte G.fast (Omega DSL) wird die Übertragung sehr hoher Datenraten von bis zu 2 Gbit/s über sehr kurze Entfernungen erlauben. Die vorgestellten Verfahren können teilweise auch kombiniert eingesetzt werden, um eine höhere Leistungsfähigkeit zu erreichen und damit die nachrichtentechnisch maximale Datenrate der Kupferdoppelader nahezu vollständig zu nutzen.

5.4.1 Bonding

Bei Bonding handelt es sich um eine in der Telekommunikation seit Jahren bekannte Technik (vgl. SHDSL). Statt über eine Kupferdoppelader erfolgt die Signalübertragung über mehrere Doppeladern. Dadurch wird die gesamte Kapazität entsprechend vervielfacht.⁸⁹

Eine Voraussetzung zur Nutzung von Bonding ist die Kompatibilität der genutzten Netztechnik. Sowohl die DSLAM-Ports als auch die CPE müssen inverses Multiplexen der Signalübertragung (Verteilen eines Signals auf mehrere Übertragungskanäle und späteres Zusammenführen) unterstützen. Die zweite Voraussetzung für Bonding ist, dass neben einer Kupferdoppelader weitere bisher ungenutzte Adernpaare vom KVz zum Teilnehmer zur Verfügung stehen. Dies betrifft nicht nur die Strecke bis zum Haus, son-

⁸⁷ Alcatel-Lucent (2011a), S. 2 ff.

⁸⁸ Brink (2011), S. 4 ff.

⁸⁹ Vgl. Plückebaum (2012), S. 4.

dern ebenfalls die Hausverteilung bis zum Teilnehmer.⁹⁰ Mit Hilfe von Bonding kann eine höhere Auslastung des Kupferanschlussnetzes erreicht werden. Zudem ist es möglich, VDSL2 über längere Entfernungen als bisher anzubieten. Werden durch Bonding zwei Kupferdoppeladern zur Signalübertragung genutzt, wird dieselbe Bitrate wie ohne Bonding auch über eine 50 % längere Anschlussleitung erreicht.⁹¹ Zur Reduzierung der Kosten ist es sinnvoll, Bonding selektiv für solche Teilnehmer anzubieten, die entweder einen hohen Bandbreitenbedarf aufweisen (Geschäftskunden) oder deren Anschlussleitung zum DSLAM sehr lang ist. Die Mehrzahl der Teilnehmer mit kurzen Anschlussleitungen wird also weiterhin über eine Kupferdoppelader angeschlossen.⁹²

Die Kombination von Bonding und Vectoring (vgl. Abschnitt 5.4.3) erlaubt es, wechselseitige Störung einzelner Adernpaare deutlich zu reduzieren. Damit wird die Leistungsfähigkeit von Bonding und damit die zur Verfügung stehende Bandbreite der einzelnen Leitungen noch einmal erhöht.

5.4.2 Dynamic Spectrum Management (DSL Vectoring)

In den vorherigen Abschnitten wurde bereits thematisiert, dass die maximale Bandbreite von DSL Technologien nur über sehr kurze Entfernungen erreicht werden kann. Mit zunehmender Länge der Anschlussleitung kommt es zu einer erheblichen Dämpfung der übertragenen Signale und damit einem Bandbreitenabfall. Dieser Effekt tritt verstärkt in höheren Frequenzbereichen auf. Weiterhin wird die Bandbreite durch Störungen in der Kupferdoppelader stark beeinträchtigt. Die Störungen resultieren aus Übersprechen (Crosstalk) mit anderen Doppeladern desselben Bündels.

Mit Hilfe von Dynamic Spectrum Management (DSM) ist es möglich, das Übersprechen durch dynamische Signalsteuerung (Reduzierung) deutlich zu senken sowie den verfügbaren Frequenzbereich möglichst optimal auszunutzen. Dadurch wird die Übertragung von höheren Bandbreiten über längere Distanzen möglich. DSM ist ein Übertragungsverfahren, welches für alle DSL-Varianten verwendet werden kann bzw. bei ADSL2/VDSL2 bereits angewendet wird. In diesem Zusammenhang wird auch von Vectoring gesprochen. Vectoring wurde erstmals im Mai 2012 in der ITU-T Empfehlung G.993.5 des "Broadband Forums" in seiner Funktionsweise und möglichen Anwendbarkeit definiert. Der Einsatz von Vectoring weist einen hohen Bedarf an Rechenleistung auf und erfordert den Einsatz spezieller Hardware. Teilnehmerseitig ist die Aufrüstung mit einem kompatiblen CPE erforderlich. Netzseitig müssen die DSLAMs mit einem

⁹⁰ Vgl. ebd.

⁹¹ Vgl. Broadband Forum (2012), S. 19.

⁹² Vgl. ebd.

DSM-Center (Vector Manager) ausgestattet werden.⁹³ In der Praxis werden drei Level an DSM unterschieden, die mit zunehmendem Grad sehr komplex werden.

Mit Hilfe von DSM Level 1 wird die Sendeleistung auf einer Kupferdoppelader in Abhängigkeit von der Frequenz so niedrig gehalten, dass ein sehr geringer Signal-Rausch-Abstand (SNR) bei akzeptabler Bitfehlerrate erreicht wird. Für kürzere Anschlussleitungen wird eine niedrigere Sendeleistung als für längere Anschlussleitungen verwendet. Dadurch ist die Sendeleistung gerade hoch genug, um das Leitungsrauschen zu überwinden. Das Übersprechen zwischen mehreren Kupferdoppeladern in dem gleichen Kabelbündel wird dadurch reduziert. Die Höhe der Sendeleistung wird durch den DSLAM für jede Kupferdoppelader individuell bestimmt und anschließend statisch verwendet. Dieses Verfahren wird bereits bei ADSL2 genutzt.⁹⁴

Bei DSM Level 2 erfolgt die Anpassung der Sendeleistung über eine einzelne Kupferdoppelader hinaus. Es werden alle Anschlüsse eines Bündels sowie deren Abhängigkeit untereinander berücksichtigt. Dabei wird die Sendeleistung über das Spektrum der verwendeten Frequenzen so optimiert, dass sich die einzelnen Kupferdoppeladern nicht mehr gegenseitig stören. In der Praxis kann es vorkommen, dass nicht alle Doppeladern in einem Kabelbündel durch Vectoring optimiert werden können. Crosstalk kann dann nur innerhalb der "Vectored Group" eliminiert werden.⁹⁵

DSM Level 3 reicht einen Schritt weiter, indem nicht nur die Sendeleistungen des Leitungsbündels, sondern auch alle Signale gleichzeitig sowie deren gegenseitige Abhängigkeit in die Optimierung einbezogen werden. Dazu wird für alle benachbarten Kupferdoppeladern eines Kabelbündels das auftretende Level an Crosstalk berechnet und der eigentlichen Signalübertragung ein entsprechendes Gegensignal hinzugefügt. Schon bei der Generierung des Nutzsignals werden die momentanen Crosstalk-Eigenschaften der einzelnen Kupferdoppeladern berücksichtigt. Durch den Einsatz dieses sehr komplexen und daher rechenintensiven Verfahrens können nahezu alle Störungen, die durch Crosstalk entstehen, eliminiert werden.⁹⁶

Die Verwendung von Vectoring (DSM Level 2 und Level 3) erfordert, dass sich alle Kupferdoppeladern eines Leitungsbündels in einer „Vectored Group“ befinden und über den gleichen DSLAM geführt werden. Falls sich parallel zu einer „Vectored Group“ weitere Kupferdoppeladern, zum Beispiel von Wettbewerbern, in dem Leitungsbündel befinden, kommt es dennoch zu einem Übersprechen. Das Übersprechen wird in diesen

⁹³ Vgl. Plückebaum (2012), S. 3 f.

⁹⁴ Vgl. Elektronik Kompendium (2012e).

⁹⁵ Vgl. ebd.

⁹⁶ Vgl. ebd.

Fall als „Alien Noise“ bezeichnet und führt zu einer erheblichen Reduzierung der Vectoring-Leistungsfähigkeit.⁹⁷

Voraussichtlich werden drei verschiedene Vector-Varianten am Markt eingeführt: Board-Level-Vectoring (BLV), System-Level-Vectoring (SLV) und Node-Level-Vectoring (NLV). Während bei BLV die Störungsbeiseitigung für alle Leitungen einer Linecard durchgeführt wird, umfasst SLV die Störungsbeiseitigung auf Systemebene über mehrere Linecards. Werden diese Vector Varianten von unterschiedlichen Netzbetreibern in einem DSLAM genutzt, treten wechselseitige Störungen auf. Dieses Problem soll durch das noch nicht standardisierte NLV behoben werden, bei dem die Störungsbeiseitigung über alle an den DSLAM angeschlossenen Leitungsbündel erfolgt. Dies lässt auch den Betrieb voneinander unabhängiger VDSL-Vectoring-Systeme durch mehrere Betreiber an einem DSLAM zu und ermöglicht damit Wettbewerb auf dieser Ebene. Die Umsetzung dieses Ansatzes ist derzeit aufgrund der erforderlichen enorm hohen Rechenleistung und damit entstehenden Kosten fragwürdig. Zudem müssten zum Betrieb eine Reihe von operativen Abstimmungen zwischen den Netzbetreibern getroffen werden.⁹⁸

Mit Vectoring wird im Downstream eine Bandbreite von bis zu 100 Mbit/s und im Upstream bis zu 40 Mbit/s erreicht. Aufgrund der Signaldämpfung unterliegt die Leistungssteigerung allerdings einer Reichweitenbeschränkung.⁹⁹ Die Effekte nehmen ab einer Leitungslänge von 500 - 800 m deutlich ab. Die Einführung von Vectoring stellt ein neues, wichtiges Werkzeug für Netzbetreiber dar. Vorausgesetzt sind dabei allerdings eine optimale Planung bei der Platzierung der DSLAMs, die Kombination mit leistungsfähigen DSL-Technologien sowie die Verwendung geeigneter Vector-Varianten zur Steuerung und Optimierung.

5.4.3 Vectored Bonding (Phantom Mode)

Vectored Bonding kombiniert die Vorteile beider Verfahren. Dabei wird ein Phantomkanal erzeugt, der auf dem elektromagnetischen Feld basiert, welches bei der Signalübertragung zwischen zwei Kupferdoppeladern entsteht. Zwischen derartigen Kanälen können wiederum Felder gespannt und genutzt werden. Phantomkanäle haben dabei nur etwa die Hälfte der Bandbreite eines physikalischen Kanals. Da die Kanäle untereinander Störungen hervorrufen, kann nunmehr mit Hilfe von Vectoring die Bandbreite deutlich erhöht werden. Grundvoraussetzung, um einen Phantomkanal aufzubauen ist die galvanische Kopplung, also eine elektrisch leitende Verbindung der verwendeten DSLAM-Ports untereinander. In Abhängigkeit der Anzahl verwendeter Doppeladern können mit Vectored Bonding Datenraten von mehreren hundert Mbit/s erreicht wer-

⁹⁷ Vgl. Neumann (2012), S. 3.

⁹⁸ Vgl. BREKO (2012), S. 104 f.

⁹⁹ Vgl. ebd.

den. Das Verfahren ist im Moment noch nicht standardisiert und technisch sehr komplex.¹⁰⁰

5.4.4 G.fast (Omega-DSL)

Mit dem ITU-Arbeitstitel G.fast, auch bekannt als Omega-DSL, wird ein DSL Übertragungsverfahren bezeichnet, welches auf Basis einer hybriden Teilnehmeranschlussleitung sehr hohe Datenraten gestattet. Das Verfahren wird daher auch mit dem Begriff FTTdp (Fibre to the Distribution Point) beschrieben. G.fast wird zu VDSL2 abwärts kompatibel sein und kann parallel zu anderen DSL-Verfahren verwendet werden.¹⁰¹ Im Januar 2011 wurde eine ITU-Arbeitsgruppe zur Standardisierung gebildet. Nach aktuellem Stand soll Mitte 2013 ein G.fast Standard erarbeitet werden, der 2014 verabschiedet werden kann. Erste Produkte könnten demnach ab Ende 2014 am Markt verfügbar sein.¹⁰² Die technische Funktionsweise von G.fast basiert auf einer mehrfachen Anwendung von Vectoring und Phantomring, bei der Frequenzbereiche bis zu 300 MHz genutzt werden sollen. Die hohen Frequenzbereiche und adaptiven Modulationsverfahren erfordern sehr leistungsfähige Hardware und einen hohen technischen Aufwand. Der erste Entwurf von G.fast sieht eine maximale Datenrate von 500 Mbit/s über eine Entfernung von 100 m vor. Dafür werden Frequenzbereiche bis zu 30 MHz genutzt. Zukünftig sollen über sehr kurze Entfernungen von 50 – 100 m Datenraten von bis zu 2 Gbit/s erreicht werden.¹⁰³ Dieser Wert nähert sich sehr an die theoretische Obergrenze der Übertragungskapazität in Kupferdoppeladern, welche durch das Shannon-Hartley-Gesetz definiert wird. Eine weitere Steigerung ist Übertragungskapazität darüber hinaus ist nicht mehr möglich.¹⁰⁴

Damit stellt G.fast eine Möglichkeit dar, in FTTC/FTTB Netzen hohe Bandbreiten jenseits von VDSL zu erreichen und die Lebensdauer der Kupferdoppelader zu verlängern. Voraussetzung hierfür ist allerdings der Ausbau von hybriden Teilnehmeranschlussnetzen, in denen die Glasfaser sehr nah an den Teilnehmer herangeführt wird.

5.5 Technologievergleich und Zukunftsfähigkeit

Die Mobilfunktechnologien der 4. Generation sowie deren Nachfolger sind sehr leistungsfähig und können einen bedeutenden Beitrag zur Breitbandversorgung in der Fläche leisten. Traditionell liegt die erreichbare Bandbreite von drahtlosen gegenüber kabelgebundenen Technologien um den Faktor 10 bis 25 zurück. Bei Mobilfunktechno-

¹⁰⁰ Vgl. Plückebaum (2012), S. 4.

¹⁰¹ Vgl. Lantiq (2012), S. 10 ff.

¹⁰² Vgl. Alcatel-Lucent (2012), S. 6.

¹⁰³ Vgl. ASSIA (2011), S. 3 ff.

¹⁰⁴ Vgl. Alcatel-Lucent (2011b), S. 21 ff.

logien handelt es sich außerdem um ein Shared Medium. Die insgesamt zur Verfügung stehende Bandbreite muss mit allen Teilnehmern der jeweiligen Zelle geteilt werden. Dies führt zu einer Limitierung der möglichen Bandbreite und insbesondere des Traffics für den Einzelnen und erfordert eine notwendige Reduzierung der Teilnehmerzahl pro Zelle und damit eine Verkleinerung derselben. Des Weiteren wird eine leistungsfähige Anbindung der Mobilfunkbasisstationen mit Glasfaserleitungen benötigt, um den Verkehr in die Core Netze abführen zu können.

Die Breitbandversorgung via Satellitentechnologie stellt nach heutigem Stand der Technik allenfalls eine Nischentechnologie dar. Sie gewährleistet hohe Bandbreiten für einzelne Teilnehmer, ist allerdings aufgrund ihrer weiteren Eigenschaften (Dienstgüte, Kapazität, Shared-Medium) nicht für die Breitbandversorgung von hohen Teilnehmerzahlen geeignet. Dennoch handelt es sich um eine vielversprechende Möglichkeit zur Abdeckung von sehr ländlichen Gebieten, die unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten von keiner anderen Zugangstechnologie erschlossen werden können.

Das Kupferanschlussnetz ist das denkbar ungünstigste Medium zur hochfrequenten und damit bandbreitenintensiven Datenübertragung. Um erhebliche Investitionen in den Glasfaserausbau zeitlich zu strecken, kann von den Netzbetreibern durch verschiedene Maßnahmen die Bandbreite des Kupferanschlussnetzes erhöht werden. Neben einer dynamischen Bandbreitenvergabe und Erweiterung des genutzten Frequenzspektrums können neue DSL-Übertragungsverfahren unter hohem technischem Aufwand die Bandbreite über kurze Distanzen deutlich nach oben verschieben. Die Länge der kupferbasierten Teilnehmeranschlussleitung muss dabei allerdings reduziert, also die Glasfaser näher an den Teilnehmer geführt werden. Es ist davon auszugehen, dass das nachrichtentechnisch-theoretisch erreichbare Maximum von 2 Gbit/s über eine Distanz von bis zu 150 m innerhalb der nächsten zehn Jahre nahezu erreicht werden wird. Dies führt allerdings zwangsläufig zu einer Migration der Kupferanschlussnetze in Richtung hybrider FTTx-Netze und ist mit einem massiven Netzausbau verbunden. Neuere DSL-Verfahren (Bonding, Vectoring, Phantoming und G.fast) stellen damit Technologien auf dem Weg zu einem Glasfaseranschlussnetz dar, die insbesondere im urbanen Bereich als Brückentechnologien genutzt werden können.¹⁰⁵ Diese Verfahren erfordern jedoch ebenfalls einen Ausbau des Glasfasernetzes durch Verkürzung der Kupferanschlussleitung. Die Kupferdoppelader im Anschlussbereich wird letztlich auf den Inhouse-Bereich zurückgedrängt werden.¹⁰⁶

Zu HFC-Netzen aufgerüstete Kabelfernsehnetze stellen momentan eine der größten Konkurrenten für xDSL im Anschlussbereich dar. Auf Basis von HFC-Netzen können

¹⁰⁵ Vgl. Heavy Reading (2012), S. 2 ff.

¹⁰⁶ Vgl. ASSIA (2011), S. 5 ff.

bedarfsgerecht mit geringen Investitionen hohe Bandbreiten erreicht werden. Die Technologie verfügt zudem über erhebliche Kapazitätsreserven, die durch eine weitere Netzausrüstung, neue Übertragungsverfahren sowie intelligentes Bandbreitenmanagement genutzt werden können. Um den steigenden Bandbreitenbedarf auffangen zu können, wird die Netzausrüstung bei HFC-Netzen als Shared Medium ebenfalls zu einer Verkleinerung der Clustergröße und damit Teilnehmerzahl führen. Damit verbunden ist die Migration zu RFoG-Netzen (Radio Frequency over Glas), indem Glasfaserleitungen weiter an den Teilnehmer geführt werden und die Koaxialleitung ebenfalls nur noch In-house verwendet wird.

Die vorgestellten Technologien bzw. ihre Weiterentwicklungen verfügen alle über das Potential, ihren Beitrag zur Bandbreitenversorgung zu leisten. Während Funktechnologien insbesondere im ländlichen Raum ein hohes Potential aufweisen, sind es in städtischen Gebieten vor allem die hybriden FTTx-Netze sowie HFC-Netze und deren Weiterentwicklungen. Mit zunehmendem Bedarf an Bandbreite wird es allerdings bei allen Technologien notwendig, das Anschlussnetz leistungsfähiger zu gestalten. Dies führt dazu, dass die Glasfaser näher an den Teilnehmer hingeführt wird und bestehende Netze schrittweise zu FTTH bzw. FTTH-Netzen migriert werden. Dabei stellt sich nicht die Frage, ob diese Migration stattfinden wird, sondern lediglich wie schnell sie vorangetrieben wird.

Nach dem Zeitalter des klassischen Kupferanschlussnetzes handelt es sich bei Glasfasern um ein sicheres Medium, weil es in nahezu allen Eigenschaften anderen Zugangsmedien überlegen ist. Die Datenübertragung über Glasfaser erfolgt im Gegensatz zur klassischen Kupferdoppelader nicht mehr elektrisch, sondern rein optisch. Dadurch lässt sich eine sehr hohe Bandbreite realisieren, die aufgrund der geringen Dämpfung nahezu verlustfrei über längere Distanzen übertragen werden kann. Um erreichbare Bandbreite in Glasfasern zu erhöhen, müssen nur die Komponenten am Anfang und am Ende der Leitungen getauscht werden, nicht das Medium selbst. Die Kapazitätsgrenzen von Singlemode-Glasfasern sind nach dem heutigen Stand der Forschung noch nicht absehbar. Die Kapazitätsgrenzen von Glasfaseranschlüssen liegen nicht im Medium selbst, sondern vielmehr in der Entwicklung leistungsfähiger Infrastruktur zur Verarbeitung der Daten, also beim Sender und Empfänger sowie weiteren Netzinfrastrukturelementen. In Tabelle 6 sind die Breitbandtechnologien und deren Eigenschaften zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 6: Breitbandtechnologien im Vergleich

	LTE/ LTE-Advanced	Satellit	HFC/RFoG	Hybride DSL-Verfahren	FTTB/FTTH
Downstream					
Upstream					
Kapazitätsreserven					
Systemverfügbarkeit					
Beitrag zur Flächen- deckung					
Bedarfsgerechter skalierbarer Ausbau					
Ausbaukosten					

keine/geringe Ausprägung volle/hohe Ausprägung

5.6 Fortbestand des Internets

Das Internet als Kommunikationsmedium ist aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Es erfüllt mittlerweile grundlegende Kommunikationsansprüche und Dienste nicht nur im privaten Umfeld, sondern besonders für die Wirtschaft. Dieser Datenaustausch durch komplexe Vernetzung ist von solch immanenter Wichtigkeit, dass ein Wegfall weder plausibel noch vorstellbar erscheint. Allerdings werden im betrachteten Zeitraum bis zum Jahr 2030 Weiterentwicklungen hinsichtlich Nutzung und technischer Basis (z. B. Standards und Protokolle) stattfinden.

Genannt seien hier beispielhaft die signifikante Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Endgeräte, die zunehmende mobile Nutzung des Internets und die Umstellung auf IPv6. Durch die vorhandene und weiter ansteigende Vernetzung vieler Gegenstände und Geräte auf Basis des Internets bzw. der vom Internet genutzten Protokolle und Standards, existiert ein Bestand von „Internetgeräten“, der einen starken Technologie-Lock-In darstellt. Das heißt die Bedienung und Steuerung von Terminals, Endgeräten, Maschinen und Prozessen, die heute bereits in einem beträchtlichen Umfang über das Internet erfolgt und sich in solchen Entwicklungen wie „Internet der Dinge“, „Ambiente Intelligence“ oder „Pervasive Computing“ dokumentiert, wird per se den Fortbestand dieses Netzes und dessen Weiterentwicklung garantieren. Unaufdringliche Computer, eingebettet in Alltagsgegenstände, werden für direkte Kommunikation und Datenaustausch zwischen den „smarten“ Objekten sorgen und die Bedeutung des Internets erweitern. Dabei wird eine mehr evolutionäre Entwicklung stattfinden, die die gegenwärtigen und langfristig ausgerichteten Aktivitäten und Investitionen in dieses Netz als plausibel und

sicher erscheinen lassen. Das zeigt sich beispielsweise bereits heute bei den Anwendungen auf dem Gebiet des Cloud Computing. Das Internet wird demnach sicher fortbestehen, auch wenn die Art der Nutzung, die zugrundeliegenden Übertragungsmedien und -technologien, die Devices sowie Standards und Protokolle Änderungen unterworfen sind.

6 EMPIRISCHER EXKURS ZUR INTERNETNUTZUNG IN SACHSEN

Vom 20. Oktober 2012 bis zum 02. November 2012 wurde von der Professur für Kommunikationswirtschaft der TU Dresden eine empirische Erhebung zur Internetnutzung durchgeführt. Ausgewählte Ergebnisse werden nachfolgend vorgestellt. Ziel war es, einen Überblick über aktuell genutzte Dienste, gebuchte Internetanschlüsse, Adoptionsprozesse, Zahlungsbereitschaften und Hinderungsgründe für die Nutzung hochbitratiger Breitbandanschlüsse zu gewinnen. Diese Erkenntnisse sind nachfolgend in die Prognose eingeflossen.

6.1 Umfragedesign und Repräsentativität

Im Rahmen der Erhebung wurden 1.327 Teilnehmer persönlich befragt und Probanden unter 15 Jahre aus dem Datensatz für die weitere Berechnung eliminiert. Die Umfrage fand in Sachsen an verschiedenen Befragungsorten statt. Um aussagefähige und repräsentative Ergebnisse ermitteln zu können, wurden die erhobenen Daten entsprechend der Statistischen Landesamtes Sachsen zur Soziodemografie gewichtet. Die Gewichtung nach der Größe der Region (Großstadt, Klein-/mittlere Stadt, ländlicher Raum) entspricht der realen Struktur im Freistaat Sachsen.¹⁰⁷

Da keine eigene Vorstudie existierte, wurde, um Kontrollgrößen und Vergleichbarkeit zu schaffen, auf eine Onlinestudie der UNITED INTERNET MEDIA von 2010 zurückgegriffen.¹⁰⁸ Unterschiede der Ergebnisse sind im Wesentlichen aus drei Aspekten heraus zu erwarten:

1. Nicht im Internet aktive Personen wurden bei der Online-Befragung der UNITED INTERNET MEDIA ausgeschlossen, so dass ausschließlich im Internet aktive Personen adressiert wurden. Es ist daher davon auszugehen, dass tendenziell eher technikaffine Personen befragt wurden.
2. Bei der Studie von UNITED INTERNET MEDIA existiert keine regionale Einschränkung der Probanden. Bei der eigenen Studie ist dieser durch den Fokus auf Sachsen vorhanden. Da unterschiedliche technologische Ausbaustände und auch angebotene Dienste (insbesondere IPTV) vorhanden sind, kann es hier zu relevanten Unterschieden kommen. Weiterhin ist der Anteil des Wohnortes (Großstadt, Mittelstadt, Land) und der Altersgruppen unterschiedlich.
3. Die Befragungszeitpunkte liegen mehr als zwei Jahre auseinander. Damit ergeben sich weitere Auswirkungen.

¹⁰⁷ Basierend auf Daten von Destatis (2012a) und Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012a).

¹⁰⁸ Vgl. United Internet Media (2010).

6.2 Status Quo genutzter Internetanschlüsse

Die Nutzungshäufigkeit von Internetanschlüssen in den Altersgruppen ist – wie auch Kapitel 2.1 aufgeführt – extrem unterschiedlich.

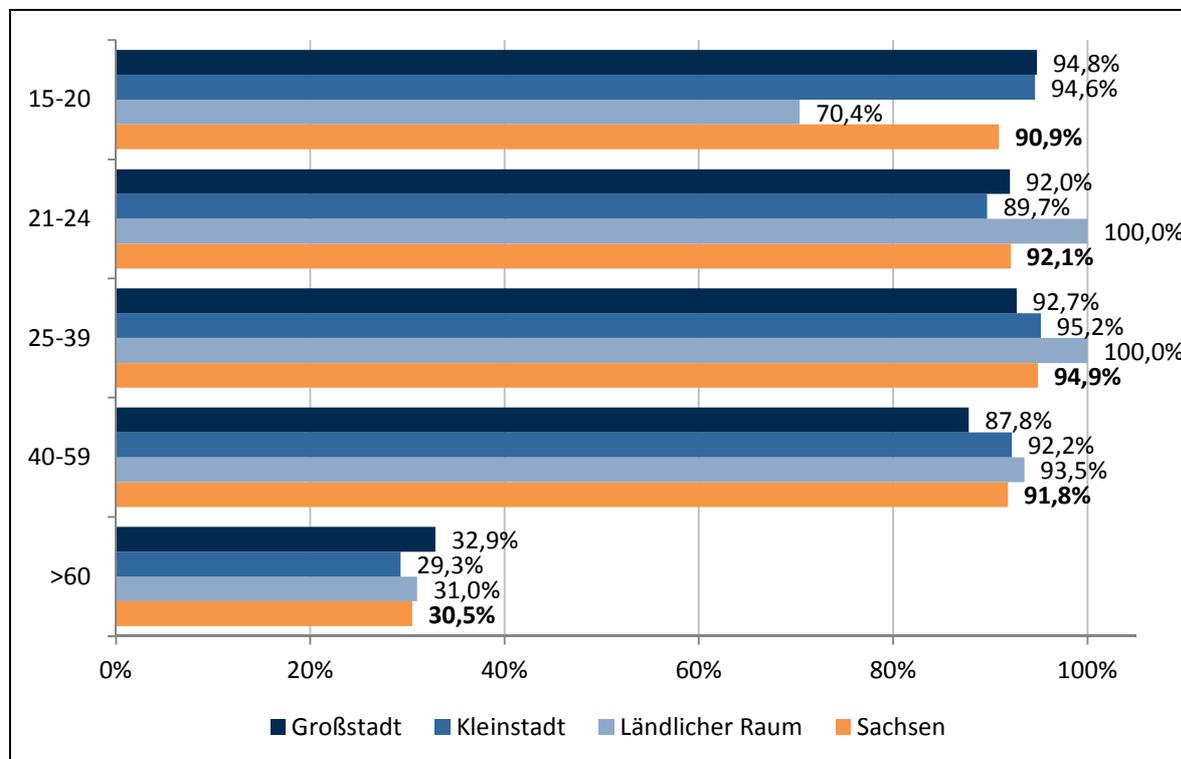


Abbildung 21: Stationärer Internetanschluss vorhanden – einzelne Personen¹⁰⁹

In Abbildung 21 ist die stationäre Internetnutzung (Festnetzanschluss im privaten Wohnraum) in Abhängigkeit vom Alter der Probanden und der Region dargestellt. Es ist ein großer Rückgang der Nutzungsintensität mit zunehmendem Alter erkennbar, wohingegen der Einfluss der Region weniger ausschlaggebend ist. Lediglich bei den jüngeren Altersgruppen (21 - 39 Jahre) ist eine deutlich intensivere Inanspruchnahme des Internets im ländlichen Raum erkennbar.

Die Frage, ob die Nutzer die maximal verfügbare Geschwindigkeit (Bandbreite) ihres Internetanschlusses kennen, verneinten in Sachsen 63 % der Probanden. Die Vergleichsstudie von 2010 weist einen Wert von 42 % aus. Der größte Teil der Befragten kennt demnach nicht die Bandbreite seines Internetanschlusses. Dies kann als Indikator für das weniger ausgeprägte Interesse an der Thematik bzw. der nicht vorhandenen Relevanz dieses Merkmals für die Probanden gewertet werden. Die Befragten, denen die Bandbreite bekannt ist, verfügen mehrheitlich über 6 und 16 Mbit/s Anschlüsse (vgl. Abbildung 22). In Sachsen entfallen auf diese beiden Anschlusskategorien knapp 68 %

¹⁰⁹ Vgl. Umfrage der TU Dresden November 2012.

der Anschlüsse in Großstädten und 74,5 % der Anschlüsse in Kleinstädten. Den geringsten Wert haben erwartungsgemäß ländliche Regionen mit etwa 50 %.

Noch deutlicher differieren die Internetanschlüsse der Befragten entsprechendem Wohnort, wenn der Fokus auf die niedrigeren und höheren Geschwindigkeiten gelegt wird (vgl. Tabelle 7).

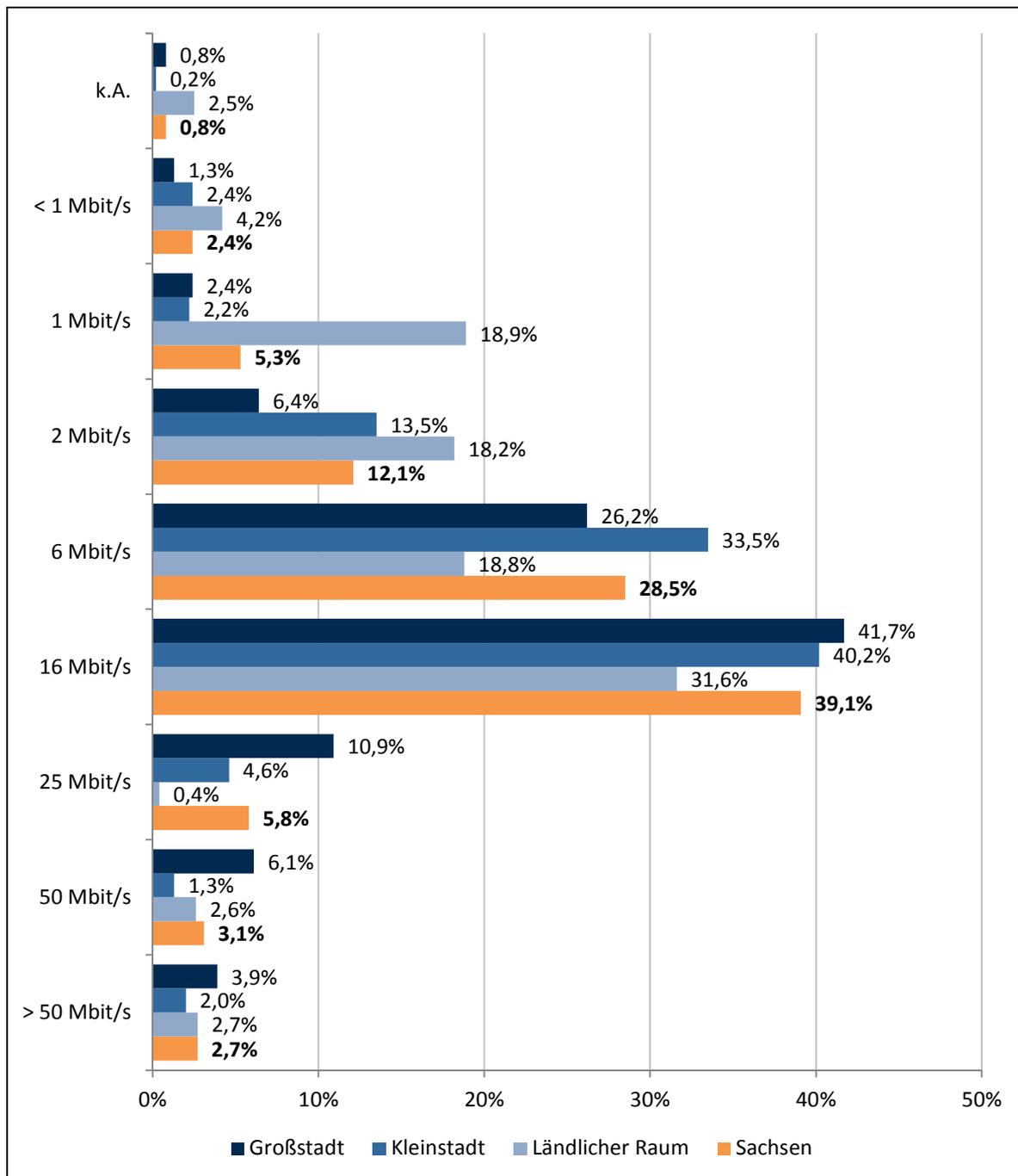


Abbildung 22: Maximal verfügbare Bandbreite des aktuell verwendeten Internetanschlusses¹¹⁰

¹¹⁰ Vgl. ebd.

Tabelle 7 beschreibt die Verteilung der Anteile von geringeren und höheren Geschwindigkeitsklassen in Sachsen. Dabei ergeben sich regionale Unterschiede um den Faktor zwei. In den ländlichen Gebieten sind demnach die langsameren Geschwindigkeiten deutlich häufiger anzutreffen als in Groß- und Kleinstädten sowie in Sachsen insgesamt. Bei den höheren Geschwindigkeiten ist ein umgekehrtes Bild ersichtlich. Die Großstädte können mit doppelt so hohen Anteilen bezogen auf Bandbreiten ≥ 16 Mbit/s im Vergleich zum Durchschnitt aufwarten.

Tabelle 7: Verteilung von ausgewählten Breitbandanschlussklassen nach Regionen in Sachsen¹¹¹

Anschlüsse mit Bandbreite	Sachsen	Großstadt	Klein-/ mittlere Stadt	Ländlicher Raum
≤ 2 Mbit/s	19,9%	10,1%	18,1%	41,4%
> 2 Mbit/s - 6 Mbit/s	28,5%	26,2%	33,5%	18,8%
> 6 Mbit/s - 16 Mbit/s	39,1%	41,7%	40,2%	31,6%
> 16 Mbit/s	11,7%	21,2%	7,9%	5,7%

Aus der Vergleichsstudie (vgl. Abbildung 23) ergeben sich andere Werte, wobei die 6 Mbit/s Anschlüsse die größten Nutzungsanteile aufweisen. Dies ist durch den zeitlichen Unterschied zwischen beiden Erhebungen erklärbar. Demgegenüber hat sich der Anteil der Anschlüsse zwischen 6 und 15 Mbit/s deutlich vergrößert. Prinzipiell kann ein Anstieg der nachgefragten Bandbreiten konstatiert werden. Nach dem Ende der Vertragslaufzeit bestehender Anschlüsse, werden diese in der Regel durch neue Anschlüsse mit höheren Bandbreiten abgelöst.

¹¹¹ Vgl. ebd.

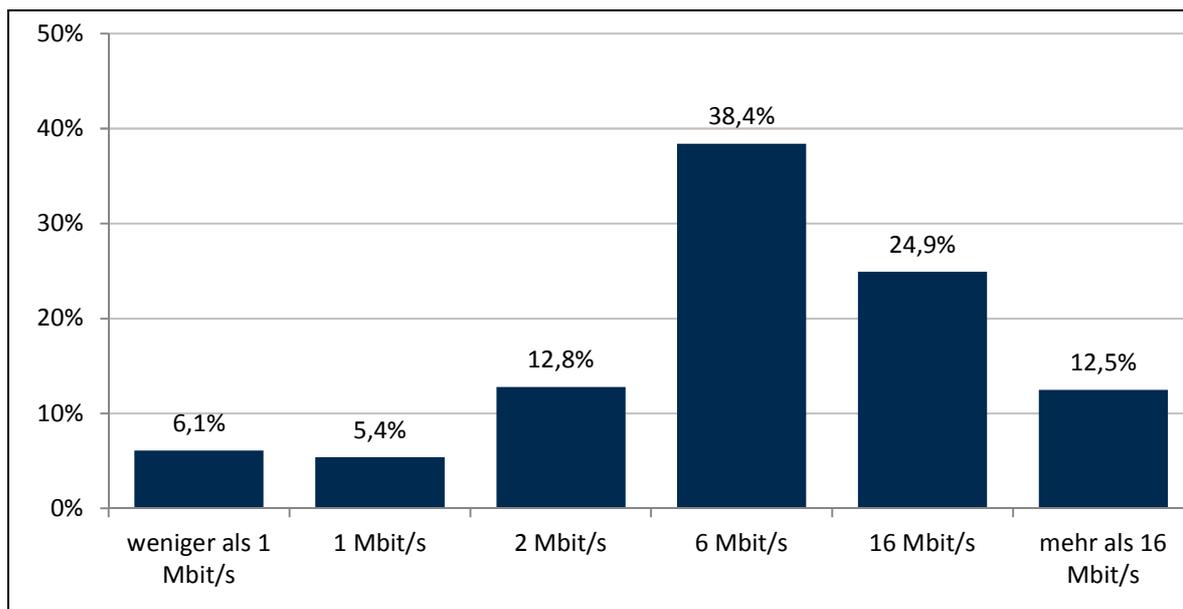


Abbildung 23: Verteilung der Breitbandklassen in der Vergleichsstudie der UNITED INTERNET MEDIA¹¹²

Für die hohen Bandbreiten mit über 16 Mbit/s gilt dies nicht, denn die Werte zwischen beiden Erhebungen liegen auf ungefähr gleichem Niveau. Diese Unterschiede sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die unterschiedlichen Befragungsdesigns zurückzuführen. (vgl. Kapitel 6.1).

6.3 Wunsch nach höherer Bandbreite und Nachfragetreiber

Werden die Probanden nach ihrem Wunsch bezüglich höherer Bandbreiten befragt, ergibt sich ein Bild, das die obigen Ergebnisse bestätigt. So liegen je nach Wohnort sehr differenzierte Wünsche nach höherer Bandbreite vor (vgl. Abbildung 24). Im ländlichen Raum ist der Wunsch nach höherer Bandbreite bei mehr als der Hälfte der Befragten vorhanden und damit deutlich höher als in den anderen beiden Clusterregionen.

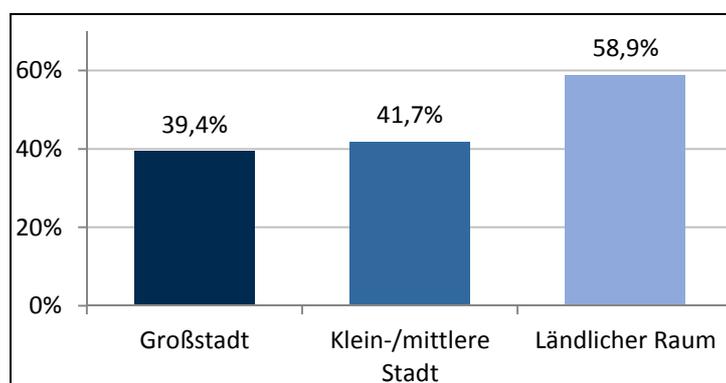


Abbildung 24: Wunsch nach höheren Bandbreiten in Sachsen differenziert nach Regionen¹¹³

¹¹²Vgl. United Internet Media (2010), S. 3.

¹¹³Vgl. Umfrage der TU Dresden, November 2012, n = 1.327.

Nach einer Tiefenanalyse mit Fokussierung auf die vorhandenen Anschlüsse, ergibt sich ein ebenfalls stark differenziertes Bild. Wie aus Tabelle 8 deutlich wird, ist insbesondere bei Anschlüssen mit geringerer Bandbreite (≤ 2 Mbit/s) auf dem Land der Wunsch nach schnelleren Anschlüssen deutlich verbreiteter und fällt fast doppelt so hoch aus wie in den anderen beiden Clustergebieten. Bei den Bandbreiten von 1 Mbit/s und darunter, liegt der Wert der Nutzer für den ländlichen Raum, die höhere Bandbreiten nutzen, sogar bei 100 % der Befragten. Sie können als „Mussnutzer“ dieser geringen Geschwindigkeitsklasse charakterisiert werden. In den beiden anderen Clustern, insbesondere in Großstädten, hat sich ein großer Anteil bewusst für einen langsameren Anschluss entschieden, obwohl schnellere Geschwindigkeiten verfügbar sind. Diese „Kannnutzer“ gibt es scheinbar in ländlichen Gebieten in wesentlich geringerer Anzahl.

Tabelle 8: Wunsch nach schnellerem Internetanschluss abhängig von aktueller Bandbreite¹¹⁴

Aktueller Breitbandanschluss	Großstadt	Klein-/mittlere Stadt	Ländlicher Raum
< 2 Mbit/s	44,9%	42,9%	81,5%
zwischen 6 - 16 Mbit/s	43,1%	53,6%	67,1%
> 25 Mbit/s	56,2%	50,0%	33,3%

Eine ähnliche Situation findet sich bei den mittleren Bandbreiten zwischen 6 und 16 Mbit/s, die aktuell als Standard gelten. Bei den höheren Geschwindigkeiten (≥ 25 Mbit/s) zeigt sich ein umgekehrtes Bild. So hat die Mehrzahl der Nutzer in Großstädten mit schnellen Internetanschlüssen den Wunsch nach noch mehr Bandbreite. Die Nutzer in ländlichen Gebieten, die schon über diese vergleichsweise schnellen Anschlüsse verfügen, haben im Vergleich nur zu einem Drittel den Wunsch nach mehr Bandbreite. Hierbei muss aber auch die Zahlungsbereitschaft der Nutzer beachtet werden. Die Angaben in Tabelle 8 wurden unabhängig von der Kostenkomponente für die Nutzer abgefragt und sind daher in der Realität mit deutlichen Abschlägen zu versehen.

Die weitere Auswertung konzentriert sich nunmehr auf die Nutzung von Internetdiensten. Hierzu kann festgestellt werden, dass die wenig bandbreitenintensiven Dienste wie E-Mail, Surfen und Online-Transaktionen in Sachsen die häufigste Nutzung ausweisen, wie Abbildung 25 verdeutlicht. Bis auf Streaming verzeichnet keine Anwendung eine Nutzungshäufigkeit von mindestens einmal im Monat, die bei über 30 % der Nutzer liegt. In der Vergleichsstudie werden deutlich höhere Werte erzielt, obwohl die meisten Dienste vor zwei Jahren noch in deutlich geringem Umfang verfügbar waren.

¹¹⁴ Vgl. ebd.

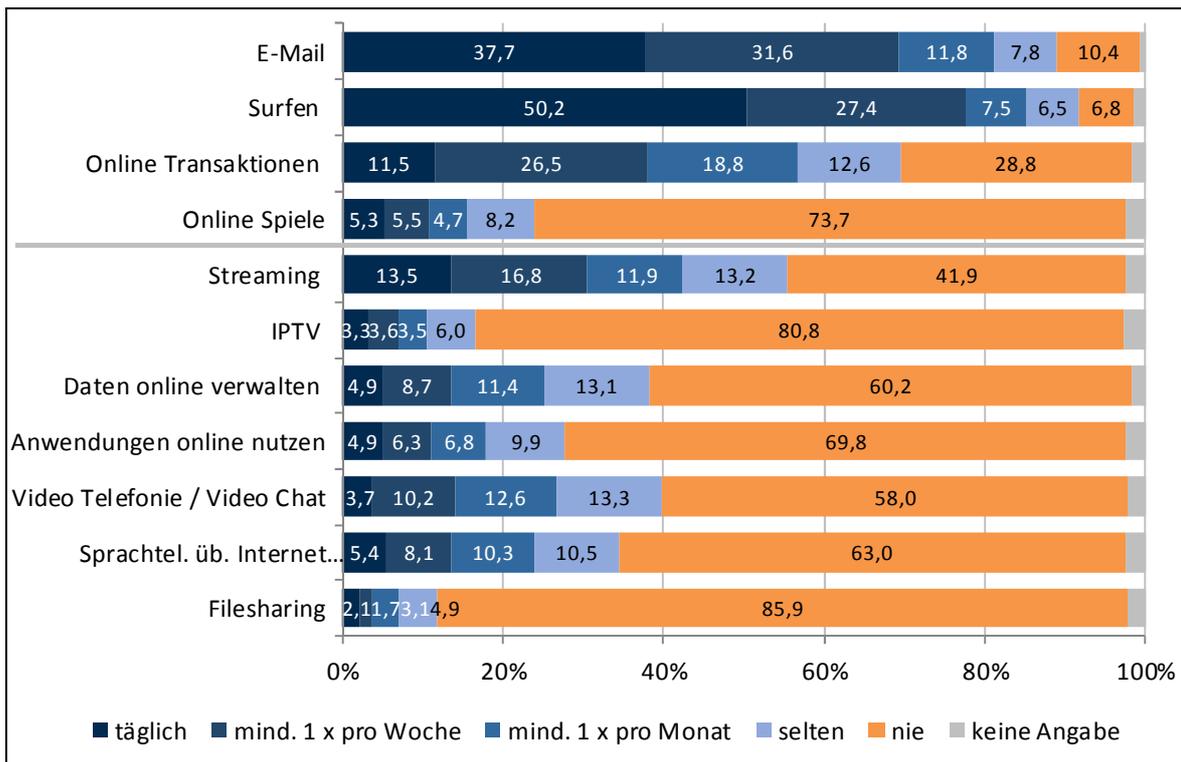


Abbildung 25: Nutzungshäufigkeit von ausgewählten Diensten in Sachsen (Angaben in %) ¹¹⁵

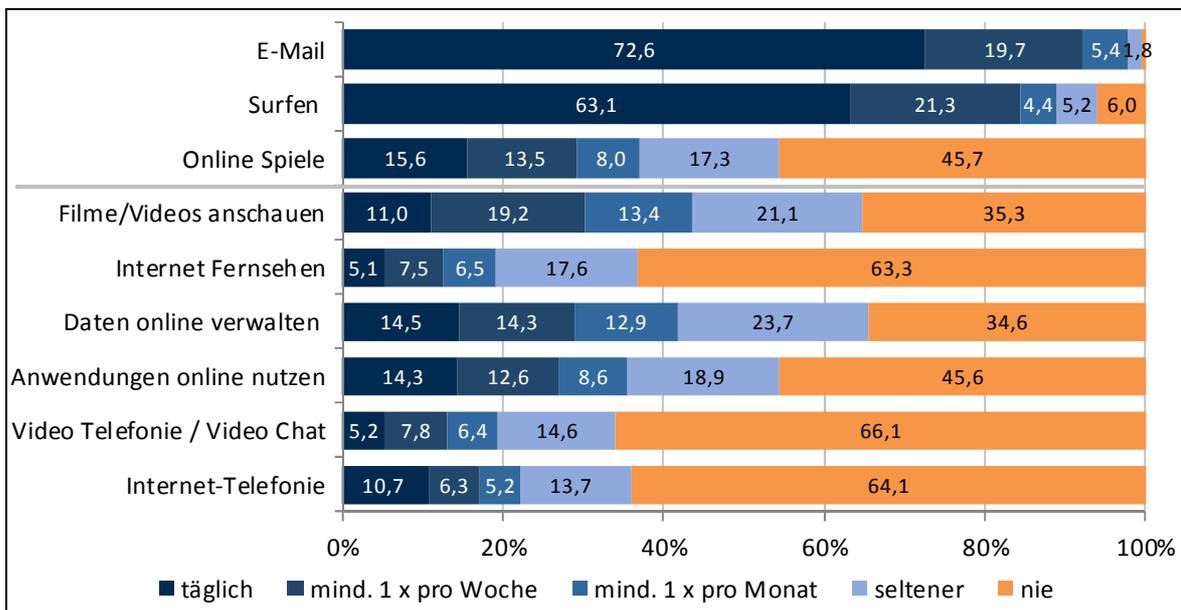


Abbildung 26: Nutzungshäufigkeit von ausgewählten Diensten in der Vergleichsstudie der UNITED INTERNET MEDIA von 2010 (Angaben in %) ¹¹⁶

Überraschende Ergebnisse liefert die Frage nach den Anwendungen, bei denen Bandbreitenprobleme auftauchen (vgl. Abbildung 27). So finden sich wiederum die drei relativ wenig bandbreitenintensiven Dienste unter den fünf häufigsten Nennungen. Dabei

¹¹⁵ Vgl. ebd.

¹¹⁶ Vgl. Zusammenstellung United Internet Media (2010), S. 9 und Umfrage der TU Dresden November 2012.

ist festzuhalten, dass eine Bandbreitenerhöhung bei diesen Diensten nur in wenigen Fällen zu einer gewünschten Änderung führen würde. Es muss davon ausgegangen werden, dass der Engpass oft in der Hardware, also den Endgeräten der Nutzer liegt. Diese werden oft über mehrere Jahre hinweg verwendet.

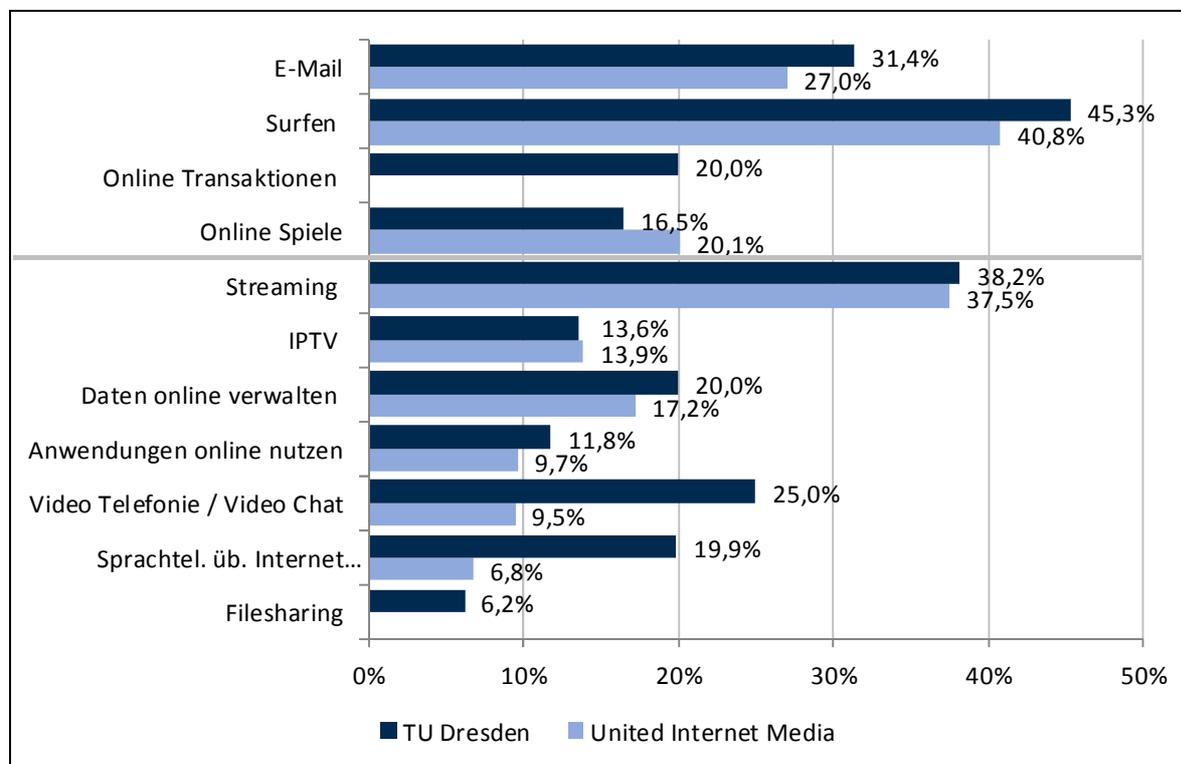


Abbildung 27: Prozentualer Anteil der Nutzer, bei denen Probleme bezüglich der Bandbreite bei verschiedenen Anwendungen bestehen¹¹⁷

Für bandbreitenintensivere Dienste werden ebenfalls Probleme mit der Anschlussgeschwindigkeit genannt. Allerdings liegt der Wert bei unter 20 % der befragten und nutzenden Personen. Demnach herrscht bei der Nutzung bandbreitenintensiver gegenüber schmalbandiger Dienste eine höhere Zufriedenheit mit der Anschlussgeschwindigkeit. Dies unterstützt die Vermutung, dass der Engpass weniger in der zur Verfügung stehenden Bandbreite als durch veraltete und damit langsame Hard- und Softwarekonfiguration der Nutzer verursacht wird. Beispielsweise sind bei dem Aufbau von anspruchsvollen und dynamischen Internetseiten die Geschwindigkeitsvorteile durch einen schnellen Internetanschluss minimal. Eine viel größere Bedeutung kommt den Endgeräten zu, die durch ausreichend Darstellungs- und Rechenleistung zum schnellen Aufbau der Internetseite erforderlich sind.

Befragt nach den Erwartungen, die für einen schnelleren Internetanschluss sprechen, liegt wiederum der schnellere Seitenaufbau bei Internetseiten an erster Position wie

¹¹⁷ Vgl. United Internet Media (2010), S. 12 ff.

Abbildung 28 zeigt. Danach folgen Qualitätsmerkmale von Breitbanddiensten, bei denen die Bandbreite des Anschlusses eine Auswirkung auf die Nutzungswahrnehmung hat.

Bezogen auf die aktuell verfügbare Anschlussgeschwindigkeit wird eine erhebliche Differenz zwischen den Antworten deutlich. Generell haben Inhaber schnellerer Internetanschlüsse geringere Erwartungen gegenüber einer Verbesserung der Qualität durch mehr Bandbreite als Nutzer von Anschlüssen mit geringen Bandbreiten.

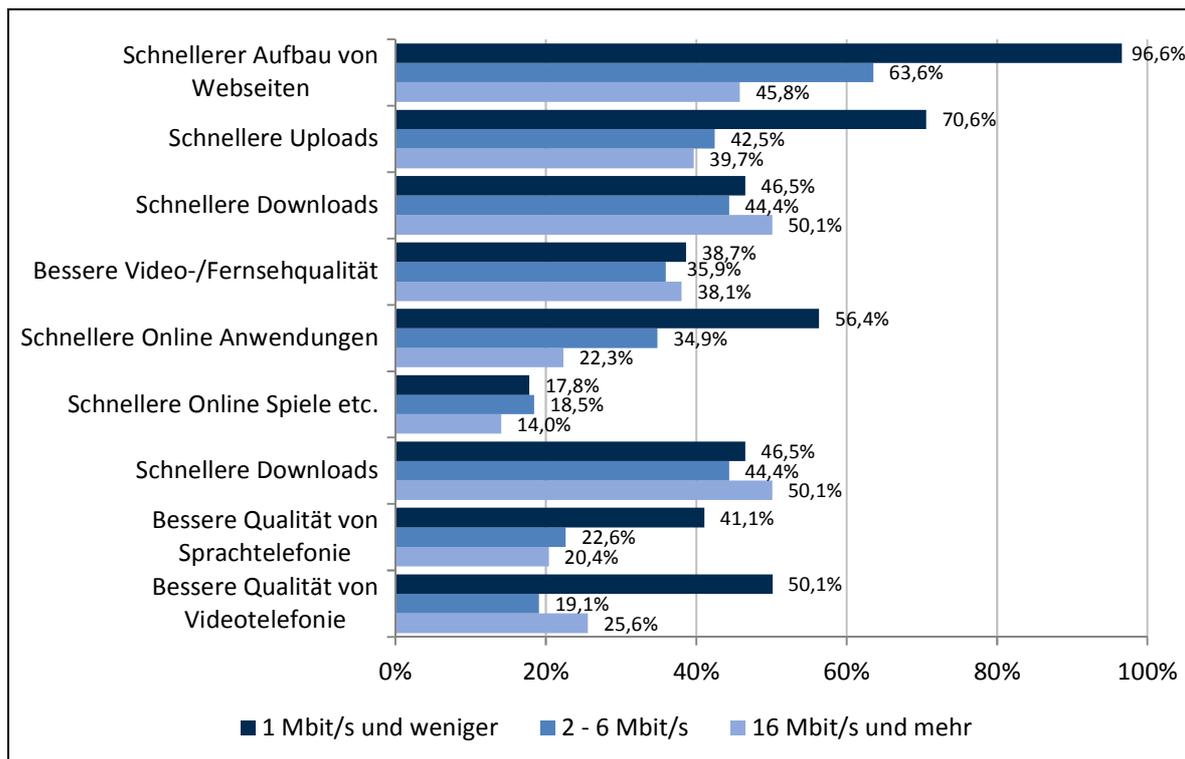


Abbildung 28: Erwartungen an einen schnelleren Internetanschluss¹¹⁸

Um Unzufriedenheit mit der jetzigen Situation und Motivationsaspekte für schnellere Internetanbindungen herauszuarbeiten, wurden die Probanden befragt, ob sie mit der aktuellen Geschwindigkeit unzufrieden sind. Die Fragestellung war so formuliert, dass die Befragten angeben sollten, wann sie das letzte Mal ihre Internetverbindung als zu langsam empfanden. In der nachfolgenden Abbildung wurden alle Antworten einbezogen, die mindestens einmal pro Woche diese Erfahrung machten.

¹¹⁸ Vgl. Umfrage der TU Dresden November 2012.

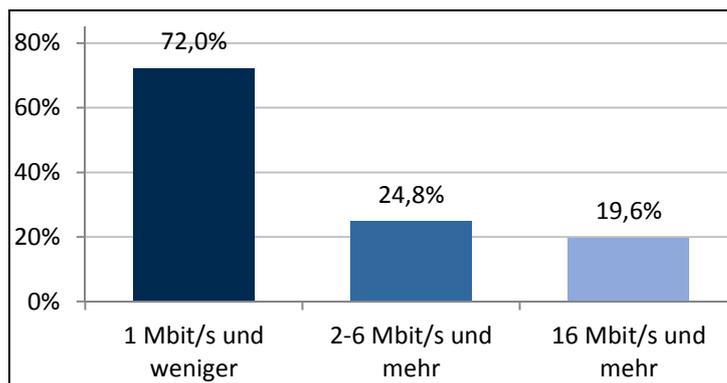


Abbildung 29: Anschluss erscheint mindestens einmal in der Woche als zu langsam¹¹⁹

Erwartungsgemäß ergibt sich bei den Nutzern, die eine geringe Anschlussgeschwindigkeit haben, mit 72 % ein sehr hoher Wert. Dieser fällt bei den höheren Geschwindigkeiten stark ab. Es liegt demnach eine relevante Korrelation zwischen Zufriedenheit und aktueller Anschlussgeschwindigkeit vor.

6.4 Hinderungsgründe und Zahlungsbereitschaft

Nutzer, die mindestens einmal in der Woche unzufrieden sind bzw. für die die Verbindung zu langsam ist, wurden gefragt, welche Hindernisse für einen schnelleren Anschluss existieren. Hierbei wird ein Problem im Antwortverhalten der Befragten deutlich. Bei der Antwort „zu teuer“ muss von einem relevanten Abschlag ausgegangen werden, da in diesem Fall eine klassische positive Antwortsituation vorliegt. Das heißt, der Befragte wird sich tendenziell nicht als preissensitiv darstellen und daher das Preisargument nicht nennen. Daraus ergibt sich, dass der Prozentsatz der Nutzer, für die ein Anschluss in höheren Geschwindigkeitsklassen zu teuer ist, in der Realität über den in Abbildung 30 dargestellten Werten liegt. Deutlich wird jedoch, dass relativ große Abstände in der Preisbereitschaft zwischen Stadt und Land existieren, womit die These gestützt werden kann, dass es eine höhere Preisbereitschaft in ländlichen Gebieten gibt.

¹¹⁹ Vgl. ebd.

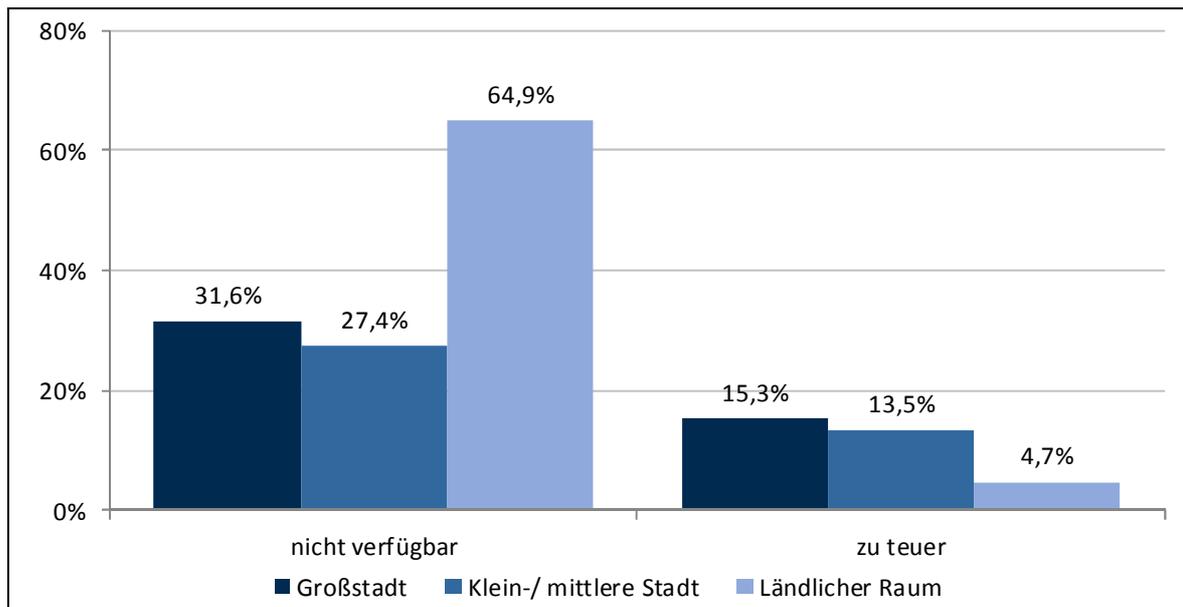


Abbildung 30: Hinderungsgründe für die Anschaffung eines schnelleren Internetanschlusses¹²⁰

Die Unterschiede in der Verfügbarkeit korrelieren mit dem Wunsch nach mehr Bandbreite (vgl. Tabelle 8). Bewohner von ländlichen Räumen geben doppelt so häufig die „Nicht Verfügbarkeit“ als Hinderungsgrund an, als die Nutzer der anderen beiden Gebietscluster. Der kleinere Wert in Großstädten ist zum Teil auf die dort schon häufiger verfügbaren höheren Anschlussgeschwindigkeiten zurückzuführen.

Tabelle 9: Durchschnittliche Zahlungsbereitschaften für einen Internetanschluss mit angegebener Geschwindigkeit und Festnetzflatrate¹²¹

Geschwindigkeit	Großstadt	Klein-/mittlere Stadt	Ländlicher Raum
25 Mbit/s	24,83 €	25,52 €	27,97 €
50 Mbit/s	31,01 €	30,34 €	34,63 €
100 Mbit/s	37,03 €	36,53 €	39,80 €

Die direkte Abfrage der Zahlungsbereitschaft (vgl. Tabelle 9) verdeutlicht, dass es sowohl räumliche als auch geschwindigkeitsbezogene Unterschiede gibt. In den ländlichen Gebieten herrscht tendenziell eine höhere Zahlungsbereitschaft. Der Abstand zwischen den Produktbündeln ist – bezogen auf die Steigerung der Bandbreite – geringer. Es besteht also eine abnehmende Zahlungsbereitschaft für jede weitere Einheit Bandbreite.

¹²⁰ Vgl. ebd.

¹²¹ Vgl. ebd.

Um Hindernisgründe unabhängig von der Antwort „zu teuer“ und „nicht verfügbar“ zu erhalten, wurden die Nutzer befragt, welche weiteren Hinderungsgründe für einen Wechsel zu höheren Bandbreiten vorliegen. Als häufigster Grund wird angegeben, dass einfach kein Bedarf besteht. Weitere Gründe sind aus Abbildung 31 ersichtlich. Die Ergebnisse der TU DRESDEN (linke Seite) weichen erheblich von denen der UNITED INTERNET MEDIA (rechte Seite) ab.

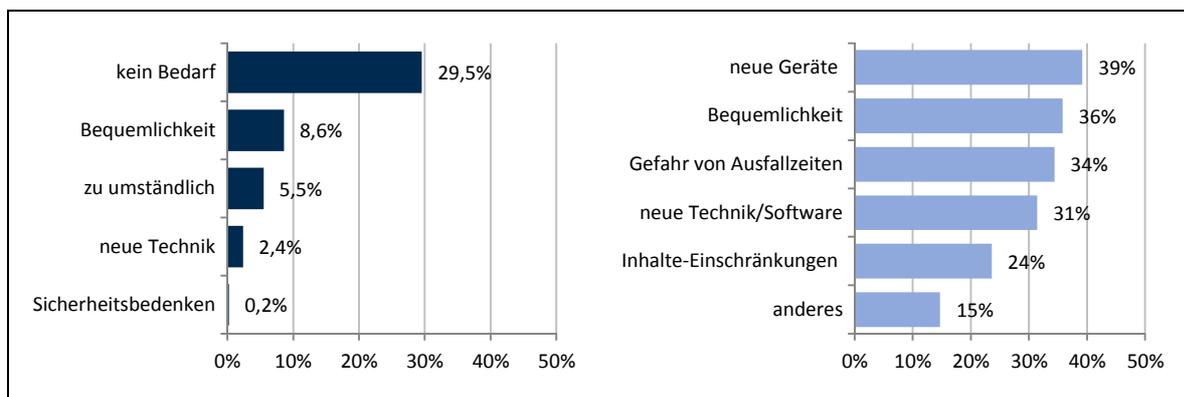


Abbildung 31: Wechselhemmnisse bei den Nutzern¹²²

¹²² Vgl. Zusammenstellung United Internet Media (2010), S. 26 und Umfrage der TU Dresden November 2012.

7 BREITBANDDIENSTE UND ZUKÜNFTIGES DIENSTESPEKTRUM

In diesem Kapitel wird das Portfolio an Breitbanddiensten diskutiert, die dazu eingangs gruppiert werden, um Indikatoren für die Adoption von Breitbanddiensten sowie über das aktuelle Nutzungsverhalten zu erlangen. Danach schließt sich eine Diskussion von empirischen Studien an. Auf Basis von skizzierten Trends und Entwicklungen wird das zukünftige Dienstespektrum prognostiziert, dem eine exemplarische Abschätzung des Bandbreitenbedarfs folgt.

7.1 Gruppierung von Breitbanddiensten

Die nachfolgende Gruppierung von Breitbanddiensten wird auf Basis ihrer zeitlichen Entstehung und den damit verbundenen Leistungs- und Bandbreitenanforderungen durchgeführt. Demnach wird zwischen klassischen, konvergenten und neuen Diensten unterschieden. (vgl. Abbildung 32).¹²³

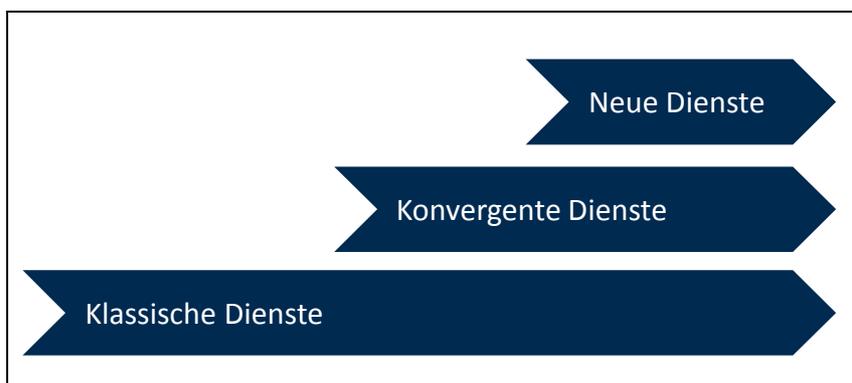


Abbildung 32: Evolution von Breitbanddiensten

Klassische Dienste

Als klassische Dienste werden alle Standarddienste zusammengefasst, die teilweise schon Bestandteil des schmalbandigen Internets waren. Sie werden inzwischen von einer breiten Masse an Teilnehmern genutzt und sind durch eine Vielzahl an Angeboten gekennzeichnet. Die immer leistungsfähigeren Endgeräte sowie die Etablierung von Breitbandanschlüssen haben dazu geführt, dass sich die ehemals statischen Dienste inzwischen zu dynamischen weiterentwickelt haben. Klassische Dienste haben sich in ihrer grundsätzlichen Funktionsweise wenig verändert, allerdings weisen sie inzwischen ein völlig neues Nutzungserlebnis sowie gestiegene Bandbreitenanforderungen auf.

Typische Vertreter klassischer Dienste sind beispielsweise das Abrufen von Internetseiten, Informations-, Banking- oder Shopping-Angebote, Austausch von Fotos und Doku-

¹²³ Zur einfacheren Beschreibung der Zusammenhänge werden nachfolgend die jeweiligen Nutzungsszenarien und Aktivitäten als Dienste bezeichnet, obwohl es sich streng genommen nicht um Dienste im eigentlichen Sinne handelt.

menten, Kommunikationsanwendungen wie Chat- bzw. Instant-Messaging, E-Mail sowie Online-Spiele.

Konvergente Dienste

Mit dem Entstehen von breitbandigen Internetanschlüssen hat sich die Reihe der zuvor beschriebenen klassischen Dienste um ein vielfältiges Portfolio an konvergenten Diensten erweitert. Zu diesen Diensten gehören insbesondere jene, die das Internet um audiovisuelle Inhalte ergänzen und damit zu einer Multimedia-Plattform aufwerten. Die zunehmende Entkoppelung von Dienst- und Netzebene führt dazu, dass konvergente Dienste immer stärker die Funktion klassischer Medien wie beispielsweise Rundfunk und TV übernehmen.

Zu konvergenten Diensten zählen beispielsweise Streaming, Video-on-Demand (VoD) oder IPTV, die Verwaltung von großen Online-Datenbeständen, Online Anwendungen, Sprachtelefonie über das Internet (VoIP), Video-Telefonie sowie Filesharing.

Neue Dienste

Auf Basis verschiedener Schlüsseltechnologien sowie aktueller und zukünftiger Trends wird sich das Dienstportfolio deutlich vergrößern. Ohne eine weitere Unterscheidung vorzunehmen, umfasst die Kategorie der neuen Dienste all jene, die zukünftig hinzukommen werden. In Abschnitt 7.3 werden die Treiber und Entwicklungslinien neuer Dienste vorgestellt und Beispiele genannt.

7.2 Empirische Untersuchung zur Nutzung von Breitbanddiensten

Im Rahmen der eigenen empirischen Erhebung wurde die Nutzungsintensität von klassischen und konvergenten Diensten mit Fokus auf Sachsen abgefragt. Die Ergebnisse sollen mit bundesweit durchgeführten Studien verglichen und diskutiert werden. Als Datengrundlage dienen dabei die Referenzstudien der SEVENONE¹²⁴, ARD/ZDF¹²⁵ sowie AGOF¹²⁶.

¹²⁴ Vgl. SevenOne Media (2012).

¹²⁵ Vgl. Media Perspektiven (ARD/ZDF) (2012).

¹²⁶ Vgl. AGOF (2012).

Tabelle 10: Design betrachteter Studien

Studie	Datum	Stichprobengröße	Alter	Abstufung der Nutzungshäufigkeit
TUD	10/2012	1.327	14+	> täglich
SevenOne	09/2012	1.133	14-49	> selten
ARD/ZDF	01/2012	1.000-1.400	14+	> wöchentlich
AGOF	09/2012	101.316	14+	häufig oder gelegentlich

Die Referenzstudien sind durch ein ähnliches Design gekennzeichnet und eignen sich als grundsätzliche Vergleichsbasis. Alle Studien bauen auf aktuellen empirischen Daten auf. Einzig die Studie der ARD/ZDF stammt aus Anfang 2012 und ist damit geringfügig älter. Die Stichprobengrößen liegen jeweils bei über 1.000 Teilnehmern. Die Studie der AGOF weist mit 101.316 Teilnehmern sogar einen deutlich größeren Umfang auf. Die untere Altersgrenze der befragten Personen liegt bei 14 Jahren. Eine obere Altersgrenze wurde nur von SEVENONE mit 49 Jahren gewählt. Es wird erwartet, dass diese Einschränkung einen erheblichen Einfluss auf die Adoptionsraten der abgefragten Dienste hat.

Die zugrunde gelegte Nutzungshäufigkeit differiert zwischen den drei Vergleichsstudien. Während die Umfrage der ARD/ZDF „mindestens wöchentlich“ als Indikator verwendet, basieren die Daten der AGOF auf „häufig oder gelegentlich“ und bei SEVENONE auf „zumindest selten“. Es wird davon ausgegangen, dass der Indikator „häufig oder gelegentlich“ mit „mindestens monatlich“ gleichgesetzt werden kann. Die eigene Umfrage hat die Nutzungshäufigkeit hingegen mit einer Genauigkeit von bis zu „täglich“ abgefragt. Um die Ergebnisse mit den anderen Studien vergleichen zu können, wurden die Werte der eigenen Studie auf Basis von „mindestens monatlich“ verwendet.

Bei den Referenzstudien wurden leider nicht alle Merkmale abgefragt, so dass der Vergleich mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie nur zum Teil möglich ist.

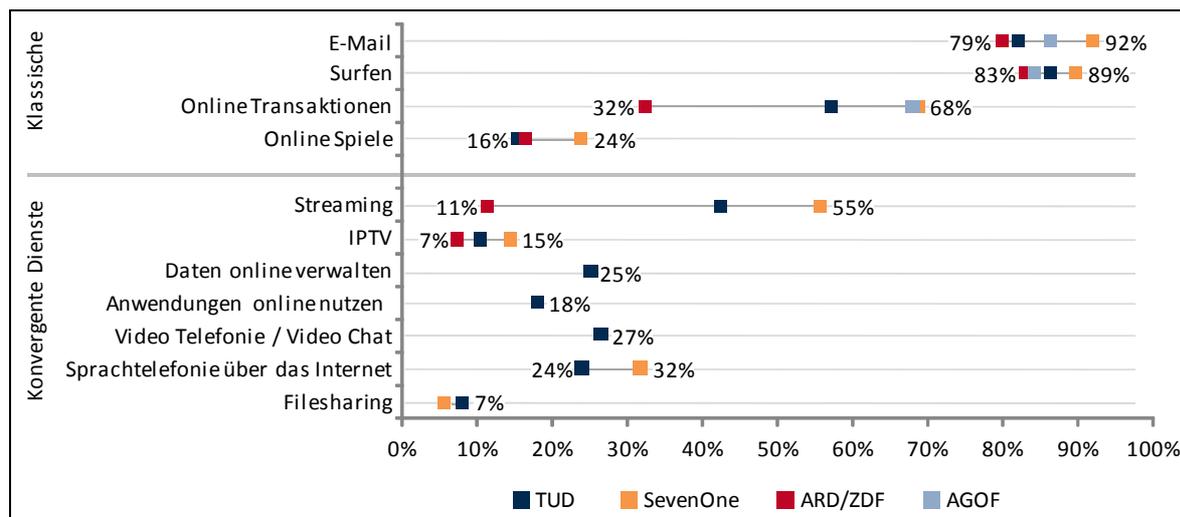


Abbildung 33: Nutzungsintensität von Breitbanddiensten aus Studienvergleich¹²⁷

Für die klassischen Dienste wie E-Mail, Surfen und Online Spiele lassen sich über alle Studien jeweils ähnliche Adoptionsraten feststellen. Einzig für „Online Transaktionen“ liegt der Wert der ARD/ZDF Studie deutlich unter dem der anderen Studien. Der Begriff „Online Transaktionen“ umfasst sowohl Banking als auch Shopping. Es wird vermutet, dass der große Unterschied auf die abgefragte Nutzungshäufigkeit zurückzuführen ist und Online Shopping von der Mehrheit der Internetnutzer eher monatlich als wöchentlich genutzt wird. Wie erwartet liegen die Adoptionsraten für klassische Dienste bei allen Studien auf einem sehr hohen Niveau. Eine Ausnahme bilden die Online Spiele, die naturgemäß nicht alle Nutzer adressieren.

Bei den konvergenten Diensten zeigt sich ein ähnliches Bild. Die Dienste IPTV, VoIP sowie Filesharing weisen ähnliche Adoptionsraten auf, wenn auch auf deutlich niedrigerem Niveau als die klassischen Dienste. Für VoIP und Filesharing liegen allerdings nur die Vergleichswerte von SEVENONE vor. Auffällig ist die hohe Diskrepanz der Adoptionsraten für Streaming, für die es keine offensichtliche Erklärung gibt. Die Werte reichen von 11 % (ARD/ZDF) über 42 % (TUD) bis zu 55 % (SEVENONE). Für die Dienste Online Dateiverwaltung, Online Anwendungen und Video Telefonie / Video Chat liegen keine Referenzwerte anderer Studien vor.

Wie eingangs vermutet, sind die erfassten Werte der Studie von ARD/ZDF in Bezug zu den Vergleichsstudien am niedrigsten. Dies ist eindeutig auf das Design der Studie von ARD/ZDF zurückzuführen, die als Indikator für die Verwendung eine „mindestens wöchentliche“ Nutzung erfordert. Dennoch liegen die Werte insbesondere bei den klassischen Diensten eng beieinander. Dies unterstreicht die hohe Relevanz der Dienste. Weiterhin bestätigt sich die Vermutung, dass die erfassten Werte von SEVENONE über

¹²⁷ Abgefragte Nutzungshäufigkeit: mind. wöchentlich (ARD/ZDF), mind. monatlich (TU Dresden /AGOF) und mind. selten (SevenOne).

alle Dienste überdurchschnittliche Adoptionsraten ergeben. Dies ist auf die obere Altersgrenze der befragten Personen in dieser Studie zurückzuführen. Jüngere Altersgruppen sind generell durch höhere Breitbandpenetrations- und damit Adoptionsraten für die Dienste gekennzeichnet.

Bis auf die beschriebenen Ausnahmen sind die Unterschiede zwischen den Studien sehr gering. Die Nutzungsintensität der einzelnen Dienste in Sachsen unterscheidet sich damit kaum vom bundesweiten Durchschnitt.

Bei der Quantifizierung der Nutzungsintensität verwenden die Referenzstudien stets nur einen Indikator (mindestens monatlich oder wöchentlich), der teilweise sogar unscharf definiert ist. Eine weitere Differenzierung der Nutzungshäufigkeit wird nicht vorgenommen. Die selbst durchgeführte Erhebung erlaubt allerdings exaktere Rückschlüsse auf das Nutzungsverhalten, da die Nutzung stärker differenziert abgefragt wurde. Die Abbildung 34 gibt einen Überblick über die Nutzungsintensität klassischer und konvergenter Dienste in Sachsen.

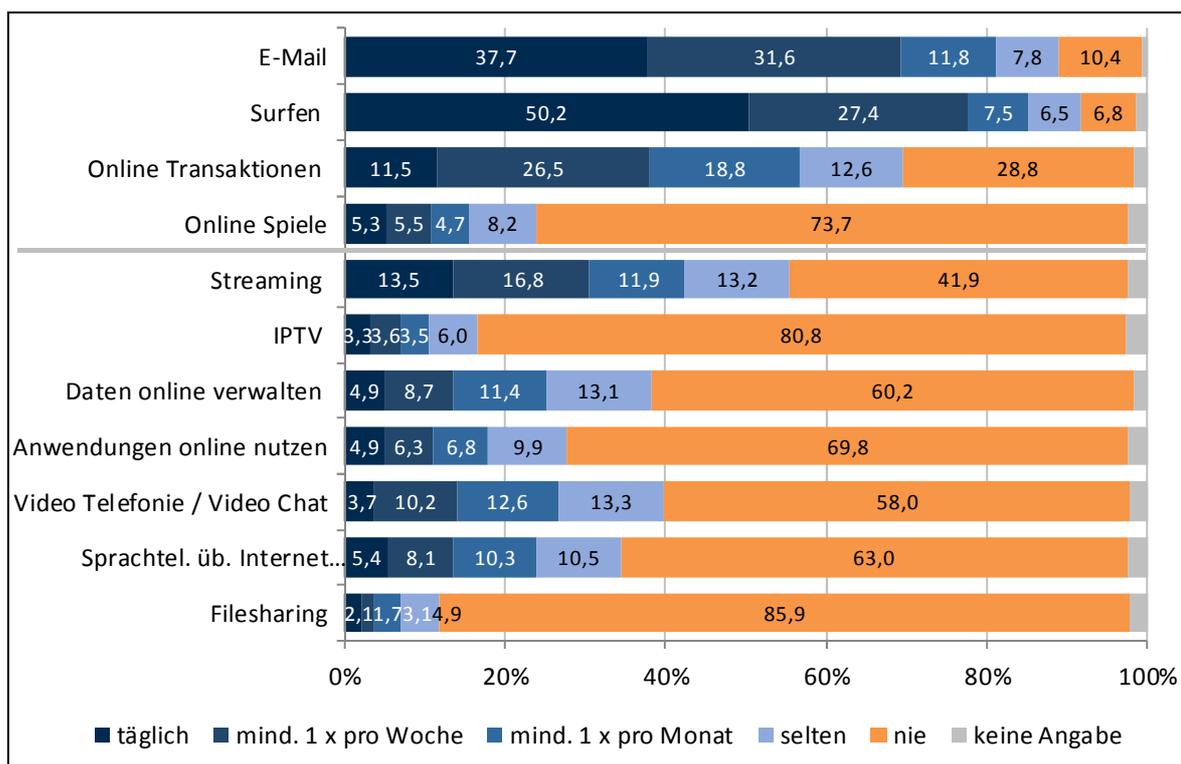


Abbildung 34: Nutzungshäufigkeit von ausgewählten Diensten in Sachsen (Angaben in %) ¹²⁸

Wie bereits in Kapitel 6.3 skizziert, werden die relativ wenig bandbreitenintensiven Dienste wie E-Mail, Surfen und Online Transaktionen mit Abstand am häufigsten genutzt. Der Dienst E-Mail wird von 37,7 % der Befragten täglich und weiteren 31,6 % mindestens einmal pro Woche genutzt. Diese hohen Adoptionsraten werden erwar-

¹²⁸ Umfrage der TU Dresden, November 2012, n = 1.327.

tungsgemäß vom Surfen im Internet übertroffen. Knapp 80 % aller Befragten surfen mindestens einmal pro Woche im Internet, mit 50,2 % sogar mehr als die Hälfte täglich. Online-Transaktionen wie Shopping und Banking werden von 11,5 % der Befragten täglich und weiteren 26,5 % der Befragten zumindest einmal pro Woche genutzt. Obwohl sich Online Transaktionen damit gut etabliert haben, ist der relativ hohe Anteil von 28,8 % der Befragten auffällig, die diese Dienste nie nutzen.

Weiterhin wird deutlich, dass die konvergenten Dienste wie IPTV, HD/3D-Spiele, Online-Dateiverwaltung, Video-Telefonie, Video-Chat sowie VoIP immer noch eine sehr untergeordnete Rolle bei der Nutzungsintensität aufweisen. Einzig der Dienst Streaming wird von 30,8 % der Befragten mindestens wöchentlich in Anspruch genommen und ist damit zu einem relevanten Bestandteil der Dienstnutzung im Internet geworden. Sehr überraschend ist außerdem die sehr geringe Relevanz von Filesharing, das immerhin 85 % der Befragten nie nutzen. Nur 2,1 % nutzen den Dienst täglich und zählen damit zu den „Heavy – Usern“. Bei den konvergenten Diensten ist insbesondere festzustellen, dass eine starke Spreizung der Nutzungsintensität vorliegt. Diese Dienste werden von einer kleineren Gruppe der Befragten (10 – 20 %) bereits sehr intensiv, allerdings von 40 – 80 % der Befragten überhaupt nicht Anspruch genommen.

Die Entwicklung der Nutzungsintensitäten ist eng an die Internetpenetration in Deutschland gekoppelt. In den letzten Jahren ist die Internetpenetration über alle Alters- und Bevölkerungsschichten enorm gestiegen. Bezüglich der geschalteten Internetanschlüsse ist festzustellen, dass der Anteil schmalbandiger Internetanschlüsse an den gesamten Internetanschlüssen stark zurückgegangen ist. In der Erhebung der TUD, haben nur 2,4 % aller Befragten, die die Frage beantworten konnten, angegeben, dass sie über einen Internetanschluss mit weniger als 1 Mbit/s verfügen. Daran wird deutlich, dass klassische Dienste mit geringen Leistungsanforderungen breiten Bevölkerungsschichten zugänglich sind. Es ist des Weiteren zu erwarten, dass die Adoptionsraten für konvergente Dienste mit der steigenden Verfügbarkeit von leistungsfähigen Breitbandanschlüssen ebenfalls deutlich zunehmen werden.

7.3 Prognose des zukünftigen Dienstespektrums

Das zukünftige Dienstespektrum setzt sich aus klassischen, konvergenten und neuen Diensten zusammen. In den vorangegangenen Abschnitten wurden die Nutzungsintensitäten für klassische und konvergente Dienste bereits diskutiert. Beide Dienstgruppen unterliegen einer evolutionären Entwicklung, sie werden stetig weiterentwickelt und dadurch leistungsfähiger. Dabei steigt ihr Ressourcenbedarf gleichzeitig stark an.

Zu diesen beiden Dienstgruppen wird eine Reihe von neuen Diensten hinzukommen, deren Entstehung von technischen Innovationen und Branchentrends geprägt ist. Neue Dienste basieren vor allem auf der rasanten Entwicklung der Hardware, die in immer kürzeren Abständen immer leistungsfähiger wird. Moderne Endgeräte etablieren sich

inzwischen sehr schnell im Massenmarkt. Unter diesen Voraussetzungen wird eine Vielzahl neuer Dienste entstehen. Obwohl deren genaue Ausprägung nicht exakt vorhergesagt werden kann, lässt sich das Spektrum dieser Dienste umschreiben. Hierfür wurde eine Reihe von aktuellen und zukünftigen Trends identifiziert, die die Grundlage für die Entwicklung neuer Dienste darstellen.

Echtzeitfähigkeit

Neben der zur Verfügung stehenden Bandbreite werden Internetanschlüsse durch weitere Qualitätsparameter beschrieben. Dabei handelt es sich um Delay (Paketlaufzeit), Jitter (Laufzeitschwankung), Packet Loss (Paketverlustrate) sowie Symmetrie der Datenübertragung. Für einen Großteil der aktuellen Dienste sind diese Qualitätsparameter hinreichend erfüllt, so dass sich die Diskussion oft auf die maximale Bandbreite beschränkt. Darüber hinaus existiert allerdings eine Reihe von Diensten mit Echtzeitmerkmalen, die besonders hohe Anforderungen an die Qualitätsmerkmale stellen. Eine Verzögerung des Datenaustausches führt bei diesen Diensten dazu, dass sie nicht mehr genutzt werden können bzw. die Nutzer nicht gewillt sind, kleinere Verzögerungen oder Wartezeiten in Kauf zu nehmen. Als Beispiele für aktuelle Dienste sind VoIP, Video-Telefonie, IPTV sowie Online-Gaming zu nennen. Für neue Dienste wird das Kriterium der Echtzeitfähigkeit deutlich an Relevanz gewinnen. Das betrifft insbesondere Dienste wie hochauflösende Videokonferenzen, Cloud-Dienste sowie weiterentwickeltes Online-Gaming.¹²⁹ Dies hat Auswirkungen auf die Internetanbindungen und erfordert gegebenenfalls eine Bildung von Dienstklassen mit unterschiedlichen Qualitätsanforderungen zur Priorisierung der Datenübertragung.

Symmetrische Bandbreite

Die Symmetrie eines Internetanschlusses beschreibt das Verhältnis von Upstream zu Downstream. Es handelt sich um einen viel diskutierten Qualitätsparameter, der oft als Argument für den Netzausbau herangezogen wird. Zu Zeiten von schmalbandigen Internetangeboten waren die Dienste überwiegend für den Abruf bzw. den Konsum von Informationen und Daten konzipiert. Nur wenige Dienste benötigten die im Upstream bereitgestellte Bandbreite. Fast der gesamte Datenverkehr fand im Downstream statt. Mit dem Übergang zum Web 2.0 hat sich diese Situation grundlegend verändert. Aus klassischen „Consumern“ mit stark asymmetrischen Nutzungsverhalten und Bandbreitenbedarf sind mittlerweile so genannte „Prosumer“ geworden. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass sie die Inhalte nicht nur konsumieren, sondern auch verstärkt eigene Inhalte produzieren und vor allem im Internet mit anderen Nutzern austauschen. Ihr Nutzungsverhalten ist damit wesentlich symmetrischer als früher. Je nach verwendeter

¹²⁹ Vgl. Cisco Systems (2009), S. 2.

Anschlusstechnologie variiert das Upstream/Downstream Verhältnis momentan zwischen 1:5 für xDSL/LTE und 1:20 für HFC-Anschlüsse.

Der Bedarf an Upstream wird durch neue Dienste weiter anwachsen. Zukünftig werden Nutzer immer größere Datenmengen in das Internet senden und mit anderen Nutzern teilen. Die zunehmende Individualisierung sowie Cloud-Dienste sind hierfür Multiplikatoren. Allerdings sind die allgemein vorherrschenden und oft pauschalen Forderungen nach symmetrischer Bandbreite für Endkunden nicht zielführend, denn parallel zur Erhöhung der insgesamt zur Verfügung stehenden Bandbreite wird die Bandbreite im Upstream anteilig gleichermaßen erhöht. Weiterhin basiert das Internet in seiner grundsätzlichen Funktionsweise darauf, dass der Anteil abgerufener Inhalte gegenüber selbst erstellten Inhalten überwiegt. Diese grundlegende Funktionsweise wird sich auch zukünftig nicht komplett ändern. Obwohl sich der Trend zu symmetrischen Bandbreitenanforderungen durch neue Dienste weiter verstärken wird, ist nicht davon auszugehen, dass zukünftig eine 1:1 Bandbreite erforderlich sein wird. Vielmehr ist abschätzbar, dass das Upstream/Downstream Verhältnis im Bereich von 1:5 bis 1:3 liegen wird. Dieses Verhältnis stellt hohe Anforderungen an die genutzten Zugangstechnologien und muss bei der Netzplanung berücksichtigt werden. Für HFC-Netze, deren Schwäche der Upstream ist, stellt dieser Trend eine besondere Herausforderung dar.

Peak-Rates (Nutzungsspreizung)

Der Begriff „Bandbreite“ wird für die zur Verfügung Datenrate von Breitbandanschlüssen genutzt. Um die zukünftigen Anforderungen an Breitbandanschlüsse zu beschreiben, ist eine Unterteilung des Begriffes sinnvoll: Maximal technisch mögliche, maximal angebotene, durchschnittlich pro Verkehrsstunde benötigte, durchschnittlich genutzte und mindestens genutzte Bandbreite. Die Begriffe sind Abbildung 35 dargestellt.

Bei der maximal angebotenen Bandbreite handelt es sich um die vermarktete Geschwindigkeit des Breitbandanschlusses aus Marketingsicht. Das sind oft „bis zu“ Angaben, die häufig nicht garantiert werden. Dies spielt für Breitbandanschlüsse mit der Eigenschaft „Shared Medium“ eine besondere Rolle. Zu deren Dimensionierung werden insbesondere die Bandbreiten „Durchschnittliche Verkehrsstunde“ sowie „Durchschnittlich genutzte Bandbreite“ herangezogen, so dass es bei gleichzeitigem Zugriff vieler Teilnehmer teilweise zu Einschränkungen für den Einzelnen kommen kann.

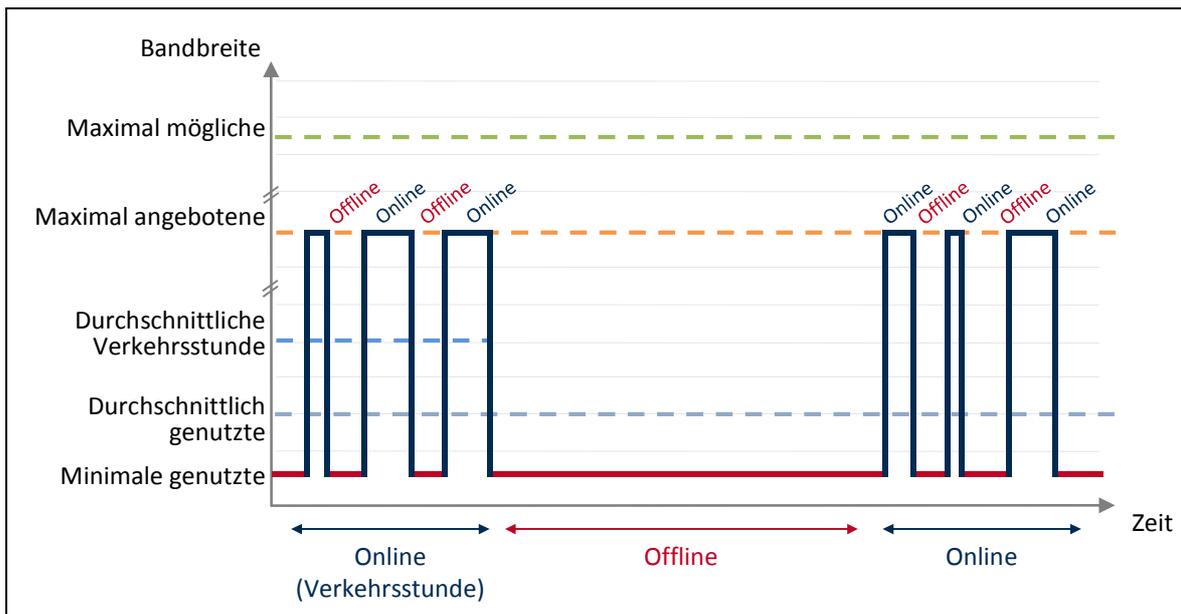


Abbildung 35: Dynamisch erforderliche Bandbreitenbedarfe ¹³⁰

Unter den zukünftigen Diensten wird es eine Reihe geben, die permanent eine gewisse Grundbandbreite erfordern. Zu diesen Diensten gehört beispielsweise bereits heute IPTV, das oft über mehrere Stunden genutzt wird, aber auch SmartX-Services, die einen permanenten Datenverkehr aufweisen. Von besonderer Bedeutung ist allerdings die Verteilung der Nutzung pro Teilnehmer. Nicht jeder Teilnehmer ruft permanent eine hohe und konstante Datenrate ab. Vielmehr wechseln sich Aktivität und Inaktivität ab. Dabei kommt es zu Nutzungsspitzen, in denen eine sehr hohe Bandbreite (Peak-Rate) erforderlich ist.

Neue Dienste werden für sehr kurze Zeitintervalle einen enorm hohen Bandbreitenbedarf aufweisen, gefolgt von längeren Zeitintervallen mit niedrigerem Bedarf. Die maximale Bandbreite muss daher sehr punktuell und vor allem garantiert zur Verfügung stehen, da der jeweilige Dienst sonst nicht genutzt werden kann. Das Verhältnis von durchschnittlich abgerufener Bandbreite zu den Peak-Rates wird sich bei neuen Diensten spürbar verändern. Es kommt zu einer massiven Nutzungsspreizung von erforderlicher Basisbandbreite im Verhältnis zu Nutzungsspitzen. Dieser Effekt wird noch dadurch verstärkt, dass zukünftig Dienste mit einer hohen Datenrate zunehmend parallel genutzt werden. Damit summieren sich die Peak-Rates in den Nutzungsspitzen auf. Dies erfordert enorme Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Breitbandanschlüsse, da für jeden Teilnehmer die Peak-Rates garantiert zur Verfügung stehen müssen. Andererseits ist es möglich, durch dynamisches Bandbreitenmanagement eine Mehrfachnutzung der Infrastruktur zu erreichen und neue Preismodelle zu etablieren, so z. B. Preisdifferenzierung in einer Vectored Group für unterschiedlich garantierte Peak-Rates.

¹³⁰ Vgl. ARRIS (2011), S. 5.

Individualisierung der Internetnutzung

Während der Grad der Individualisierung für klassische und konvergente Dienste bisher sehr gering ist, wird sich die Individualisierung zukünftig über das gesamte Portfolio bekannter und neuer Dienste erstrecken. Dies führt zu völlig neuen Nutzungsszenarien und entsprechenden Anforderungen an die Breitbandanschlüsse.¹³¹

Die Individualisierung kann einerseits nach dem Nutzungszeitpunkt erfolgen. Jeder Teilnehmer ruft die gewünschten Inhalte zu einem anderen Zeitpunkt ab. Dieses Nutzungsszenario ist bereits von Video-On-Demand Inhalten und Online-Mediatheken bekannt. Andererseits können aber auch eine komplette Individualisierung der Inhalte und deren Darstellungen erfolgen. Beispielsweise können sich Nutzer zukünftig bei der Übertragung von Sport-Events sowohl die Kameraperspektive als auch relevante Zusatzinformationen und Inhalte völlig individuell zusammenstellen und abrufen.¹³²

Die Übertragung von audiovisuellen Inhalten wurde in der Vergangenheit vor allem per Multicast realisiert, das heißt von einem Punkt an mehrere Teilnehmer. Damit mussten in den höheren Netzebenen keine individuellen Inhalte übertragen werden. Durch die fortschreitende Individualisierung werden die Inhalte zukünftig im Unicast-Prinzip übertragen. Die Inhalte werden teilweise teilnehmerspezifisch aggregiert und individuell dem Teilnehmer zugeführt. Dies erfordert hohe Anforderungen an das Netzmanagement sowie deutlich größere Kapazitäten in höheren Netzebenen.

SmartX-Services / M2M

Unter dem Begriff "SmartX-Services" wird eine große Gruppe von Anwendungen subsumiert, die die Steuerung und Automation von verschiedensten Geräten ermöglichen. Die Anwendungen basieren auf der Verknüpfung von physischen Objekten, die über eine Kommunikationsschnittstelle verfügen und in das Internet bzw. eine andere IP-basierte Kommunikationsstruktur eingebunden werden können. Diese Verknüpfung ist auch als das „Internet der Dinge“ bekannt.¹³³ Bei den Objekten kann es sich um alltägliche Gegenstände, Verkehrsmittel oder auch elektrische Geräte handeln. Neben der Kommunikationsschnittstelle verfügen diese Objekte außerdem zum Teil über eigene Rechenleistung und können untereinander kommunizieren (Machine-to-Machine). Dies erlaubt völlig neue Nutzungsszenarien im Bereich von Transportwesen, Telematik, Verkehrssystemen, Gebäudetechnik, Heimautomation, Sicherheit/Überwachung, Health-Services, Produktion/Automation, Intelligent Devices und Remote Services.¹³⁴ Es wird

¹³¹ Vgl. BITKOM (2010), S. 32 f.

¹³² Vgl. Motorola (2009), S. 71.

¹³³ Vgl. Ashton (2009), S. 1 ff.

¹³⁴ Vgl. SmartSenior (2012), S. 7 ff. und WIK (2011b), S. 85 ff.

prognostiziert, dass zukünftig 25 % aller Daten durch Kommunikation von Geräten und Maschinen untereinander verursacht wird.¹³⁵

Cloud Computing

Der Trend Cloud Computing bildet die Grundlage für ein sehr breit gefächertes Spektrum an bekannten und neuen Cloud-Diensten. Diese Entwicklung basiert darauf, dass Informationstechnologien wie beispielsweise Applikationen, Plattformen, Speicher und Infrastruktur über ein IP-basiertes Netzwerk zentralisiert und skalierbar bereitgestellt werden. Durch die Auslagerung von Hard- und Softwarekapazitäten auf eine externe Infrastruktur ist aus Nutzersicht nicht eindeutig erkennbar, wo und wie die Dienste bereitgestellt werden. Daher wird dieser Trend auch als Wolke (Cloud) bezeichnet. Grundsätzlich wird zwischen drei Organisationsformen für Clouds unterschieden: Private Cloud, Public Cloud sowie die Hybrid Cloud als Mischform. Während Private Clouds durch Zugriffsbeschränkungen und das Nutzungsregime insbesondere für Unternehmen und Verwaltung eingesetzt werden, können Public Clouds von beliebigen Nutzern verwendet werden. Bei der Verwendung von Cloud Computing müssen organisatorische (siehe oben) sowie rechtliche Rahmenbedingungen beachtet werden, um Datensicherheit (Sicherstellung der Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität der Daten) sowie Datenschutz (Schutz von persönlichen Daten vor missbräuchlicher Datenverarbeitung) gewährleisten zu können. Der Zugriff auf sämtliche sich in der Cloud befindlichen Dienste und Daten kann mittels verschiedenster internetfähiger Endgeräte wie Server, Desktop-PCs, Laptops, Tablet-PCs, Smartphones, Mediacenter etc. erfolgen.¹³⁶

¹³⁵ Vgl. Brocade (2011), S. 4.

¹³⁶ Vgl. Bell (2012), S. 57 ff.

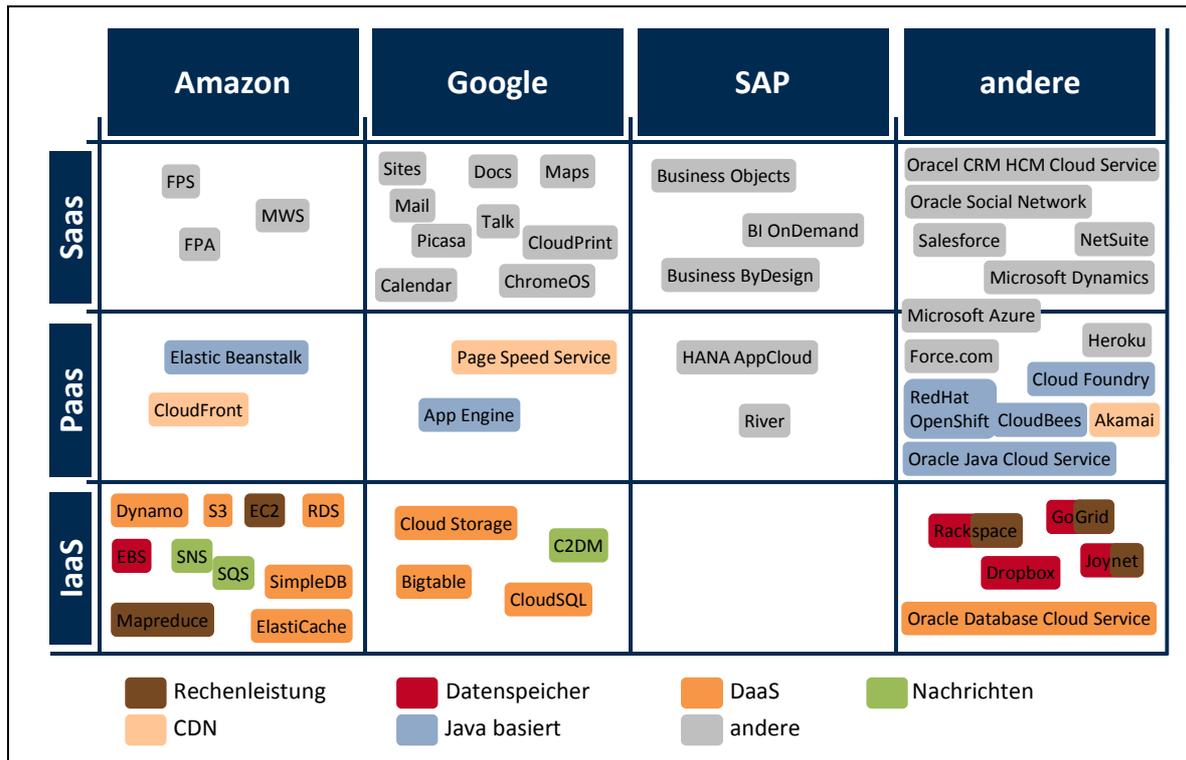


Abbildung 36: Klassifizierung einer Auswahl aktueller Cloud-Dienste nach BELL¹³⁷

Im Rahmen von Cloud Computing werden sämtliche Dienste als so genannte „Services“ angeboten. Im Wesentlichen kann zwischen Application-as-a-Service (AaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) und Infrastructure-as-a-Service (IaaS) unterschieden werden. AaaS beinhaltet die Bereitstellung von unterschiedlichsten Applikationen in der Cloud. Bisher werden Anwendungen in der Regel auf dem Endgerät installiert und genutzt. AaaS bietet das gesamte Leistungsspektrum in der Cloud an. Bei AaaS handelt es sich beispielsweise um Office-, CRM-, E-Commerce Lösungen oder Gaming. PaaS umfasst hingegen die Bereitstellung verschiedenster Plattformen wie beispielsweise Entwicklertools, Objektspeicher, Identitätsmanagement, Datenbanken oder Laufzeitumgebungen. IaaS beschreibt die die Bereitstellung verschiedenster Infrastruktur und Hardware. Damit bieten Cloud Dienste in Form von IaaS beispielsweise Rechenleistung, Serverleistung und –kapazitäten sowie andere Hardwareleistungsmerkmale an. Die Bereitstellung von Speicherplatz erlaubt es Nutzern, ihre Datenbestände von unterschiedlichen Servern mit unterschiedlichen Zugangsgeräten abzurufen bzw. mit anderen Nutzern zu teilen.¹³⁸

Der momentan noch am Anfang stehende Trend des Cloud Computing wird sich über den gesamten Bereich der Soft- und Hardware Komponenten erstrecken und zukünftig ein deutlich differenziertes Angebots- und Dienstespektrum aufweisen. Die Endgeräte

¹³⁷ Vgl. ebd. S. 84.

¹³⁸ Vgl. ebd. S. 59 ff.

werden hauptsächlich darstellende Funktion übernehmen, während sämtliche anderen Leistungsmerkmale wie Prozessor, (Arbeits-)Speicher, Betriebssystem und Anwendungen ganz oder teilweise in der Cloud abgebildet und dynamisch abgerufen werden. Zum Abruf und zur Darstellung der Cloud Dienste sind in Abhängigkeit von der Darstellungsgröße des Endgerätes (vgl. High Definition) hohe Bandbreiten erforderlich. Es wird erwartet, dass im Jahr 2015 über 50 % aller Datenspeicher internetbasiert sein werden.¹³⁹ In Abhängigkeit der genutzten Cloud Dienste werden weiterhin hohe Anforderungen an die Qualitätsmerkmale der Breitbandverbindung gestellt. Dies betrifft insbesondere Echtzeitfähigkeit sowie Peak-Rates. Damit wird Cloud Computing zu einem der Haupttreiber von Breitbandbedarf.¹⁴⁰

High Definition (Video Content)

Unter dem Begriff High Definition (HD) wird eine Entwicklung zusammengefasst, die sich bereits in den vergangenen Jahren insbesondere bei Mobiltelefonen, Kameras, Fernsehgeräten und Bildschirmen jeglicher Art gezeigt hat: deren Auflösung wächst stark an. Sowohl die Geräte als auch die Dienste werden immer hochauflösender. Dieser Trend wird sich in Zukunft noch verstärken und neben den bereits genannten eine Reihe weiterer Geräte erfassen. Dabei ist die Eigenschaft „hochauflösend“ nicht allein an die Darstellung von Inhalten gekoppelt. Vielmehr beschreibt sie das gesamte Nutzungserlebnis, die Usability und Features von Geräten und Diensten. Daher wird der Trend das gesamte Portfolio an Diensten erfassen und damit zu einem der wesentlichen Bandbreitentreiber. Hieraus ergeben sich enorme Anforderungen an die Rechenleistung der genutzten Geräte. Weiterhin ist davon auszugehen, dass eine starke Fragmentierung der Endgeräte einsetzen wird. Während heute ein Großteil aller Internetdienste mittels PC oder Smartphone abgerufen wird, werden zukünftig für verschiedene Anwendungen und Nutzungsszenarien unterschiedliche Geräte verwendet. Die erforderliche Rechenleistung der Geräte wird teilweise zentral durch Cloud-Computing bereitgestellt, so dass die Geräte im Wesentlichen nur für die Darstellung der Inhalte maßgeblich sein werden.

Die Auswirkungen dieses Trends werden am Beispiel des IPTV sofort deutlich. Die erforderliche Datenrate für einen IPTV-Stream ergibt sich als Produkt folgender Faktoren: Bildbreite, Bildhöhe, Farbtiefe, Bildwiederholrate und Kompressionsfaktor. Hinzu kommen außerdem Ton sowie zusätzliche synchrone Informationen, die an dieser Stelle nicht betrachtet werden sollen. Die Darstellung von dreidimensionalen Inhalten erfor-

¹³⁹ Vgl. Brocade (2011), S. 12.

¹⁴⁰ Vgl. Deloitte (2011b), S. 26 ff. und IEEE 802.3 Ethernet Working Group (2012), S. 10 ff.

dert eine Erhöhung der Bildwiederholrate (Frequenz). Aus diesen zusätzlichen Informationen wird die dreidimensionale Darstellung errechnet.¹⁴¹

Nachfolgend werden die Kenngrößen für ausgewählte IPTV-Standards dargestellt sowie die erforderlichen Datenraten aufgezeigt. Je nach Leistungsfähigkeit eingesetzter Komprimierungsverfahren variieren die erforderlichen Datenraten. Die in Tabelle 11 aufgeführten Datenraten zum Empfang eines IPTV-Kanals wurden unter Berücksichtigung einer kontinuierlichen Verbesserung der Komprimierungsverfahren bestimmt.

Tabelle 11: Kenngrößen ausgewählter IPTV-Formate

Standard	Höhe	Breite	Farbtiefe	Frequenz	Pixelanzahl	Datenrate
SDTV (PAL)	720px	576px	24 bit	25 Hz	414.720	2 – 6 Mbit/s
HDTV	1.920px	1.080px	24 bit	50 Hz	2.073.600	6 – 16 Mbit/s
UHDTV (Half)	3.840px	2.160px	48 bit	60 Hz	8.294.400	60 – 100 Mbit/s
UHDTV (Full)	7.680px	4.320px	48 bit	60 Hz	33.177.600	200 – 400 Mbit/s

Bei dem Format SDTV handelt es sich um ein derzeit weit verbreitetes Fernsehformat, obwohl HDTV in verschiedenen Auflösungen immer mehr Bedeutung gewinnt. Mit UHDTV wurde bereits ein Nachfolger von HDTV entwickelt und steht vor der kommerziellen Markteinführung. Die Olympischen Sommerspiele 2012 wurden teilweise in UHDTV übertragen.¹⁴² Obwohl momentan kaum geeignete Inhalte verfügbar sind, konnten bereits erste Geräte am Markt vorgestellt werden. Nach Schätzungen von DISPLAY-RESEARCH werden im Jahr 2016 weltweit ca. 4 Mio. Stück UHDTV (Half) Geräte abgesetzt. Es ist davon auszugehen, dass sich UHDTV zwischen 2025 und 2030 am Markt durchsetzt.¹⁴³

Die Auflösung von UHDTV beträgt ca. 33,2 Mio. Pixel und ist damit 16-mal größer als bei HDTV bzw. 80-mal größer als bei SDTV. Während SDTV eine Datenrate von 2 - 6 Mbit/s aufweist, beträgt diese bei HDTV bereits 6 - 16 Mbit/s und liegt bei UHDTV zwischen 200 - 400 Mbit/s. Es ist davon auszugehen, dass die technische Entwicklung von Videodarstellung weiter voranschreitet. Dabei kommt es nicht nur zu einer Erhöhung der Auflösung durch immer größere Darstellungsgeräte und -medien, sondern auch zu einer technologischen Verbesserung. Für die menschlichen Sinne ist erst ab

¹⁴¹ Berechnung in Anlehnung an FTTH Council (2007), S. 22 f.

¹⁴² Vgl. Sweney (2011).

¹⁴³ Vgl. Kuhlmann (2012) und Gartner (2009), S. 17 f.

einer Bildwiederholrate von 240 Hz Unschärfe und Ruckeln nicht mehr wahrzunehmen.¹⁴⁴

Eine Reduktion dieser enorm hohen Datenraten ist durch die Verwendung von leistungsfähigeren Komprimierungsverfahren zwar grundsätzlich möglich, allerdings lässt sich dadurch der steigende Bandbreitenbedarf für HD-Anwendungen nicht aufhalten, sondern allenfalls verlangsamen. Durch Komprimierung konnte die erforderliche Datenrate für einen SDTV-Stream in den vergangenen zwei Jahrzehnten um etwa 10 % jährlich reduziert werden.¹⁴⁵ Für neue IPTV-Formate prognostiziert ALCATEL-LUCENT einen Kompressionsgewinn in gleicher Größenordnung.¹⁴⁶ Die Verwendung von leistungsstarken Komprimierungsverfahren erfordert ebenfalls eine sehr hohe Rechenleistung. Diese ist sowohl beim Sender zur Komprimierung als auch beim Empfänger zur Dekomprimierung der Datenströme notwendig. Üblicherweise verfügen Nutzer über weniger Rechenleistung als Cloud Anbieter. Dies führt dazu, dass für verschiedene HD-Anwendungen, wie beispielsweise Cloud Streaming, eine Dekomprimierung der Datenströme bei Nutzern nicht mehr in Echtzeit möglich ist. Da die Datenströme weniger stark komprimiert werden können wird eine höhere Bandbreite erforderlich.¹⁴⁷

Anhand dieser Kenngrößen wird der stark steigende Bandbreitenbedarf für hochauflösende Anwendungen sehr deutlich. Wie bereits angedeutet, wird sich der Trend zu hochauflösenden Diensten neben IPTV auch für andere Dienste wie Gaming, E-Health, E-Learning, Videokonferenzen und vieles mehr durchsetzen.¹⁴⁸

7.4 Abschätzung des Bandbreitenbedarfs für zukünftige Dienste

In diesem Abschnitt erfolgt eine Prognose des zukünftigen Bandbreitenbedarfs für die oben genannten Dienste. Das Ergebnis dieser Abschätzung ist eine Folge der getroffenen Annahmen. Die Annahmen basieren auf drei Einflussfaktoren: Der Vorhersage des exakten Dienstbündels, der Wachstumsrate des Bandbreitenbedarfs sowie deren Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit der Infrastruktur.

Die Vorhersage des exakten Dienstbündels beruht auf den Ergebnissen der vorangegangenen Abschnitte. Für klassische und konvergente Dienste können die jeweils typischen Anwendungen in die Prognose einbezogen werden. Für neue Dienste ist dies nicht möglich, da zum heutigen Zeitpunkt nicht das gesamte Spektrum neuer Dienste sowie deren Relevanz vorhergesagt werden kann. Auf Basis der identifizierten Trends

¹⁴⁴ Vgl. Motorola (2009), S. 5.

¹⁴⁵ Vgl. ebd. S. 9 f.

¹⁴⁶ Vgl. Alcatel-Lucent (2011c), S. 3.

¹⁴⁷ Vgl. Austinat, R. (2012).

¹⁴⁸ Vgl. FTTH Council Europe (2011).

werden exemplarische Vertreter neuer Dienste aufgeführt sowie die Trends als Kategorien verwendet.

Bei der Prognose der Wachstumsraten des Breitbandbedarfs für die einzelnen Dienste werden zwei Szenarien mit unterschiedlichen Wachstumsraten angenommen. Die Szenarien bilden damit den Korridor, der mit hoher Sicherheit den Bereich des zukünftigen Bandbreitenbedarfs abbildet. Die untere Grenze stellt den Minimalwert dar, mit dem sich die Bandbreitenanforderungen der Dienste entwickeln werden. Der Wert basiert auf der Annahme, dass das Wachstum des Netto-Bandbreitenbedarfs durch die Anwendung leistungsfähiger Komprimierungsverfahren weniger stark steigt. Unter Einbeziehung vorhandener Studien stellt eine jährliche Wachstumsrate von 15 % einen sehr konservativen Wert dar.¹⁴⁹ Die obere Grenze des Korridors orientiert sich hingegen an der grundsätzlichen technischen Entwicklung der Bandbreiten. Unter Berücksichtigung von NIELSEN'S LAW kann davon ausgegangen werden, dass die jährliche Wachstumsrate bei jährlich 50 % liegt.

Weiterhin ist der zukünftige Bandbreitenbedarf der Dienste wesentlich von der zur Verfügung stehenden Infrastruktur abhängig. Die Entwicklung der Dienste schreitet nur so schnell voran, wie es die Infrastruktur zulässt. Ist die angebotene Bandbreite für einzelne Dienste zu gering, werden die Funktionalität und Usability entsprechend eingeschränkt. Aufgrund der hohen Investitionskosten werden neue Technologien mit höheren Bandbreiten nur bei entsprechendem Bedarf, der sich am Markt als zahlungsfähige Nachfrage zeigt, ausgerollt. Es handelt sich hierbei also um ein klassisches Henne-Ei-Problem. Bei der Prognose wird dieser Zusammenhang explizit von der Betrachtung ausgeschlossen. Weiterhin werden nutzergetriebene Einflussfaktoren wie Adoptionsgeschwindigkeit und Penetrationsraten hier nicht berücksichtigt. Deren Diskussion erfolgt in Kapitel 9.

Die Prognose des zukünftigen Bandbreitenbedarfs für die Zeitpunkte 2020 und 2030 erfolgt durch Extrapolation der minimalen und maximalen Wachstumsraten. Mit zunehmendem Prognosezeitraum unterliegen die Ergebnisse einer höheren Unschärfe. Der Bandbreitenbedarf für den Ist-Wert (2013) der einzelnen Dienste ergibt sich aus der selbst durchgeführten empirischen Erhebung sowie aus Schätzungen.

¹⁴⁹ Vgl. Agere Systems (2005), S. 1 f. , Alcatel-Lucent (2011c) und S. 2 ff. und Gartner (2009), S. 13.

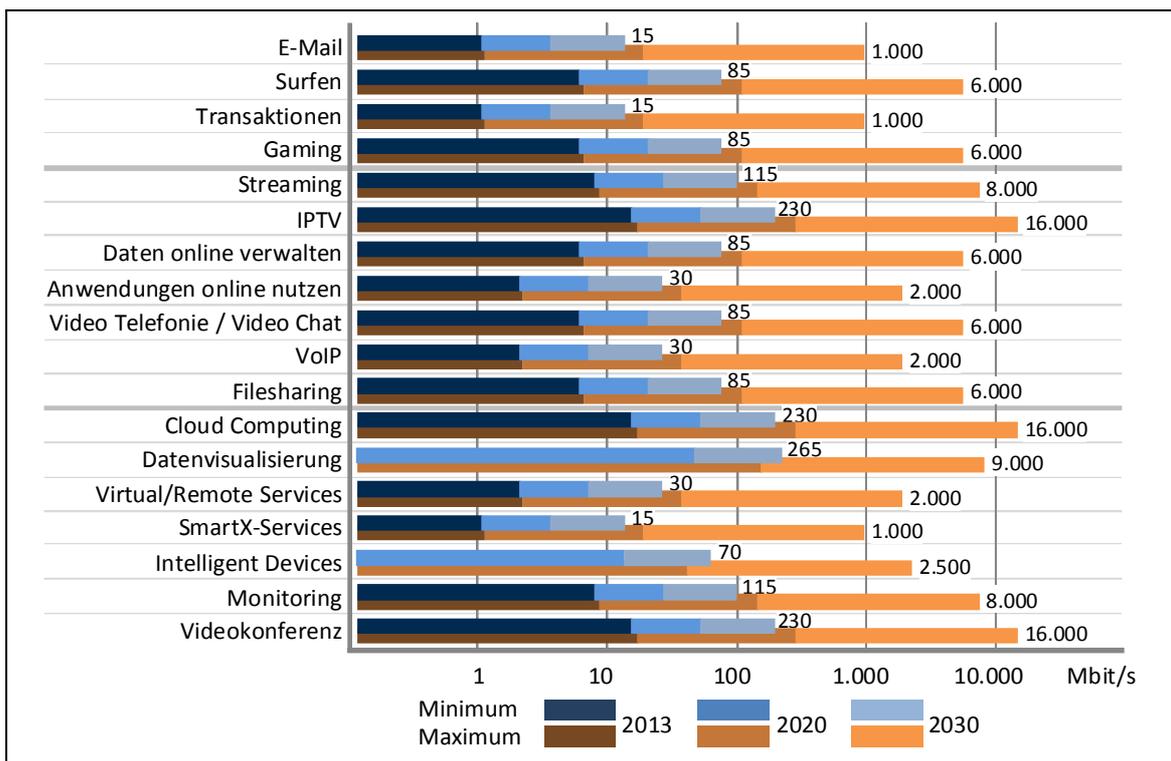


Abbildung 37: Prognose des zukünftigen Bandbreitenbedarfs exemplarischer Dienste

Die abgebildeten Werte stellen für die exemplarisch aufgeführten Dienste den erwarteten Bandbreitenbedarf dar. Dabei wird für jeden Dienst der minimal sowie maximal erforderliche Bandbreitenbedarf angegeben. Dabei ist unbedingt die logarithmische Skalierung der X-Achse zu beachten. Der Abstand zwischen zwei vertikalen Hilfslinien entspricht dem Faktor zehn.

Falls sich das Nutzungsverhalten für die Dienste nicht grundsätzlich ändert, ist nicht davon auszugehen, dass die erforderliche Bandbreite unter den angegebenen Werten liegen wird. Die Maximalwerte hingegen stellen Peak-Werte dar, die voraussichtlich nur für kurze Momente zu Nutzungsspitzen abgerufen werden. Ein höherer Bandbreitenbedarf wird nicht erforderlich sein. Der prognostizierte Bandbreitenbedarf für einzelne Dienste liegt in einer Größenordnung, die auch in Studien des FTTH COUNCIL vorausgesagt werden.¹⁵⁰

¹⁵⁰ Vgl. FTTH Council (2007), S. 22.

Allerdings ist davon auszugehen, dass nicht alle oben aufgeführten Dienste parallel bzw. in gleichem Umfang genutzt werden. Eine Addition der prognostizierten Bandbreitenbedarfe ist daher nicht korrekt. Vielmehr müssen die Nutzungsgewohnheiten der Teilnehmer detailliert betrachtet werden. Jeder Teilnehmer wird nur ein ausgewähltes Dienstbündel konsumieren. Dabei muss berücksichtigt werden, ob ein Dienst überhaupt genutzt wird und wenn ja, mit welcher Intensität. Die Betrachtung und Diskussion der unterschiedlichen Nutzungsgewohnheiten für verschiedene Nutzergruppen erfolgt in den Kapiteln 8 und 9.

8 ANALYSE DER NUTZERGRUPPEN

8.1 Private Haushalte

Anforderungen an Breitbanddienste im privaten Bereich haben einen stetigen Wandel erfahren. Mittlerweile hat der Anschluss den überwiegenden Unterhaltungscharakter verloren. Zunehmend werden administrative Tätigkeiten wie Steuererklärung, Transaktionen etc. durchgeführt. Dennoch stellen Kommunikation und Unterhaltung die Nutzungsschwerpunkte des Internetanschlusses in privaten Haushalten dar.

Der durchschnittliche private Haushalt in Sachsen umfasst gegenwärtig 1,9 Personen. Der Trend geht unabhängig vom Zukunftsszenario in Richtung 1,8 Personen je Haushalt.¹⁵¹ Allerdings weisen die Haushalte eine hohe Heterogenität bezüglich ihres Nutzungsverhaltens auf. Einstellung, Bildung, soziale und wirtschaftliche Aspekte sind extrem unterschiedlich, sodass eine Differenzierung vorgenommen werden sollte, um die spätere Prognose auf extern unterschiedlichen, aber intern homogen Nutzergruppen aufbauen zu können. Dazu bieten sich Ansätze wie z. B. die vom SINUS INSTITUT erarbeiteten Milieus zur Berücksichtigung von sozialen Aspekten und Grundwerten an.¹⁵²

Allerdings ergibt sich für die einzelnen Gruppen eine relativ schwierige Zuordnung zu Breitbanddiensten und deren Adoption. Daher wurden keine vorhandenen Milieus verwendet, sondern versucht, aus der in Kapitel 6.2 vorgestellten eigenen Studie unter Einbeziehung von Daten des statistischen Landesamtes, eigenständige Gruppen zu bilden. Außer den so genannten „Innovatoren“ und „Imitatoren“ konnten jedoch keine eindeutigen Gruppen identifiziert werden. Die Adoption von Diensten ist von vielen Parametern abhängig, die aufgrund der relativ groben Befragungsergebnisse nicht näher spezifiziert werden konnten. Der Verlauf erscheint zu unsicher, um weitere unterschiedliche Adoptionsgruppen bilden zu können.

8.2 Geschäftskunden

Bei den Geschäftskunden bestehen extrem große Unterschiede in der Nachfrage aufgrund der heterogenen Grundgesamtheit. Außerdem ist die Dichte der Unternehmen nach Regionen sehr unterschiedlich, wie Abbildung 38 zu entnehmen ist.

¹⁵¹ Vgl. Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012b).

¹⁵² Vgl. Sinus Institut (2010).

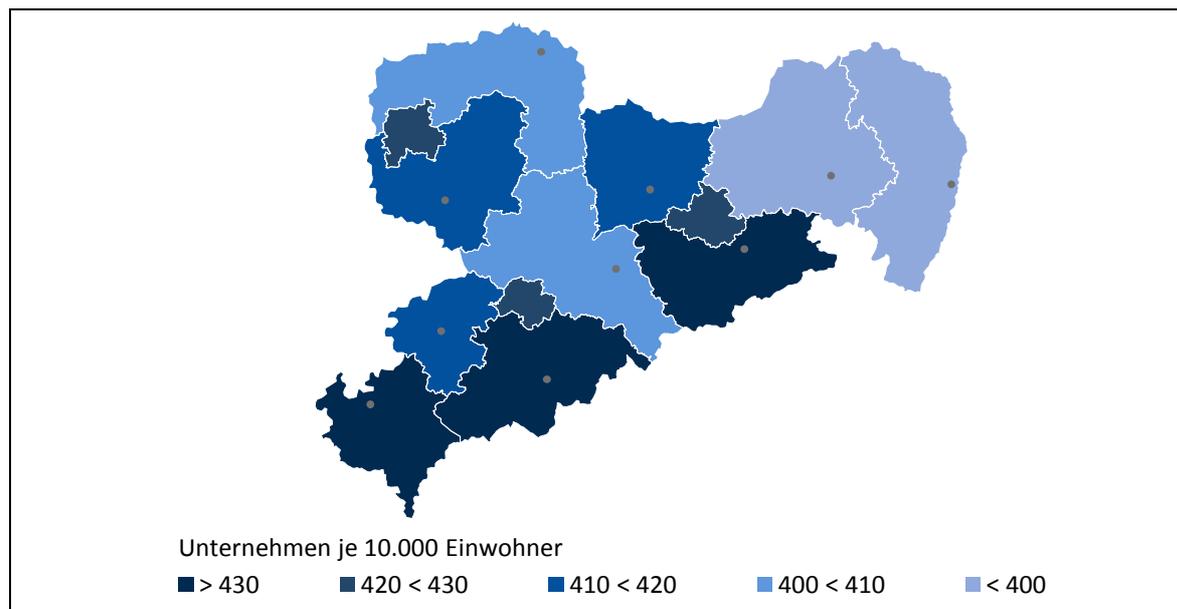


Abbildung 38: Unternehmen je 10.000 Einwohner in Sachsen¹⁵³

Dabei werden Unternehmen mit mehreren hundert Mitarbeitern und sehr intensivem Datenbedarf genauso dargestellt wie Einzelunternehmer mit ggf. keinem Bedarf. Die Unterschiede zwischen den Unternehmen und Gewerken sind in der folgenden Tabelle 12 zu entnehmen.

Tabelle 12: Aktive Betriebe nach Wirtschaftsbereichen und Beschäftigtengrößenklassen in Sachsen (2010)¹⁵⁴

Anzahl Beschäftigter	Insgesamt	Produzierendes Gewerbe	Baugewerbe	Handel, Verkehr, Gastgewerbe	Weitere Dienstleistungen
bis 9	165.718	11.698	26.243	48.584	79.193
10 bis 49	17.274	3.499	1.977	5.299	6.499
50 bis 249	4.136	1.221	245	846	1.824
250 und mehr	500	174	10	58	258
Summe	187.628	16.592	28.475	54.787	87.774

Erhebungen zur Art der Nutzung von Breitbandanschlüssen durch Unternehmen existieren in strukturierter und statistisch verwertbarer Form nur in sehr geringem Umfang. Nachfolgend werden einige allgemeinere Studien kurz dargestellt.

¹⁵³ Vgl. Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012c), S. 27.

¹⁵⁴ Vgl. Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012d).

Von der INDICATUS wurde im April 2009 eine Studie zum „Breitbandzugang als Standortfaktor für Unternehmen im ländlichen Raum Baden-Württembergs“ veröffentlicht. Von 930 Unternehmen, die an der Umfrage teilnahmen, gaben 17 % an, dass ihr Bandbreitenbedarf (Zeitpunkt der Befragung 2008/2009) ≥ 6 Mbit/s sei. Knapp 50 % gaben einen Bedarf zwischen 6 und 16 Mbit/s an und 34,1 % sahen einen Bedarf von über 16 Mbit/s.¹⁵⁵

Den Bandbreitenbedarf bis zum Jahr 2011 sahen nur ca. 3 % der befragten Unternehmen bei über 50 Mbit/s. Dieser Anteil steigt im Jahr 2014 auf ca. 15 %. Bis 2019 sehen rund ein Drittel der Befragten solch einen hohen Bedarf.¹⁵⁶

Auch eine Untersuchung der Universität Münster „Breitbandversorgung und gewerblicher Bedarf“ vom August 2009 kommt zu dem Schluss, dass der Breitbandbedarf für kleine und mittelständische Unternehmen in Zukunft bei 20 Mbit/s (symmetrisch) und mehr liegen wird.¹⁵⁷ Sie beruft sich dabei auf die Studie von GEBAUER, interne Mitteilungen des BREITBANDKOMPETENZZENTRUMS NRW, NIELSEN'S-LAW¹⁵⁸ sowie Industriestudien von CISCO SYSTEMS¹⁵⁹. Insbesondere die zunehmende Relevanz einer hohen Upload-Bandbreite wird für die Unternehmen prognostiziert.

Diesen Erhebungen ist jedoch gemein, dass sie nicht näher auf einzelnen Branchen eingehen. Das HESSISCHE MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, VERKEHR UND LANDESENTWICKLUNG hat im Jahr 2010 eine Studie zur Breitbandversorgung und zum zukünftigen Breitbandbedarf bei hessischen Unternehmen durchgeführt und unter dem Namen „Mehr Breitband für Hessen“ veröffentlicht.¹⁶⁰

An der elektronischen Erhebung beteiligten sich insgesamt 1.977 Unternehmen, was einer Rückmeldequote von 9,3 % entsprach. Im Rahmen der Erfassung der Daten wurden zwar Angaben zum Wirtschaftszweig sowie zum aktuellen und zukünftig gewünschten Internetanschluss erhoben, diese wurden jedoch für die Auswertung nicht miteinander verknüpft. Gleichzeitig ist es auch nicht möglich, von einzelnen Daten Rückschlüsse auf diese Größen zu ziehen.¹⁶¹ Somit stellt die Studie auch nicht die gesuchten Angaben bereit, sondern gibt lediglich einen Einblick in Nutzung und Bedarfswünsche über alle Branchen. Im Raum Hessen nutzen demnach 12 % der Unternehmen Anschlüsse mit Bandbreiten über 16 Mbit/s und 3 % Anschlüsse mit über 50 Mbit/s. Der Wunsch nach Bandbreiten von über 16 Mbit/s war bei 51 % der befrag-

¹⁵⁵ Vgl. Gebauer (2009), S. 29 ff.

¹⁵⁶ Vgl. ebd. S. 34 ff.

¹⁵⁷ Vgl. Holznagel (2009), S. 1.

¹⁵⁸ Vgl. Nielsen (1998).

¹⁵⁹ Vgl. Cisco Systems (2012).

¹⁶⁰ Vgl. Hessen IT (2010).

¹⁶¹ Vgl. ebd. S. 2 ff.

ten Unternehmen vorhanden und bei 14 % betrug die gewünschte Bandbreite sogar über 50 Mbit/s. Den zukünftigen Bedarf sahen 26 % bei über 50 Mbit/s.¹⁶²

Aufgrund der mangelnden differenzierten Betrachtung separater Gruppen von Unternehmen hinsichtlich des Bedarfs an Breitband können diese Studien nicht auf Sachsen übertragen werden. Daher muss aufbauend auf diesen Erkenntnissen eine eigene Bedarfsabschätzung vorgenommen werden.

Für große Unternehmen mit spezifischen Anforderungen an die Infrastruktur kommen mittelfristig nur spezielle Anbindungen in Frage, die nicht als Standardprodukte vermarktet werden. Schwieriger gestaltet sich die Situation bei den kleineren Unternehmen und den Selbstständigen/Freiberuflern. Sie benötigen teilweise eine sehr hochwertige Breitbandinfrastruktur. Hier seien nur beispielhaft Ärzte (Röntgenbilder, MRT etc.), Grafiker oder Architekten genannt. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Dreiteilung der kleineren und mittleren Unternehmen hinsichtlich der Zeitschiene der Breitbandversorgung existiert. Etwa 10 - 15 % benötigen eine Bandbreite, die NIELSENS LAW¹⁶³ folgt (Verdopplung der Bandbreite aller 20,5 Monate). Bei weiteren 40 % wird dies mit einer Verzögerung von 2 - 5 Jahren der Fall sein. Der Rest nutzt tendenziell eher Basisdienste und wird erst nachziehen, wenn eine Notwendigkeit für das Geschäft besteht. Daher ist hier mit einer bis zu 10 jährigen Verzögerung gegenüber den Innovatoren zu rechnen.

8.3 Verwaltung / E-Government

Von Seiten der öffentlichen Verwaltung sind in den letzten Jahren erhebliche Bemühungen in Richtung E-Government getätigt wurden. Im Hinblick auf eine Vereinfachung von Abläufen beim Bürger und auch in der Verwaltung erscheint dies sinnvoll. Insbesondere die Reduktion des personellen Aufwands und die Standardisierung von Prozessen sind hier die Triebkräfte. Es ist zu erwarten, dass der Trend wie in der privaten Wirtschaft weiter anhält.

Dementsprechend benötigen die verschiedenen Verwaltungseinheiten ausreichend dimensionierte Anbindungen, um einerseits interne Dienste zu nutzen und andererseits die Kommunikation mit den Bürgern und Wirtschaftsunternehmen zu ermöglichen.

Aufgrund dieser Rahmenbedingungen ist bis zum Jahr 2020 damit zu rechnen, dass jede Verwaltungseinheit und ggf. mit etwas Verzögerung jeder Mitarbeiter über verschiedene Geräte breitbandig an die zentrale Einrichtungen, wie beispielsweise Datenhaltung, angebunden sein wird. Die internen Prozesse werden wie in der Wirtschaft von zentralen Servern übernommen. Daher ist zwischen den einzelnen Einheiten und den zentralen Lösungen/Rechenzentren mit erheblichem Datenverkehr zu rechnen. Weiter-

¹⁶² Vgl. ebd.

¹⁶³ Vgl. Nielsen (1998).

hin werden zunehmend hochauflösende Karten und Pläne bereitgestellt werden. Von und zum Bürger ist mit eher geringem Aufkommen bezüglich der Bandbreite zu rechnen, da es sich um mehr oder weniger standardisierte Prozesse mit tendenziell geringem Datenvolumen handelt.

8.4 Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen

Der Freistaat Sachsen verfügt neben den Hochschulen und Universitäten auch über eine breite Basis an Forschungseinrichtungen.¹⁶⁴ Die meisten dieser Einrichtungen sind über das X-WiN angebunden. Es handelt sich um die technische Plattform des Deutschen Forschungsnetzes. Das DFN ist mit den Wissenschaftsnetzen und mit dem allgemeinen Internet weltweit verbunden. „Mit Anschlusskapazitäten bis zu 10 Gbit/s und einem Terabit-Kernnetz, das sich zwischen ca. 60 Kernnetz-Standorten aufspannt, zählt das X-WiN zu den leistungsfähigsten Kommunikationsnetzen weltweit.“¹⁶⁵

In Sachsen befinden sich die drei Kernnetz-Standorte in den großen Städten. An diesen Standorten werden ausgewählte Teilnehmer angebunden. Der Bedarf ist wiederum sehr heterogen. So hat die TU DRESDEN deutlich höheren Bedarf aufgrund ihrer Größe als ein einzelnes Forschungsinstitut. Allerdings gibt es extremen Bedarf im Bereich des Hochleistungsrechnens, der nicht abgeleitet und prognostiziert werden kann.

Eine Prognose ist schwierig, jedoch werden sich die Steigerungen der Bandbreite am technisch Machbaren orientieren. So wird es zu einer Fortführung der bisherigen Entwicklung kommen. Durch die im Wesentlichen separate Infrastruktur für wenig Adressaten (Einrichtungen) sind zukünftig kaum Probleme zu erwarten. Die Wissenschaft wird in dieser Hinsicht als Vorreiter für Wirtschaft, Verwaltung und Privathaushalte fungieren.

8.5 Demografische Entwicklungen

Die demografische Entwicklung muss hinsichtlich dreier Aspekte einbezogen werden. Erstens steigt der Anteil der älteren Bevölkerungsgruppen absolut und relativ über den Prognosezeitraum an. Zweitens nimmt die Bevölkerung insgesamt durch weniger Geburten ab und drittens begründet auch die steigende Lebenserwartung den überproportionalen relativen Zuwachs der älteren Bevölkerungsschichten.¹⁶⁶ Die konkreten Zahlen, wie in Abbildung 39 dargestellt, zeigen das Ausmaß der Entwicklung.

¹⁶⁴ Vgl. Sachsen (2012).

¹⁶⁵ Vgl. DFN (2012).

¹⁶⁶ Vgl. Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012e).

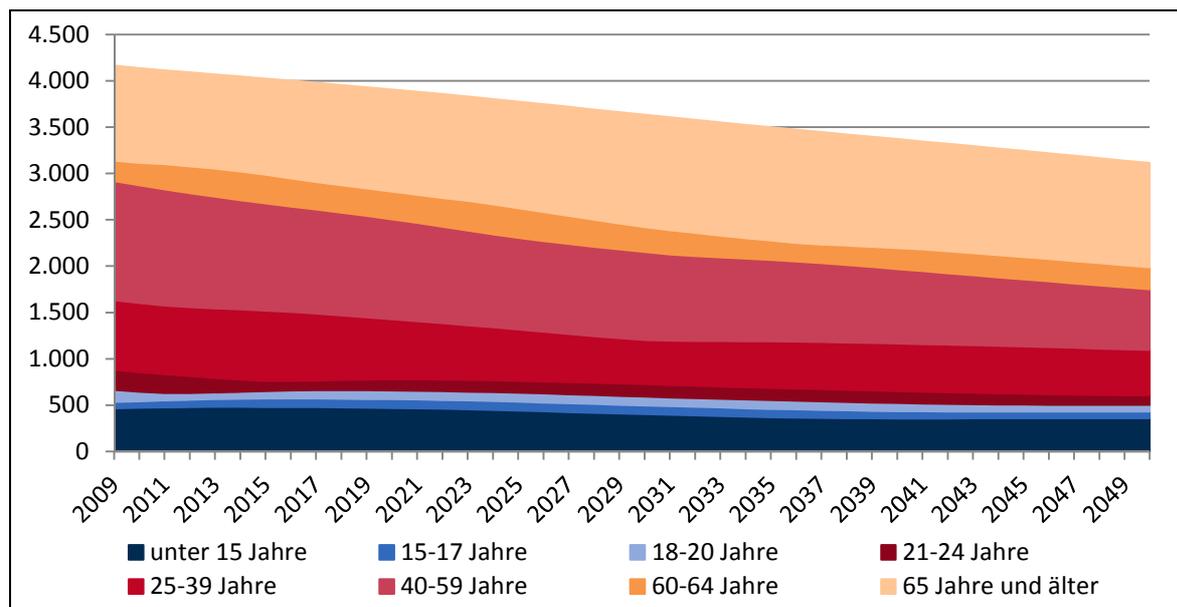


Abbildung 39: Einwohner (in Tsd.) je Bevölkerungsgruppe bis zum Jahr 2050¹⁶⁷

Von 2013 bis 2035 wird mit einem Bevölkerungsrückgang von 570.000 Einwohnern gerechnet. Dies entspricht 14 % der aktuellen Bevölkerung Sachsens. Die Ausprägungen dazu sind innerhalb von Sachsen unterschiedlich. So sind für die Großstädte teilweise sogar Zuwächse zu erwarten, während einige ländliche Regionen oder kleinere Städte vor einem extremen Einwohnerschwund stehen. Wie in Abbildung 40 dargestellt, sind auch die Altersstrukturen in den einzelnen Gebieten extrem unterschiedlich. Einige ländliche Regionen, die in Abbildung 40 rot gekennzeichnet sind, verfügen schon jetzt über ein hohes Durchschnittsalter der Bevölkerung.

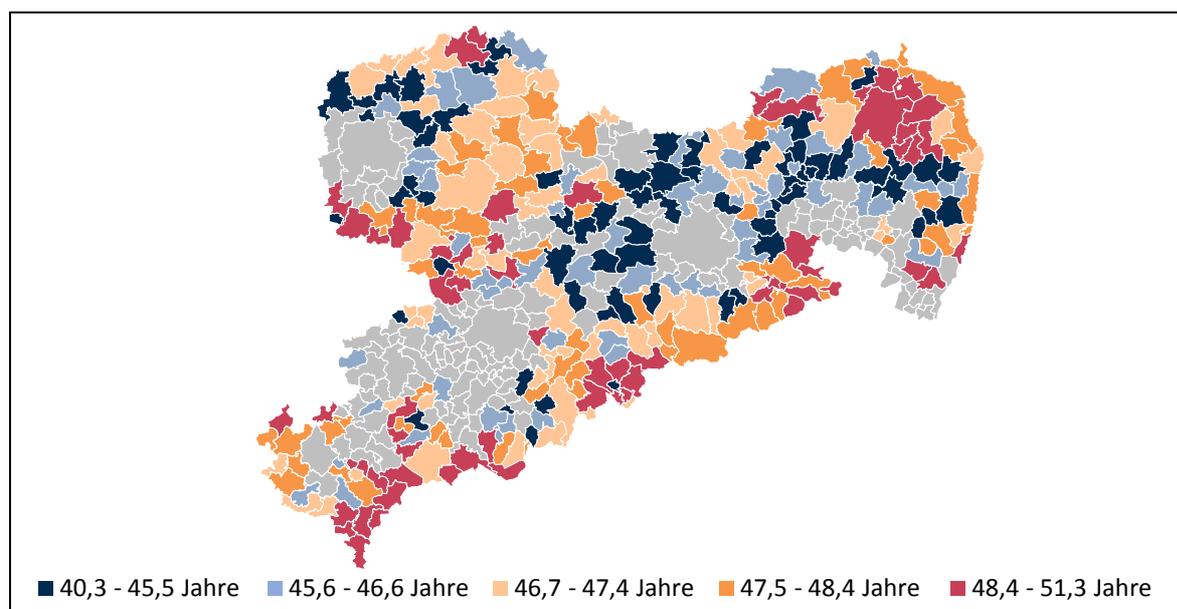


Abbildung 40: Ländliche Regionen und deren Altersdurchschnitt (Stand: 2011)¹⁶⁸

¹⁶⁷ Basierend auf Destatis (2012b) und Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012f).

Für die Infrastrukturdiskussion und deren Investitionsprojekte ist dieser Punkt extrem relevant. Der Planungshorizont von Infrastrukturinvestitionen wie dem Breitbandausbau ist tendenziell sehr langfristig. Daher muss in Überlegungen zur Erschließung von Gebieten der demographische Faktor mit einfließen. Dem Rückgang und damit der Reduktion der absetzbaren Anschlüsse muss Rechnung getragen werden. Je nach Auswirkungen der Demographie auf die Haushaltsgröße verringert sich in den einzelnen Gebieten die für die Netzbetreiber erreichbare Buchungsrate (Take Rate) für Anschlüsse relevant.

Weiterhin gibt es die Problematik von älteren Kundengruppen mit geringer Internetnutzung, wie in Kapitel 2.1 dargelegt. Eine Erhöhung der Nutzung in diesen Gruppen wird zu großen Teilen dadurch bestimmt, dass jüngere Jahrgänge in ältere Clustergruppen hineinwachsen und so den Anteil der Internetnutzer in diesen Gruppen erhöhen. Dieser Prozess ist anhand der Zahlen des (N)ONLINER ATLAS in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Demografische Verschiebung zwischen den Altersgruppen in Sachsen

		Zukünftige Altersgruppen							
		15-17	18-20	21-24	25-39	40-59	60-64	> 64	Wegfall
Aktuelle Altersgruppen	15 - 17		2016	2020	2030	2047	2059	2069	2077
	18 - 20			2017	2024	2044	2056	2066	2074
	21 - 24				2023	2041	2053	2063	2071
	25 - 39					2031	2043	2053	2061
	40 - 59						2025	2035	2043
	60 - 64							2023	2031
	> 64								2021

Ausgehend von den aktuellen Zugehörigkeiten zu Altersgruppen, die links dargestellt sind, ist ersichtlich, wann der Sprung in die nächste Altersgruppe erfolgt. Beispielsweise wird die Gruppe der heute über 64-Jährigen 2021 aus der statistischen Berechnung fast vollständig herausgefallen sein. Wird von den zwei höchsten Altersgruppen ausgegangen, so werden diese spätestens 2031 keine signifikanten Auswirkungen mehr haben, wobei die heute 40 bis 59-Jährigen dieses Alter erreicht haben. Damit ergibt sich dann eine quasi vollständige Durchdringung aller Altersgruppen im Bezug auf die Internetnutzung. Dabei werden auch bis heute nicht adressierbare Personen zu unbewuss-

¹⁶⁸ Vgl. Sachsen (2011).

ten Internetnutzern. Einfach zu bedienende internetbasierte Dienste wie beispielsweise IPTV, Internetradio, Abruf von Wetterinformationen und Videotelefonie ersetzen klassische Nutzungsszenarien, ohne dass es für Nutzer direkt wahrgenommen wird.

Ausnahmen sind Personen:

- Denen der Zugang technisch nicht möglich ist,
- bei denen Einschränkungen hinsichtlich des körperlichen/geistigen Zugangs oder
- Lese-/Schreibschwächen vorliegen sowie
- Personen, die es ablehnen werden, dass Internet nutzen.

So kann im Jahr 2030 für den Freistaat Sachsen mit einer Penetration über alle Altersgruppen von 95 % gerechnet werden. Ab dem Jahr 2020 wird eine Penetration von deutlich über 80 % gegeben sein.

9 PROGNOSE DES BREITBANDBEDARFS

9.1 Entwicklung von Bandbreiten

Bei Betrachtung der historischen angebotenen Bandbreite wird deutlich, dass die verfügbare Bandbreite jedes Jahr ansteigt. Der exponentielle Anstieg der Bandbreiten unterliegt augenscheinlich einer Gesetzmäßigkeit, die von JAKOB NIELSEN im Jahr 1998 erstmals beschrieben wurde und auch als „Nielsen's Law of Internet Bandwidth“ bekannt ist. Demnach nimmt die verfügbare Bandbreite für einen „High-End“ Nutzer jedes Jahr um 50 % zu.¹⁶⁹ Dies führt zu einer Verdoppelung der Anschlussgeschwindigkeiten aller 20,5 Monate.¹⁷⁰ Bei Betrachtung der Entwicklung der Bandbreiten seit dem Jahr 1982 wird deutlich, dass NIELSEN'S LAW bis zum heutigen Zeitpunkt Gültigkeit besitzt. Unter der Annahme, dass das Wachstum der Bandbreiten weiterhin dieser Gesetzmäßigkeit folgt, würde die Bandbreite im Jahr 2030 im mittleren zweistelligen Gbit/s-Bereich liegen.¹⁷¹

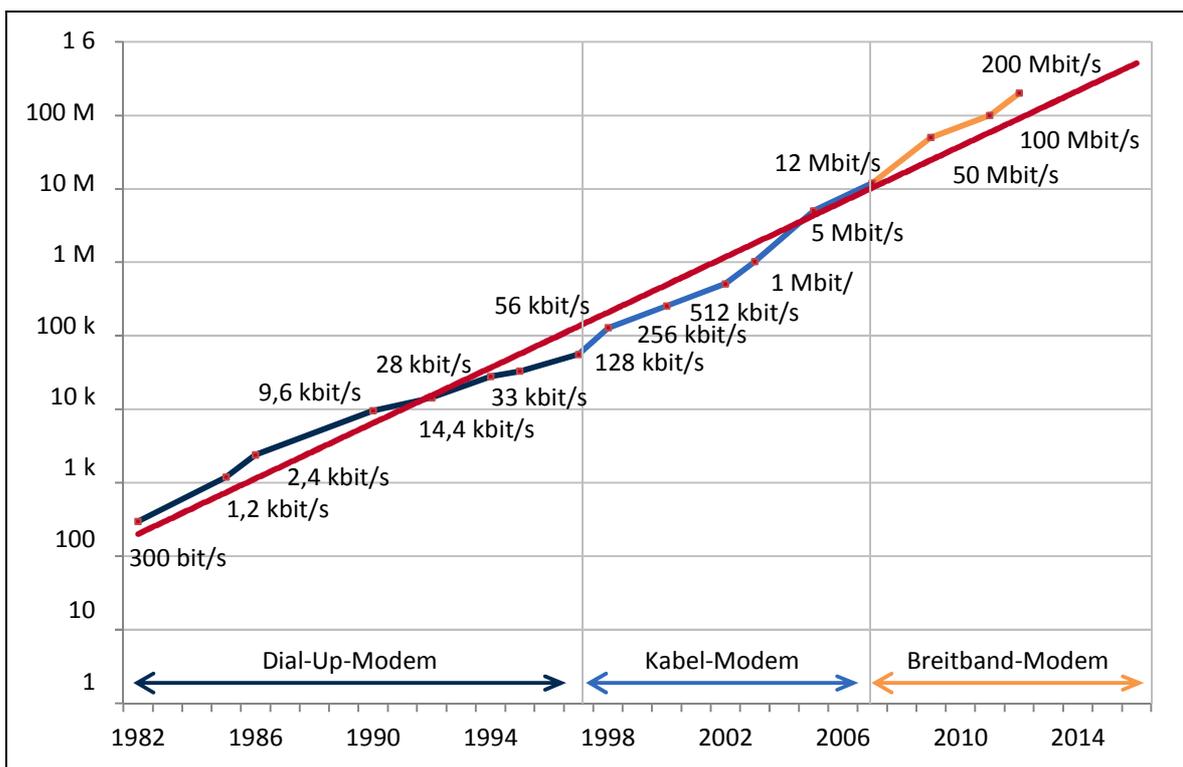


Abbildung 41: Entwicklung historischer verfügbarer Bandbreiten

¹⁶⁹ Vgl. Nielsen (1998).

¹⁷⁰ Der mathematische Zusammenhang zwischen Wachstumsrate (r in %) und Verdoppelungszeit (t in Jahren) lautet: $t = \ln(2) / \ln(1+r/100)$.

¹⁷¹ Die dynamische Berechnung und grafische Darstellung zukünftiger Bandbreiten auf Basis von Nielsen's Law ist unter der folgenden Internetadresse möglich: www.js1.ca.

Die Y-Achse in Abbildung 41 ist logarithmisch skaliert. Die gerade rote Linie beschreibt das exponentielle jährliche Wachstum. Damit stellt NIELSEN'S LAW für die Breitbandkommunikation das Äquivalent zu MOORES LAW für die Mikroprozessoren dar. Allerdings liegt die Wachstumsrate von MOORES LAW bei jährlich 60 %¹⁷², das heißt die Bandbreiten wachsen langsamer als die Leistungsfähigkeit der Endgeräte. Als Gründe für den geringeren Anstieg identifiziert NIELSEN die hohen Investitionskosten und Risikoaversität von Netzbetreibern, Zahlungsbereitschaften von Nutzern sowie die steigende Internetpenetration überhaupt. Das Internet ist zu einem Massenmedium geworden. Im Gegensatz zu sehr affinen Nutzern, adaptieren durchschnittliche Nutzer neue Dienste und Technologien langsamer.¹⁷³

9.2 Adoption und Akzeptanz von neuen Diensten

Die Akzeptanz und die Adoption von Diensten bilden die Basis für die Durchsetzung im Massenmarkt. Im Rahmen dieser Studie war es Ziel der Autoren, für die verschiedenen Dienstkategorien individuelle Adoptionsverläufe auf Basis von vorher identifizierten Nutzergruppen herauszuarbeiten. Allerdings sind die zur Verfügung stehenden Daten für ein derart komplexes Problem nicht ausreichend. Es existieren zu viele externe Einfluss- bzw. Störgrößen. Zwischen der Verbreitung von Diensten, der Preissetzung und der Verfügbarkeit von breitbandigen Internetanschlüssen besteht eine Vielzahl von Abhängigkeiten. Daher wird, wie in Kapitel 9.1 dargestellt, oft von pauschalen Verläufen bzw. Steigerungsraten ausgegangen. Diese ermöglichen jedoch keine detaillierten Aussagen zur realen Adoption und Diffusion am Markt.¹⁷⁴ Die Gesetzmäßigkeiten wie NIELSEN'S LAW und MOORES LAW sind ebenfalls weniger geeignet.

¹⁷² Vgl. Moore (1965), S. 3 f. und Intel (2005), S. 1 f: Demnach verdoppelt sich die Zahl der aktiven Komponenten eines Chips und damit verbunden die Rechenleistung aller zwei Jahre. Mittlerweile wird davon ausgegangen, dass die Zeit zur Verdoppelung nur 18 Monate beträgt.

¹⁷³ Vgl. Nielsen (1998).

¹⁷⁴ Die Diffusionskurve zeigt die kumulierte Anzahl von Adoptionen (Übernahmen des Dienstes) bis zum Zeitpunkt t , das heißt in den einzelnen Jahren. Sie charakterisiert damit den Teil des potentiellen Marktes, der die Neuerung bereits übernommen hat. Die Adoptionskurve beschreibt die Anzahl der potentiellen Übernehmer pro Jahr, das heißt den Zuwachs des Marktvolumens pro Periode. Sie lässt sich bei stetiger Zeitbetrachtung als die 1. Ableitung der kumulativen Bestandsentwicklung nach der Zeit berechnen.

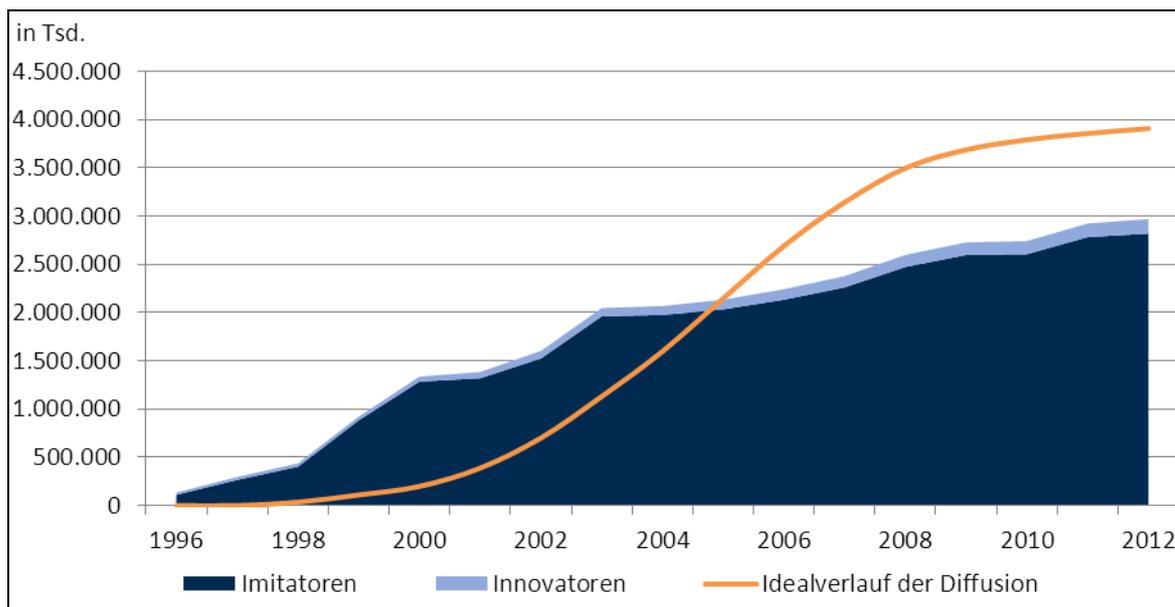


Abbildung 42: Idealverlauf der Diffusionskurve, Innovatoren und Imitatoren der Internetnutzer in Sachsen¹⁷⁵

Um Abschätzungen vornehmen und die Nutzung von konvergenten und neuen Diensten dennoch prognostizieren zu können, wurde die Internetnutzung in Sachsen als Referenzwert gewählt. In Abbildung 42 ist der Diffusionsverlauf der Internetnutzer dargestellt. Der reale Verlauf der Diffusion für Sachsen ist durch die dunkel- und hellblauen Flächen dargestellt während die orange Line den theoretischen bzw. Idealverlauf der Diffusion beschreibt. Dabei ist erkennbar, dass der reale Verlauf sich deutlich vom theoretischen Verlauf unterscheidet.

Die Internetnutzer konnten aufgrund der durchgeführten Erhebung in Innovatoren (hellblaue Fläche) und Imitatoren (dunkelblaue Fläche) unterschieden werden. Eine Unterscheidung zwischen den beiden Gruppen erfolgte anhand einer Clusterbildung auf Basis eines speziellen Fragenblocks in der selbst durchgeführten empirischen Erhebung. Die Innovatoren wählen Dienste aufgrund der Produkteigenschaften und informieren sich bewusst selbst. Sie sind stark intrinsisch motiviert, neue Technologien zu nutzen. Im Gegensatz dazu wählen Imitatoren einen Dienst aufgrund von gezielten Werbebotschaften in Verbindung mit einer ersten Wahrnehmung der Nutzung durch andere. Ihre Entscheidung zur Nutzung von Breitbanddiensten wird stark von außen beeinflusst. Erkennbar ist, dass der Anteil der Innovatoren an den Gesamtnutzern tendenziell abnimmt, obwohl er absolut leicht wächst. Es existiert am Anfang ein relativ großer Anteil an Innovatoren, der sich aufgrund des größeren Zuflusses von Imitatoren relativ reduziert. Für die Adoption von neuen Diensten ist die erste Personengruppe relevant. Nur durch diese, teilweise auch als Key-User bezeichneten Personen, kann ein Dienst-

¹⁷⁵ Berechnung basierend auf Daten eigener Erhebung der TU Dresden, ITU (2011), Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012g) und Initiative D21 (2012): (N)onliner Atlas 2001 – 2012.

produkt erfolgreich platziert werden. Weiterhin ist in Abbildung 42 der ideale Diffusionsverlauf (orange Linie) dargestellt. Er ist theoretischer Natur und dient der Illustration von Unterschieden in den Verläufen. Die Annahme bzw. der Konsum von Internetanschlüssen in Sachsen lag demnach am Anfang sehr nah am idealtypischen Verlauf. In späteren Jahren existieren in der Realität aber mehr Widerstände, die die Adoption verzögern. Wie bereits dargelegt, resultieren diese im Wesentlichen aus älteren Bevölkerungsschichten, denen oftmals der Zugang und das Wissen zu diesen Technologien fehlen. Daher ist die Internetnutzung in der Realität deutlich geringer.

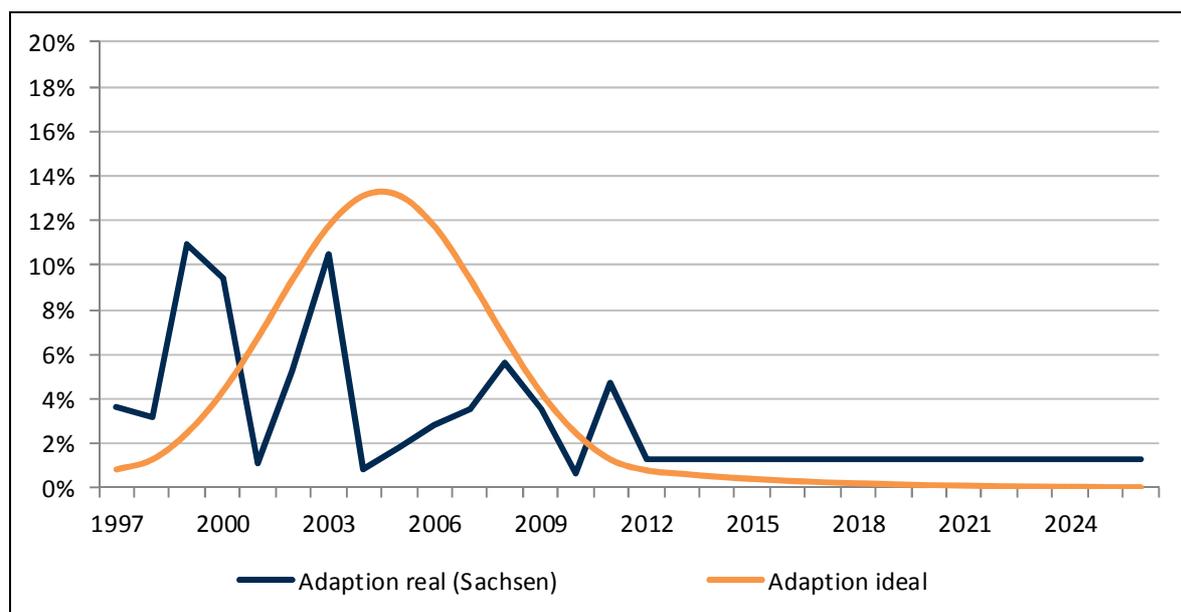


Abbildung 43: Adoption der Internetnutzung im Zeitverlauf¹⁷⁶

Aus dem Verlauf der Graphen in Abbildung 42 können durch Bildung der ersten Ableitung die Adoptionswerte in Abbildung 43 berechnet werden. Dies sind die jährlichen Zuwachsraten der Internetnutzung. Es wird deutlich, dass der unterschiedliche Diffusionsverlauf in Abbildung 42 auf die jährlichen Zuwachsraten zurückzuführen ist. Die Unterschiede sind eklatant und der Verlauf in Sachsen ist von starken Sprüngen geprägt. Es existiert somit in der Realität ein weitaus schwierigerer Prozess der Markteinführung als im Idealverlauf angenommen. Dabei können drei Phasen identifiziert werden. Die erste Phase (bis zum Jahr 2000) umfasst die Einführung von analogen Internetverbindungen und DSL-Angeboten. Die zweite Phase (ab 2001 - 2004) repräsentiert die ersten Angebote von Resellern und den damit verbundenen Preissturz. In der darauf folgenden Phase, die bis heute anhält, wurde durch die Paketangebote von Telefon- und Internetdiensten durch alle Wettbewerber der restliche Nutzerkreis adressiert. Durch omniprä-

¹⁷⁶ Berechnung basierend auf Daten eigener Erhebung der TU Dresden, ITU (2011), Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012g) und Initiative D21 (2012): (N)onliner Atlas 2001 – 2012.

sente Werbung und eine hohe Nutzungsrate in der Bevölkerung sind diese Nutzer hinzugekommen.

Mit einem ähnlichen Verlauf kann auch bei neuen Diensten gerechnet werden. Allerdings sind die genauen Diffusions- und Adoptionsverläufe schwer zu schätzen. Je komplexer und aufwendiger ein neuer Dienst ist, z. B. durch die Notwendigkeit neuer Geräte oder Infrastruktur, desto mehr weicht die dazugehörige Diffusionskurve für vom idealtypischen Verlauf in Abbildung 42 ab. Die Diffusionsgeschwindigkeit verringert sich.

In der Realität wird mit einer deutlich langsameren Marktdurchdringung von Diensten mit höherem Bandbreitenbedarf zu rechnen sein. Hohe Ausbaurkosten für neue leistungsstarke Technologien sowie niedrige Zahlungsbereitschaften der Teilnehmer führen zu einer geringen Verbreitung von leistungsstarken Anschlüssen. Aufgrund dessen werden Bedarfssteigerungen der Dienste, die sich an NIELSEN'S LAW orientieren nur für wenige Nutzer, die Innovatoren, zutreffen. Für die breite Masse wird IPTV und Cloud Computing mit Bandbreiten bis 100 Mbit/s längerfristig den Bedarf decken. Die Adoptionsraten für diese Dienste werden sich an dem historischen Verlauf der Internetnutzung in Sachsen orientieren (vgl. Abbildung 43). Für Cloud Computing dürften wir uns auf dem Höhepunkt der Phase 1 (Einführungsphase) befinden, bei High Definition am Beginn, wodurch IPTV zum großen Treiber der nächsten Jahre werden wird.

Um umfangreiche Aussagen zur Akzeptanz von neuen Diensten, deren Dynamik und Nutzungsintensitäten zu erhalten, wurde eine Analyse von Nutzern vorgenommen. Auf Basis der selbst durchgeführten empirischen Erhebung (vgl. Kapitel 6) erfolgte eine Analyse entsprechend ihrer aktuellen Nutzungsgewohnheiten bezüglich des gesamten abgefragten Dienstespektrums.

Als Grundlage hierfür wurde ein Scoringmodell mit drei Gruppen verwendet. Auf Basis der Kriterien Marktdurchdringung, Innovationsgrad, Nutzungshemmnisse und Netzwerkeffekte wurden alle abgefragten Dienste einer der Gruppen zugeordnet. Jeder Dienst wird mit dem Scorewert der Gruppe gewertet und dementsprechend mit den Scorewerten eins bis drei versehen. Eine Übersicht der Zuordnung ist in Tabelle 14 zu finden. Die Scorewerte wurden unabhängig von der Nutzungsintensität eines Dienstes vergeben. Intensitätsaspekte bei der Nutzung finden demnach keine Berücksichtigung. Aus den vergebenen Scorewerten je Dienst ergibt sich für jeden Nutzer entsprechend der Nutzungsgewohnheiten ein individueller Gesamtscore. Dieser ist die Summe der Scorewerte aller genutzten einzelnen Dienste. Auf Basis des Gesamtscore ist anschließend eine Kategorisierung der Nutzer gemäß ihrer Affinität möglich.

Tabelle 14: Übersicht Scorewerte für Gesamtscore

Anwendungsszenarien/Dienste		Score
Gruppe 1	E-Mails abrufen, versenden	1
	Surfen (Informationen abrufen, Nachrichten, soziale Netzwerke, etc.)	1
	Online Transaktionen (Online Banking, ebay, etc.)	1
Gruppe 2	Streaming (Filme, Videos anschauen, z. B.: youtube, etc.)	2
	Video Telefonie, Video Chat	2
	Sprachtelefonie über das Internet	2
Gruppe 3	IPTV (Fernsehen)	3
	Online Spiele	3
	Daten online verwalten (Dropbox, Fotos etc.)	3
	Anwendungen online nutzen (Online-Office, Google Docs, etc.)	3
	Filesharing (Tauschen/Bereitstellen von Daten an einen anonymen Nutzerkreis)	3
Maximaler Gesamtscore (= 100%)		26

Um eine bessere Einordnung und Bewertung zu ermöglichen, wurden Kategorien gebildet. Es erfolgte eine Einteilung in $\leq 20\%$, $\leq 40\%$, $\leq 60\%$, $\leq 80\%$ und $> 80\%$ des maximal möglichen Scoringwertes (26). Dieser repräsentiert den Index der verfügbaren Anwendungsszenarien/Diensten. Ein hoher Wert steht für eine Nutzung vieler und innovativer Dienste, ein niedriger Wert für eine niedrige Anzahl von Diensten sowie einen hohen Anteil klassischer Dienste. Um eine Zuordnung zu anderen empirischen Erkenntnissen hinsichtlich Internetnutzung, Dienstenutzung, Anteil in der Bevölkerung etc. zu ermöglichen, wurden die Nutzerkategorien nach Altersgruppen geclustert. Wie Abbildung 44 verdeutlicht, differiert der Nutzungsgrad des Dienstportfolios in den einzelnen Altersgruppen signifikant. Obwohl es sich bei allen Personen um Internetnutzer handelt, geht die Art und Anzahl des genutzten Dienstportfolios stark auseinander. Ältere Altersgruppen sind durch eine geringe Anzahl von genutzten Diensten sowie durch etablierte und wenig innovative Anwendungsszenarien gekennzeichnet. In der Nutzergruppe bis 20 % des Maximalwertes verzeichnet die Altersgruppe ab 60 Jahren einen Anteil über 62 %. Wird die Nutzergruppe bis 40 % des Maximalwertes hinzugenommen, so ergeben sich über 81 % der Nutzer in dieser Altersgruppe, die für neue Dienste kaum adressierbar erscheinen.

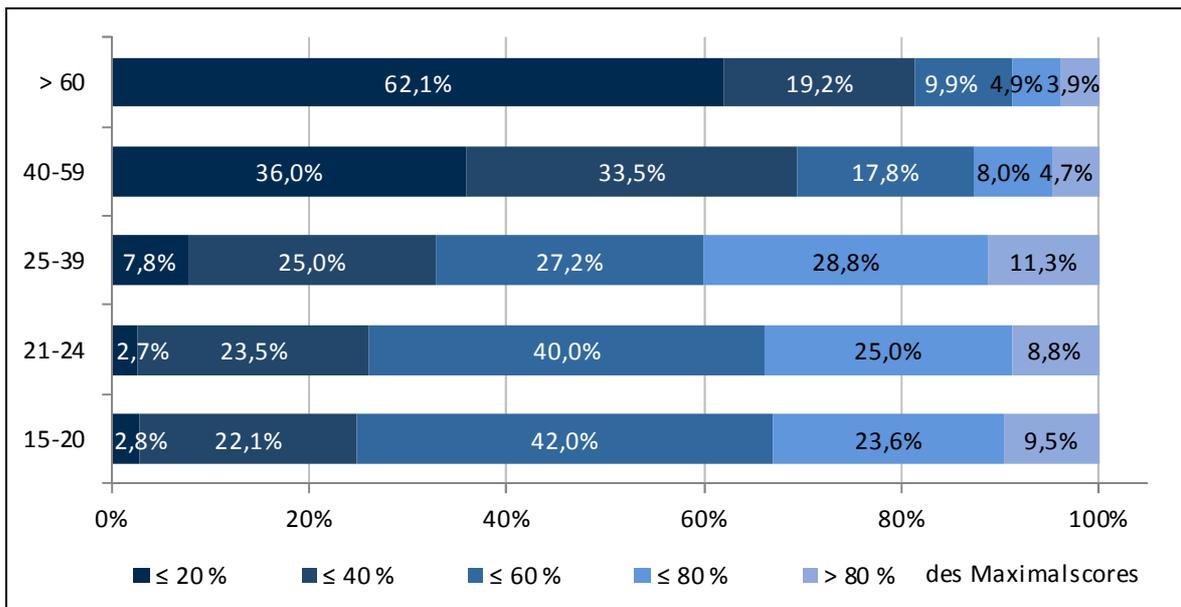


Abbildung 44: Altersbezogene Kategorisierung nach Nutzungsgrad aktuell verfügbarer Dienste

Bei den jüngeren Altersgruppen zeigt sich ein konträres Bild. Die Nutzergruppen mit mehr als 60 % des Maximalwertes haben einen höheren Anteil als die Gruppen mit weniger als 40 %. Es sind also deutlich affinere Nutzer in den Altersgruppen enthalten. Aufgrund des Bewertungssystems ist die Nutzergruppe bis 60 % des Maximalscores als tendenziell leicht affin für Breitbandanschlüsse/Dienste einzuordnen. Die jüngsten drei Altersgruppen werden demnach für neue Dienste den größten Anteil am Nutzerkreis stellen. Unter Annahme eines marginalen Wachstums der Internetnutzung innerhalb der Altersgruppen und dem Alterungsprozess, der zu einem Wechsel in höhere Altersgruppen führt, ergibt sich die in Abbildung 45 dargestellte Nutzerprognose. Herauszustellen ist, dass die Anzahl der Internetnutzer trotz abnehmender Bevölkerungszahl steigt. Die in Abbildung 44 angegebenen prozentualen Angaben basieren nur auf den untersuchten Internetnutzern. Die Gruppe der „Nichtnutzer“ sowie Altersgruppen ≤ 15 Jahre sind demnach nicht in der prozentualen Aufteilung enthalten. Die höchste Nutzergruppe (> 80 %) verzeichnet eine minimale Steigerung des Anteils an den Internetnutzern von 2012 zu 2030 von 7 % auf 8 %. Eine etwas größere Steigerung verzeichnen die Nutzergruppen mit ≤ 80 % und > 80 %. Beide zusammen können den Anteil von 2012 zu 2030 von 22 % auf 26 % steigern. Diese Steigerung kann, wie die gesamte Erhöhung der Nutzeranteile auf das Nachwachsen jetzt noch in jüngeren Altersgruppen enthaltener Internetnutzer zurückgeführt werden (vgl. Abbildung 44). Es wird also in den prognostizierten Jahren nicht zu einer extrem breiten sofortigen Adoption von neuen Diensten kommen. Allerdings wird die Adoptionsgeschwindigkeit zunehmen, da von einer leicht affineren und insbesondere größeren adressierbaren Nutzergruppe ausgegangen werden kann. Die verschiedenen Nutzergruppen werden auch zukünftig Dienste unterschiedlich schnell adaptieren.

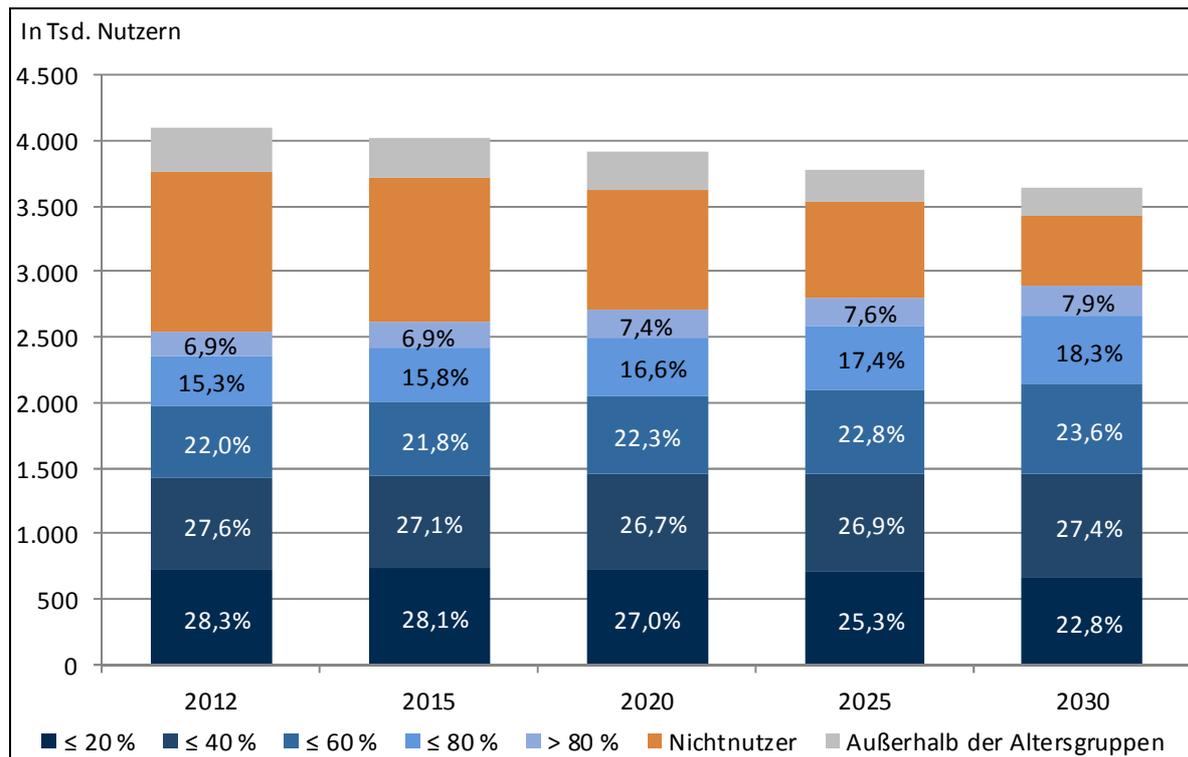


Abbildung 45: Absolute Anzahl der prognostizierten Internetnutzer nach Nutzungsgrad

Welche Dienste mit welcher Geschwindigkeit adaptiert werden, ist dennoch kaum zu prognostizieren, da wie schon dargelegt zu viele unklare Einflussfaktoren existieren. Die einzelnen Nutzergruppen mit ihren Anteilen an den Internetnutzern und der Adoptionsverlauf in Abbildung 43 können als Indikator für neue Dienste und deren Einführungsgeschwindigkeit gelten. Die ermittelten Nutzungskategorien und deren Anteile an der Bevölkerung und den Internetnutzern kann zukünftig als Basis für weitere Untersuchungen verwendet werden. Dazu sind die Matrizen der Dienstprognosen und deren benötigte Bandbreite mit dem prozentualen Scoringwert zu multiplizieren. Es ergibt sich die adressierbare Bandbreite für die jeweiligen Nutzerkategorien in der Bevölkerung. Durch den Anteil an der Gesamtbevölkerung kann das zeitliche Adressierungspotential für innovative Dienste errechnet werden. Im Rahmen der Studie wurde durch die Schwankungsbreite für den Prognosehorizont 2030 darauf verzichtet. Es ergibt sich durch die Ausführungen in Abbildung 37 die Möglichkeit für die Szenarienbildung.

Dennoch kann prognostiziert werden, dass Dienste im aktuell verfügbaren und angebotenen Umfang für die Nutzergruppen $\leq 20\%$, $\leq 40\%$ und für Teile der Gruppe $\leq 60\%$ Nutzungsintensität in den nächsten fünf bis sieben Jahren ausreichen wird. Gleiches gilt für die Infrastruktur, die den heutigen Bedarf befriedigen kann. Bei der Gruppe handelt es sich um die deutliche Mehrheit aller Internetnutzer. Der entscheidende Faktor sind Endgeräte und Bedienoberflächen, die keine bzw. geringe technische Kenntnisse voraussetzen. Verbreiten sich diese schnell, werden auch Nutzergruppen mit geringer Affinität die Dienste adaptieren und so für eine steigende Nachfrage sorgen.

In Abbildung 46 ist die treibende Entwicklung der Nutzerzahlen durch die Altersgruppe ≥ 60 Jahre dargestellt. Es kann bis zum Jahr 2030 von der etwa dreifachen Anzahl von Internetnutzern in dieser Altersgruppe ausgegangen werden. Dies ist auf die absolute Erhöhung der Bevölkerung in der Altersgruppe und deren Nachwachsen aus jüngeren Altersgruppen zurückzuführen.

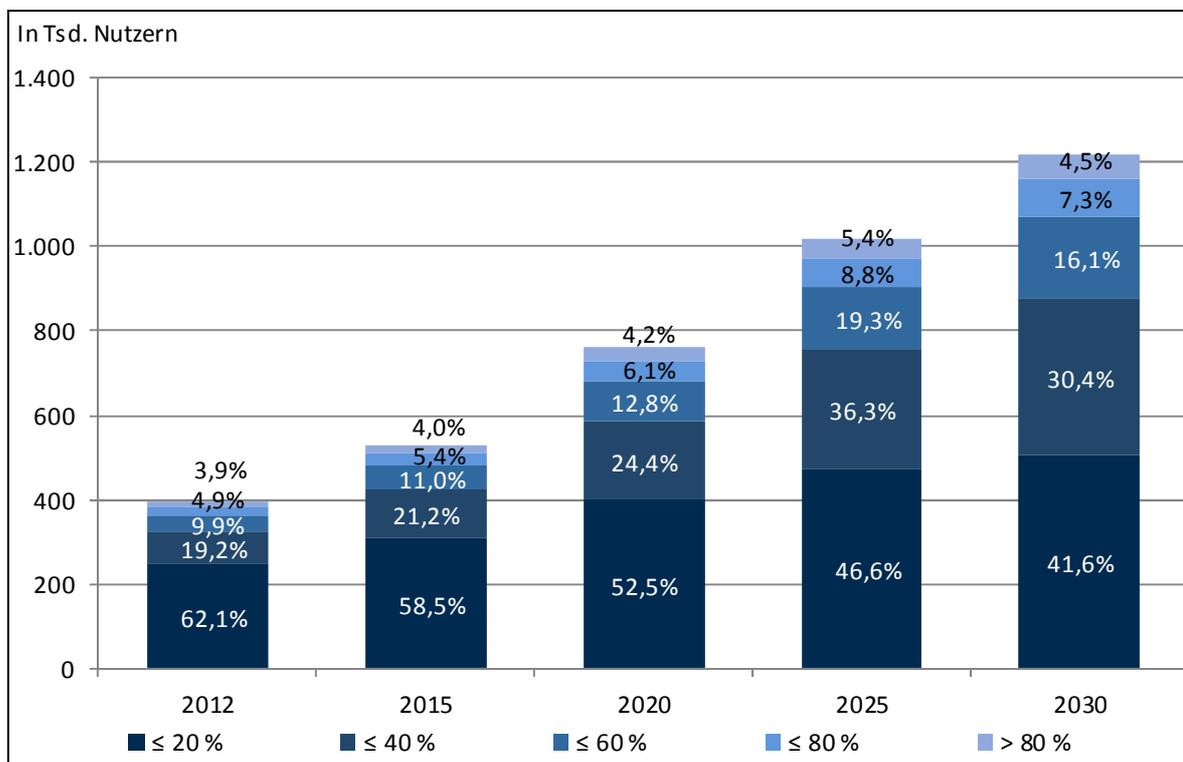


Abbildung 46: Prognostizierte Anzahl der Internetnutzer in der Altersgruppe > 60 Jahre nach Nutzung

Im Vergleich zu anderen Altersgruppen besteht hier hinsichtlich der Affinität zu innovativen Diensten ein Defizit. Tendenziell werden eher weniger und einfachere Dienste genutzt.

Aus der Analyse der Adoptionsprozesse sowie der Klassifikation der Internetnutzer nach aktuell verwendeten Anwendungsszenarien/Diensten und der Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung ergibt sich ein sehr differenziertes Bild. Einerseits werden neue Dienste durch Innovatoren und Teile der Imitatoren sehr schnell adaptiert. Andererseits setzt daraufhin kein selbsttragender Adoptionsprozess ein, der zügig breite Nutzergruppen umfasst. Dieser Prozess verläuft langsam und dauert für neue Dienste ca. drei bis sieben Jahre an.

Während eine geringe Komplexität, niedrige Nutzungshürden sowie eine evolutionäre Weiterentwicklung von bekannten Diensten eine geringe Adoptionsdauer erfordern, führen erforderliche neue Endgeräte, umgestellte Nutzungsabläufe sowie ein sehr hoher Innovationsgrad grundsätzlich zu einer längeren Adoptionsdauer. Aufgrund der vorhergehenden Analysen kann davon ausgegangen werden, dass die Mehrheit neuer Dienste in den ersten ein bis zwei Jahren nach ihrer Markteinführung von deutlich we-

niger als 10 % aller Internetnutzer adaptiert werden. Die Markteinführung von neuen Diensten vollzieht sich in mehreren Stufen und wird demnach von einer kleinen Nutzergruppe getragen, die anschließend als Multiplikator gegenüber noch nicht adressierten Bevölkerungsteilen fungiert. Mehr als 50 % aller Internetnutzer, dies betrifft die in Abbildung 45 dargestellten Gruppen $\leq 20\%$ und $\leq 40\%$, werden allerdings für neue Dienste auch weiterhin schwer adressierbar bleiben. Die neuen Dienste werden von diesen Nutzergruppen erst deutlich nach Etablierung am Markt genutzt.

Der Netzausbau für neue Dienste wird demnach zu Beginn immer nur einen kleinen Teil der Bevölkerung ansprechen. Bis die Mehrheit der Bevölkerung die neue Infrastruktur nutzt, vergeht ein vergleichsweise langer Zeitraum. Die Amortisationszeiten von Telekommunikationsinfrastruktur liegen zwischen 7 und 15 Jahren. Sie sind damit im Vergleich zu anderen Sektoren relativ lang. Umfangreiche Investitionen in Infrastrukturprojekte können daher nur schwer durch die exklusive Adressierung von sehr affinen Nutzergruppen refinanziert werden. Vielmehr müssen ebenfalls breite Bevölkerungsschichten mit geringerer Affinität erreicht werden. Hierfür eignen sich insbesondere Angebote auf Basis neuer Infrastruktur, die bisherige Angebote substituieren.

Aus Sicht eines Telekommunikationsanbieters soll bestehende Infrastruktur möglichst lange genutzt bzw. die Lebensdauer durch minimale Investitionen verlängert werden. Es ist betriebswirtschaftlich nur selten sinnvoll, vorhandene Infrastruktur umfangreich aufzurüsten bzw. zu überbauen. Nur wenn aufgrund mangelnder Leistungsfähigkeit der Infrastruktur massiv Kunden abwandern bzw. ein Wettbewerber ein Anschlussgebiet mit eigener Infrastruktur erschließen will, würde sich ein Handlungsbedarf ergeben.

Ein kontinuierlicher Netzausbaubau mit geringem Investitionsaufwand, wie er momentan am Markt zu beobachten ist, stellt demnach eine mögliche Handlungsoption dar. Eine weitere Handlungsoption stellt der Infrastrukturausbau durch einen Wettbewerber dar. Zur Refinanzierung der Investitionen sind in kurzer Zeit hohe Nutzungsraten zu erreichen, die nicht nur aufgrund der technischen Leistungsfähigkeit/Bandbreite adressiert werden können. Trotz deutlich höherer Leistungsfähigkeit/Bandbreiten der neuen Infrastruktur müssen ebenfalls Produkte angeboten werden, die sich dem Preiswettbewerb stellen können. Diese werden dann als Substitute gegenüber bestehenden Angeboten positioniert.

10 TECHNOLOGIE- UND BANDBREITENVERFÜGBARKEIT SACHSEN

In diesem Abschnitt wird die Breitbandverfügbarkeit in Sachsen auf Basis der Daten des Breitbandatlas analysiert. Anschließend erfolgt eine Darlegung und Diskussion der Ausbauabsichten der Netzbetreiber in Sachsen. Die Fokussierung liegt auf den Technologien DSL, CATV (HFC), FTTx, HSDPA, LTE sowie WLAN/WiFi. Abschließend werden die Defizite und Deckungslücken thematisiert.

10.1 Status Quo der Verfügbarkeit

Um die Breitbandverfügbarkeit in Sachsen flächendeckend analysieren zu können, wurde als Grundlage der vom TÜV Rheinland im Auftrag des BUNDESMINISTERIUMS FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE (BMWi) erstellte Breitbandatlas gewählt.¹⁷⁷ Dieser stellt derzeit die einzige verfügbare Quelle dar, die Breitbandverfügbarkeit der privaten sächsischen Haushalte getrennt für alle Städte und Gemeinden auszuwerten. Ziel dieser Betrachtung ist es zunächst, die Anzahl unterversorgter Haushalte zu quantifizieren und anschließend strukturelle und lagebezogene Ursachen für deren Existenz herauszuarbeiten. Um Aussagen differenziert nach den Raumstrukturtypen treffen zu können, war eine umfassende manuelle Datenaufbereitung erforderlich, die zusätzlich zur Auswertung vorhandener Berichte zum Breitbandatlas durchgeführt wurde.

10.1.1 Der Breitbandatlas als Grundlage

Der Breitbandatlas des BMWi ist Teil der Breitbandstrategie der Bundesregierung und wurde in seiner aktuellen Form im Oktober 2010 veröffentlicht.¹⁷⁸ Ziel des Atlas ist es, die Breitbandverfügbarkeit der deutschen Haushalte unterteilt in einheitliche Versorgungsraster von 250 m Kantenlänge darzustellen, um „weiße Flecken“, das heißt unterversorgte Gebiete identifizieren zu können.¹⁷⁹ Jede Rasterzelle ist einer Bandbreitenklasse zugeordnet. Diese decken, wie in Tabelle 15 dargestellt, eine Bandbreite von 1 Mbit/s bis 50 Mbit/s in der ersichtlichen Abstufung ab.

¹⁷⁷ Vgl. BMWi (2012a), S. 15.

¹⁷⁸ Vgl. ebd. S. 2.

¹⁷⁹ Vgl. TÜV Rheinland Consulting (2011a), S. 31 und TÜV Rheinland Consulting (2011b), S. 4.

Tabelle 15: Bandbreitenklassen gemäß Breitbandatlas des BMWi¹⁸⁰

Bandbreitenklasse	Bandbreite
1	≥ 1 Mbit/s
2	≥ 2 Mbit/s
3	≥ 6 Mbit/s
4	≥ 16 Mbit/s
5	≥ 50 Mbit/s

Die Verfügbarkeitsdaten werden für jede Rasterzelle von den Anbietern über spezielle Werkzeuge oder über eine Web-Anwendung freiwillig bereitgestellt.¹⁸¹ Eine gesetzliche Pflicht zur Datenlieferung besteht auf Seiten der Anbieter nicht.¹⁸² Es werden ausschließlich Daten der potentiellen Verfügbarkeit bereitgestellt, wodurch sich keine Aussagen über Penetrationsraten von bestimmten Technologien oder Anbietern ableiten lassen.¹⁸³ Die statistischen Basisdaten der einzelnen Versorgungsraster wie etwa die Anzahl der Haushalte werden unter anderem von DESTATIS, INFAS GEODATEN und dem BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE zur Verfügung gestellt.¹⁸⁴ Neben der allgemein verfügbaren Bandbreite wird diese auch in Abhängigkeit verschiedener leitungsgebundener und drahtloser Technologien angezeigt (vgl. Tabelle 16). Zudem werden individuell für die einzelnen Städte und Gemeinden die verfügbaren Anbieter sowie deren Breitbandtechnologien dargestellt.¹⁸⁵

¹⁸⁰ Vgl. TÜV Rheinland Consulting (2011b), S. 4.

¹⁸¹ Vgl. ebd. S. 4.

¹⁸² Vgl. ebd. S. 32.

¹⁸³ Vgl. ebd. S. 31.

¹⁸⁴ Vgl. ebd. S. 6.

¹⁸⁵ Vgl. TÜV Rheinland Consulting (2011a), S. 31.

Tabelle 16: Verfügbare Breitbandtechnologien¹⁸⁶

Leitungsgebundene Technologien	Drahtlose Technologien
Digital Subscriber Line (DSL)	Breitband-UMTS (HSDPA)
Glasfaser-Technologie (FTTx)	Long Term Evolution (LTE)
Kabelnetz (CATV)	Satellit
Powerline (PLC)	WiMAX
	Wireless Local Area Network (WLAN) Wireless Fidelity (WiFi)

Die Internetpräsenz des Breitbandatlas lässt sich in drei Bereiche gliedern:

1. Die Breitbandsuche ermöglicht es dem Nutzer nach verschiedenen Kriterien wie etwa Kreis, Postleitzahl, Stadt, Gemeinde oder Vorwahl über die Texteingabe in einer Suchmaske zu suchen und spezifische Informationen wie etwa verfügbare Anbieter oder Versorgungsgrad der Haushalte auf Gemeindeebene zu erhalten.
2. Es existiert eine Anbieterdatenbank, in der die Adressen aller im Breitbandatlas erfassten Anbieter hinterlegt sind.¹⁸⁷
3. Es wird verschiedenes Kartenmaterial bereitgestellt, um aggregierte Informationen für einzelne Städte und Gemeinden zu erhalten. Es stehen unterteilt nach Bundesländern, Bandbreiten und Technologien (leitungsgebunden, drahtlos) verschiedene Karten bereit. Verfügbarkeitsdaten für höhere Bandbreiten liegen nur in hoch aggregierter Form nach bestimmten Verfügbarkeitsklassen vor (vgl. Tabelle 17).

¹⁸⁶ Vgl. TÜV Rheinland Consulting (2011b), S. 5.

¹⁸⁷ Vgl. BMWi (2012b).

Tabelle 17: Verfügbarkeitsklassen für Bandbreiten ≥ 2 Mbit/s¹⁸⁸

Verfügbarkeitsklasse	Breitbandversorgung der Haushalte
1	0 - 10%
2	> 10 - 50%
3	> 50 - 95%
4	> 95 - 100%
5	nicht besiedelt

10.1.2 Methodik der Datenaufbereitung und -auswertung

Ziel war es, die Breitbandverfügbarkeitsdaten mit aktuellen statistischen Daten für jede sächsische Stadt/Gemeinde zu verbinden, um die Versorgungssituation der Haushalte mit breitbandigen Internetanschlüssen zu analysieren und Ursachen für eventuell vorhandene regionale Disparitäten zu finden.

Aufgrund der grafischen Darstellung der Verfügbarkeitsdaten im Breitbandatlas war für die Auswertung eine umfassende manuelle Datenaufbereitung erforderlich. Diese fand im Zeitraum vom 01.11.2012 bis zum 25.11.2012 statt und umfasste 17.152 Einträge. Der aktuelle Stand der Breitbandverfügbarkeitsdaten des TÜV RHEINLAND war zur Untersuchungszeit der 03.09.2012. Die zugrunde liegende Verwaltungsgliederung entsprach jedoch dem Stand vom 01.02.2009.¹⁸⁹ Durch Zusammenschlüsse, Eingliederungen und Neubildungen von Städten und Gemeinden ergaben sich 60 Änderungen, welche bei Auswertungen auf Gemeindeebene im Breitbandatlas nicht aktualisiert wurden. Um möglichst aktuelle statistische Daten für alle Städte und Gemeinden zu verwenden, wurden für 432 von 492 Städte und Gemeinden die sächsische Gemeindestatistik des Jahres 2012 verwendet. Die Basisdaten der übrigen Städte und Gemeinden wurden aus den jeweils aktuellsten sächsischen Gemeindestatistiken gewonnen, die bis zum Datum der Veränderung Gültigkeit besaßen.¹⁹⁰ Teilausgliederungen fanden keine Berücksichtigung als Änderung. Bei der Auswahl der Basisdaten wurden sowohl bevölkerungsstrukturelle Merkmale wie auch baustrukturelle Merkmale betrachtet, welche in einem vermuteten Zusammenhang mit der Breitbandverfügbarkeit stehen (vgl. Tabelle 18).

¹⁸⁸ Vgl. TÜV Rheinland Consulting (2011b), S. 28.

¹⁸⁹ Dies ist daran ersichtlich, dass für alle Städte und Gemeinden, die seit dem 01.03.2009 in der bisherigen Form nicht mehr bestehen im Breitbandatlas weiterhin gesonderte Verfügbarkeitsangaben existieren.

¹⁹⁰ Beispiel: Zusammenschluss Grünhainichen und Waldkirchen/Erzgebirge zu Grünhainichen am 01.03.2009 führt zur getrennten Aufführung beider Gemeinden mit statistischen Basisdaten der Gemeindestatistik 2009 (Stand 31.12.2008).

Tabelle 18: Statistische Basisdaten

Merkmal	Einordnung
Einwohnerdichte (in Einwohner/km ²)	Bevölkerungsstrukturelle Merkmale
Einwohnerzahl	
Anzahl der Haushalte	
Anzahl der Einwohner ≤ 65 Jahre	
Anzahl der Einwohner > 65 Jahre	
Anzahl der Wohngebäude	Baustrukturelle Merkmale
Anzahl der Wohnungen	
Anzahl der Gebäude mit einer oder zwei Wohnungen	

Da die Anzahl der Haushalte in Sachsen nicht bis auf die Gemeindeebene öffentlich verfügbar ist, wurde auf Grundlage der Haushaltszahlen für die sächsischen Landkreise ein Umrechnungsfaktor gebildet, mit dessen Hilfe die Anzahl der Haushalte in den Städten und Gemeinden geschätzt wurde (vgl. Abbildung 47).

$$\sum \text{Haushalte}_{\text{Gemeinde/Stadt}} = \sum \text{Einwohner}_{\text{Gemeinde/Stadt}} \cdot \left[\frac{\sum \text{Haushalte}_{\text{Landkreis}}}{\sum \text{Einwohner}_{\text{Landkreis}}} \right]$$

Abbildung 47: Umrechnungsfaktor für die Anzahl der Haushalte pro Stadt/Gemeinde

Raumtypisierung

Um die erfassten Städte und Gemeinden agglomerieren zu können, kamen zwei verschiedene Ansätze zum Tragen. Zum einen wurde eine Raumtypisierung in drei Gruppen anhand der Bevölkerungsdichte vorgenommen, zum anderen wurden Städte und Gemeinden nach der Besiedelung und Lage unterteilt. Die erste Klassifizierung in Anlehnung an die Berichte zum Breitbandatlas des TÜV RHEINLAND unterscheidet zwischen urban, suburban und rural und soll einen vereinfachenden Überblick vermitteln (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 19: Klassifizierung nach Einwohnerdichte¹⁹¹

Klassifizierung	Einwohner/km ²
Rural	< 100
Suburban	≥ 100
Urban	≥ 500

Die zweite Einteilung nach dem BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (BBSR) unterscheidet hingegen sowohl nach der Besiedelung als auch nach der Lage der jeweiligen Stadt/Gemeinde (vgl. Tabelle 20).

Tabelle 20: Raumtypen

Besiedelung	Lage
Überwiegend städtisch	Sehr zentral
Teilweise städtisch	Zentral
Ländlich	Peripher
	Sehr peripher

Diese Kategorisierung orientiert sich an den vom BBSR entwickelten Raumtypen 2010, die aus den Raumstrukturtypen ROB 2005 hervorgingen.¹⁹² Ziel der Raumtypisierung ist es, das Stadt/Land-Kontinuum abzubilden und „neue homogene Raumeinheiten als Analyseraster zur Raumordnungsberichterstattung des Bundes“¹⁹³ zu kennzeichnen. Die räumlichen Basisstrukturmerkmale „Besiedelung“ und „Lage“ werden dabei getrennt gebildet. Die Besiedelung richtet sich nach dem Grad der Bevölkerungsdichte und nach dem Siedlungsflächenanteil.¹⁹⁴ Ersteres basiert auf einer Einteilung nach kleinflächigen Rasterzellen mit 250 m Kantenlänge. Der Siedlungsflächenanteil stützt sich hingegen auf Geobasisdaten. Das Basisstrukturmerkmal Lage wird nach dem Erreichbarkeitsmodell des BBSR ermittelt. Dazu wird ein Zentralitätsindex gebildet, der die Nähe zu Konzentrationen von Arbeitsplätzen, Bevölkerung und Versorgungseinrichtungen darstellt und das Tagesbevölkerungspotential ermittelt, welches durch maximal zwei Stunden Fahrzeit mit dem motorisierten Individualverkehr erreichbar ist.¹⁹⁵ Für 487 sächsische

¹⁹¹ Vgl. TÜV Rheinland Consulting (2011a), S. 5.

¹⁹² Vgl. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2012).

¹⁹³ Vgl. ebd.

¹⁹⁴ Vgl. ebd.

¹⁹⁵ Vgl. ebd.

Städte und Gemeinden konnte für die vorliegende Auswertung ein Datensatz des BBSR genutzt werden, in dem bereits alle deutschen Städte und Gemeinden den Basisstrukturmerkmalen zugeordnet waren. Für die übrigen fünf Städte und Gemeinden mussten geringfügige Anpassungen in der Einteilung vorgenommen werden (vgl. Tabelle 21).

Tabelle 21: Vorgenommene Anpassungen der Einteilung

Stadt/Gemeinde	Einteilung
Hammerbrücke	Einteilung Besiedelung und Lage erfolgt anhand Neubildung Muldenhammer
Morgenröthe-Rautenkranz	
Tannenbergsthal	
Waldkirchen (Erzgebirge)	Einteilung Besiedelung und Lage erfolgt anhand Zusammenschluss Grünhainichen
Wildenhain	Eigene Einteilung in Anlehnung an BBSR Raumtypen 2010

10.1.3 Analyse der Breitbandversorgung ≥ 1 Mbit/s

Zunächst soll die Breitbandversorgung der sächsischen Haushalte unabhängig von der spezifischen Raumtypisierung der Städte und Gemeinden analysiert werden. Darauf basierend können anschließend Vergleiche zu anderen Bundesländern und dem Bundesgebiet gezogen werden. In der „Bandbreitenklasse 1“ (≥ 1 Mbit/s), die momentan mindestens die Grundversorgung mit Breitbandinternet repräsentiert, sind aktuell 98,3 % der sächsischen Haushalte vertreten. Dies bedeutet, dass 36.979 Haushalte über keinen breitbandigen Internetzugang laut Breitbandatlas verfügen. Wird der Versorgungsgrad im Zeitverlauf betrachtet, ist also insgesamt ein positiver Trend zu verzeichnen. Die Verfügbarkeit stieg vom 1. Dezember 2009 mit 90,2 % über Ende 2010 mit 96 % auf 98,1 % Ende 2011.¹⁹⁶ Der aktuell ermittelte Wert setzt diese Reihe nachvollziehbar fort (vgl. Abbildung 48).

¹⁹⁶ Vgl. PLAN online (2009), S. 12, BMWi (2011), S. 8, TÜV Rheinland Consulting (2011a), S. 18.

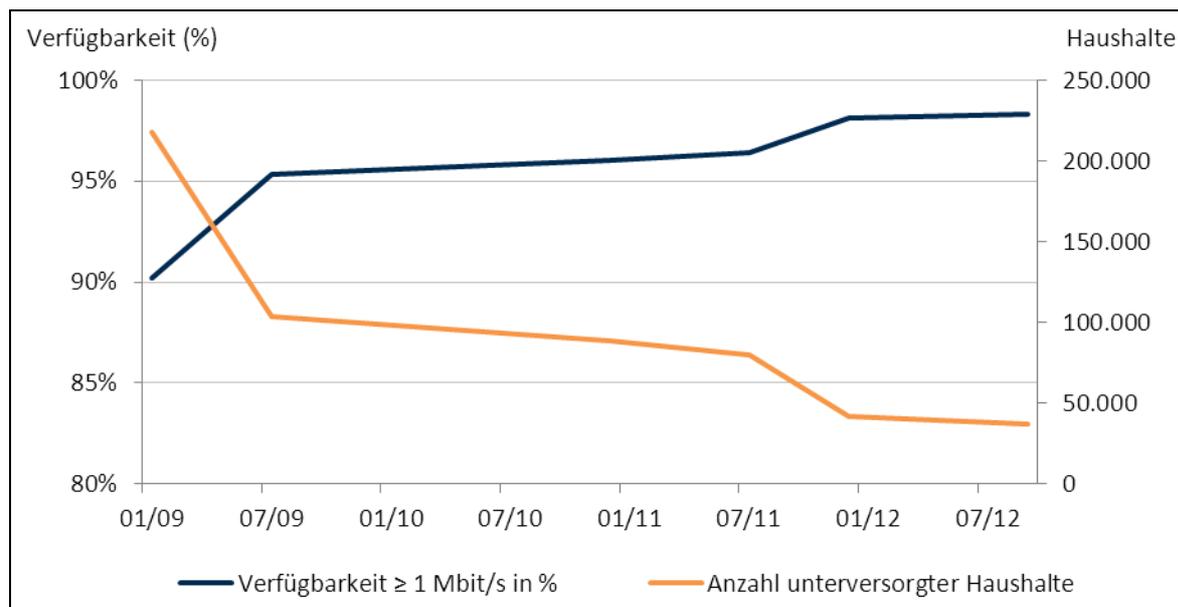


Abbildung 48: Breitbandverfügbarkeit von Sachsen im Zeitverlauf ¹⁹⁷

Sachsen im Ländervergleich

Um die Ergebnisse von Sachsen einordnen zu können, wurden für die anschließende Analyse jeweils die Verfügbarkeitswerte von Ende 2011 gewählt. Diese sind die aktuellsten flächendeckend für alle Bundesländer erhältlichen Daten. Wird die Versorgung der sächsischen Haushalte mit breitbandigen Internetanschlüssen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt in der „Bandbreitenklasse 1“ betrachtet, so ergibt sich eine Minderversorgung in Höhe von einem Prozentpunkt zum Bundesdurchschnitt von 99,1 %.¹⁹⁸ Im bundesweiten Ländervergleich steht Sachsen damit an elfter Stelle. Unter den fünf östlichen Bundesländern belegt Sachsen den ersten Rang.¹⁹⁹ Die Aussagekraft dieser Ergebnisse wird jedoch durch die Korrelation zwischen Breitbandverfügbarkeit und Bevölkerungsdichte relativiert. So entspricht im Ländervergleich die Rangfolge der Breitbandverfügbarkeit tendenziell der Rangfolge der abnehmenden Bevölkerungsdichte je Bundesland (vgl. Abbildung 49). Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten zwischen der Breitbandverfügbarkeit und der Einwohnerdichte je Bundesland führt unter Ausklammerung der drei Stadtstaaten zu einem Wert von 0,81. Dies impliziert eine starke Korrelation. Weiterhin müssen die geringen Unterschiede in der Verfügbarkeit zwischen den einzelnen Bundesländern berücksichtigt werden. Der Abstand von sieben Bundesländern zum nächst höher platzierten Land beträgt nur 0,1 %. Unter Beachtung von wahrscheinlichen Ungenauigkeiten bei der Erfassung der Breitbandversorgung,

¹⁹⁷ Vgl. Basierend auf PLAN online (2009), S. 12, BMWi (2011), S. 8 und TÜV Rheinland Consulting (2011a), S. 8.

¹⁹⁸ Vgl. TÜV Rheinland Consulting (2011a), S. 7.

¹⁹⁹ Vgl. ebd. S. 10.

scheint dies ein zu geringer Abstand zu sein, um eine valide Rangfolge mit belastbarer Aussage bilden zu können.

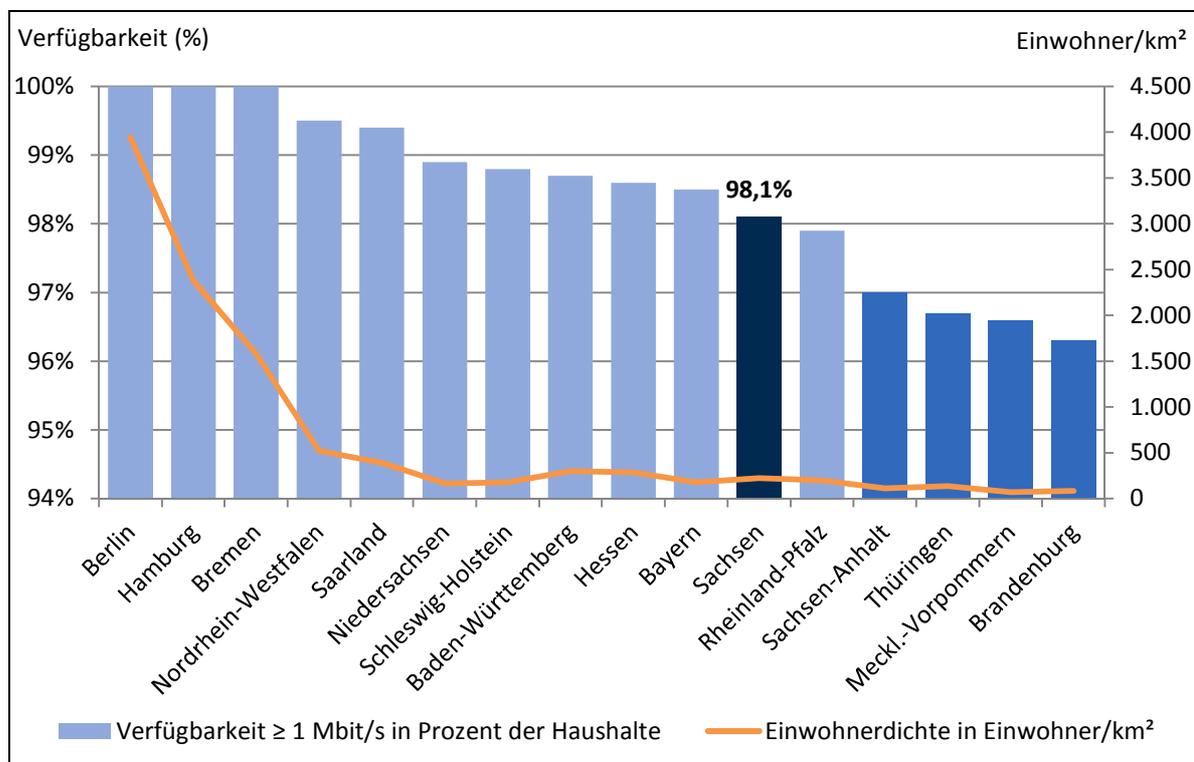


Abbildung 49: Verfügbarkeit von ≥ 1 Mbit/s im Ländervergleich²⁰⁰

Versorgungssituationen in Abhängigkeit von der Technologie

Nach der vorangegangenen Analyse der Breitbandverfügbarkeit, unabhängig von der verwendeten Technologie, soll nachfolgend auf die Verbreitung verschiedener leitungsgebundener und drahtloser Technologien in der „Bandbreitenklasse 1“ eingegangen werden. Anschließend werden Vergleiche zu anderen Bundesländern und zum Bundesdurchschnitt herangezogen. Grundlage der Auswertung ist die manuelle Analyse der Verfügbarkeitsdaten im Breitbandatlas. Als dominierende Technologien lassen sich DSL mit 88,5 % und HSDPA mit 86,6 % Verfügbarkeit benennen. Alle weiteren Technologien tragen in einem bedeutend geringeren Maße zur Versorgung der sächsischen Haushalte bei. So folgen mit 45,5 % zunächst LTE und anschließend mit 38,9 % CATV. Eine weit geringere Verbreitung als alle anderen Technologien besitzen WiMAX mit 15,25 % und WLAN/WiFi mit 8,3 %. Die Versorgung mit FTTx²⁰¹ ist nur in 0,7 % der sächsischen Haushalte möglich und beschränkt sich räumlich auf Dresden, Leipzig und Zschadraß im Landkreis Leipzig. Bei Betrachtung der Streuung der Werte pro Technologie lässt sich feststellen, dass mit abnehmendem Verbreitungsgrad der Variationskoeff-

²⁰⁰ Vgl. ebd.

²⁰¹ Hier: FTTH und FTTB. VDSL ist unter DSL aufgeführt.

fizient der prozentualen Anteile je Stadt/Gemeinde stark zunimmt (vgl. Tabelle 22). Dies impliziert, dass Technologien mit geringerer Verbreitung auf nur wenige Städte und Gemeinden konzentriert sind und nicht etwa flächendeckend wenige Haushalte pro Stadt/Gemeinde erreichen. Durch Vergleich der relativen Anzahl der Städte und Gemeinden, in denen eine bestimmte Technologie nicht vertreten ist, wird die Bedeutung von DSL und HSDPA für die flächendeckende Versorgung deutlich. Mit 1,6 % respektive 2,6 % nicht versorgten Städten und Gemeinden sind diese Zugangsvarianten fast flächendeckend in Sachsen vertreten. LTE erreicht dieses Verfügbarkeitsniveau mit 10,2 % nicht versorgter Städte und Gemeinden annähernd. Bei allen anderen Technologien sind deutliche Konzentrationstendenzen zu bescheinigen.

Tabelle 22: Versorgungssituation in Sachsen nach Technologien

Technologie	Verfügbarkeit der Haushalte	Variationskoeffizient bezogen auf die prozentualen Verfügbarkeitswerte je Stadt/Gemeinde	Keine Verfügbarkeit der Städte/Gemeinden
DSL	88,48%	39,21%	1,63%
HSDPA	86,60%	56,10%	2,64%
LTE	45,46%	70,27%	10,16%
CATV	38,86%	289,63%	82,72%
WiMax	15,25%	232,38%	78,86%
WLAN/WiFi	8,28%	298,77%	80,28%
FTTx	0,67%	1.527,00%	99,39%

Vergleichende Betrachtung nach Technologien

Da nur für die sächsischen Verfügbarkeitsdaten die technologiebezogene Auswertung aus dem Breitbandatlas erstellt wurde und keine entsprechenden Daten für andere Bundesländer vorliegen, musste die nachfolgende Betrachtung auf Grundlage der vom TÜV RHEINLAND festgelegten Aggregation von leitungsgebundenen und drahtlosen Technologien erfolgen. Danach sind die sächsischen Haushalte Ende 2011 zu 87,8 % durch leitungsgebundene Technologien und zu 92,2 % durch drahtlose Technologien mit breitbandigen Internetanschlüssen in der „Bandbreitenklasse 1“ versorgt.²⁰² Im Ländervergleich steht Sachsen bei den leitungsgebundenen Technologien an 13. Stelle und bei den drahtlosen Technologien an 6. Position. Im Vergleich zu anderen östlichen Bundesländern belegt Sachsen bei den leitungsgebundenen Technologien den 2. Rang hinter Thüringen, bei den drahtlosen Zugangsvarianten die 1. Position. Der Bundes-

²⁰² Vgl. TÜV Rheinland Consulting (2011a), S. 15.

durchschnitt liegt bei den leitungsgebundenen Technologien bei 94,2 % Verfügbarkeit und bei den drahtlosen Technologien bei 92,0 %.²⁰³ Für Sachsen ergibt sich daraus eine Minderversorgung von 6,4 % respektive eine Mehrversorgung von 0,2 % gegenüber dem Bundesdurchschnitt. Auch im Vergleich zu Bundesländern mit einer ähnlichen Bevölkerungsdichte wie etwa Hessen oder Rheinland-Pfalz bestätigt sich die relativ starke Position Sachsens beim Ausbau der drahtlosen Technologien und die schwächere Stellung bei den leitungsgebundenen Technologien. Länder wie Baden-Württemberg oder das Saarland mit einer bedeutend höheren Bevölkerungsdichte verfügen über einen schlechteren Ausbaustand drahtloser Technologien als der Sachsen (vgl. Abbildung 50). Dagegen sind fünf Länder mit niedrigerer Siedlungsdichte im Ausbau leitungsgebundener Technologien weiter vorangeschritten als der Freistaat Sachsen (vgl. Abbildung 51).

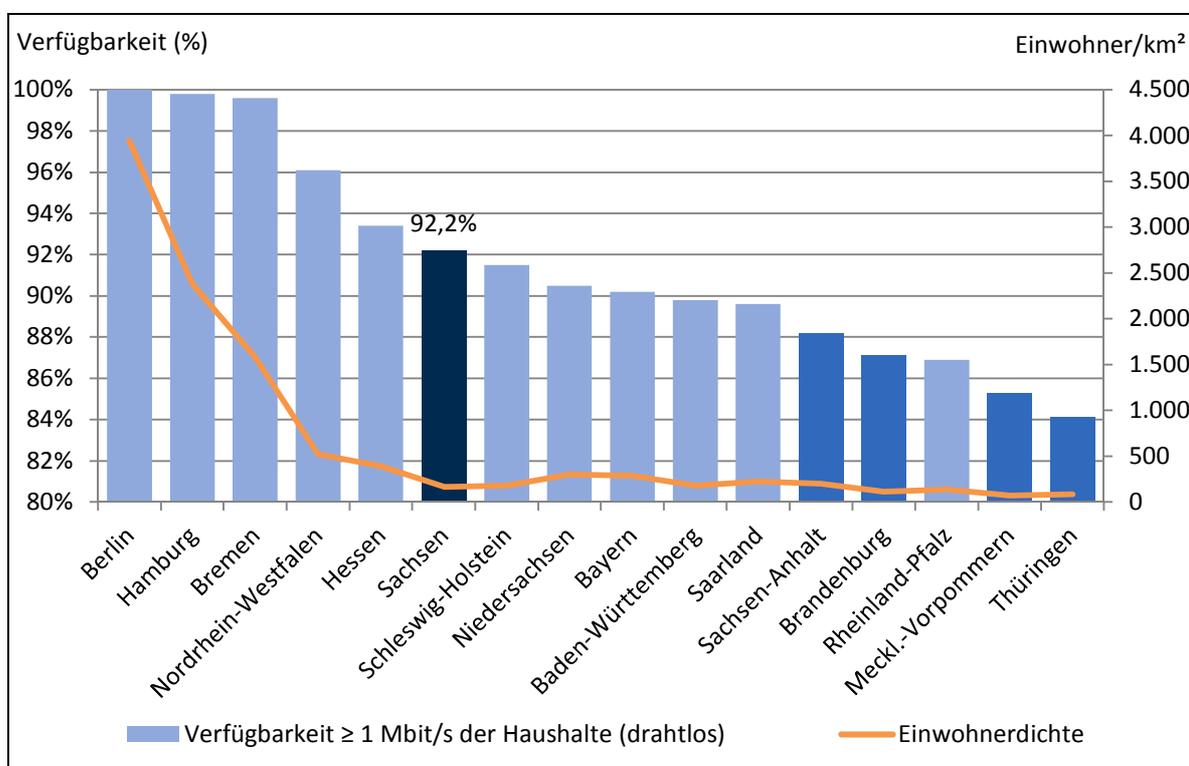


Abbildung 50: Breitbandverfügbarkeit drahtlose Technologien²⁰⁴

²⁰³ Vgl. ebd. S. 7 f.

²⁰⁴ Vgl. ebd. S. 11 ff.

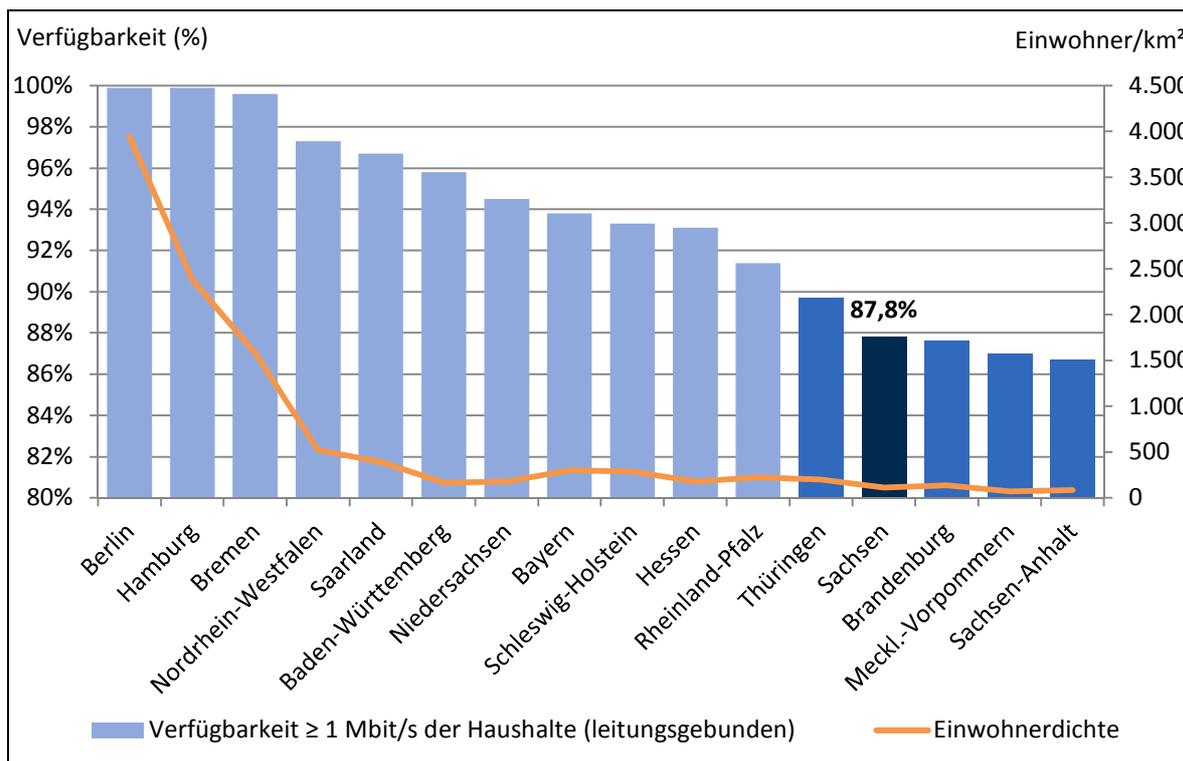


Abbildung 51: Breitbandverfügbarkeit leitungsgebundene Technologien²⁰⁵

10.1.4 Versorgungssituation in höheren Bandbreitenklassen

Für die höheren Bandbreitenklassen von ≥ 50 Mbit/s soll zunächst ein Überblick auf der Grundlage des Berichts zum Breitbandatlas (Stand: Ende 2011) gegeben werden.²⁰⁶ Die Breitbandversorgungssituation wird dazu für Sachsen gesondert betrachtet und anschließend um einen Ländervergleich ergänzt.

Die Anzahl sächsischer Haushalte, die in der „Bandbreitenklasse 2“ (≥ 2 Mbit/s) geführt sind, beträgt unabhängig von der Zugangstechnologie 93,5 %. (vgl. Tabelle 23) Dies entspricht einer Minderversorgung von 77.511 Haushalten. Im Vergleich zur „Bandbreitenklasse 1“ sind dies 35.434 Haushalte mehr.

²⁰⁵ Vgl. ebd.

²⁰⁶ Vgl. ebd. S. 15.

Tabelle 23: Breitbandverfügbarkeit nach Bandbreiten und Technologien²⁰⁷

Bandbreitenklasse	Bandbreite	Alle Technologien	Leitungsgebunden	Drahtlos
1	≥ 1 Mbit/s	98,1%	87,8%	92,2%
2	≥ 2 Mbit/s	93,5%	82,6%	66,0%
3	≥ 6 Mbit/s	82,1%	71,7%	32,1%
4	≥ 16 Mbit/s	51,8%	51,5%	1,4%
5	≥ 50 Mbit/s	19,3%	19,3%	0,0%

Werden drahtlose und leitungsgebundene Technologien unterschieden, so lässt sich festhalten, dass die Bedeutung der leitungsgebundenen Technologien im Vergleich zur „Bandbreitenklasse 1“ relativ zunimmt und entsprechend drahtlose Technologien bei der Breitbandversorgung an Bedeutung verlieren. Während die leitungsgebundenen Technologien im Vergleich zur „Bandbreitenklasse 1“ nur 5,2 % weniger Haushalte erreichen (82,6 %), nimmt die Versorgung mit drahtlosen Technologien um 26,2 % auf 66,0 % ab. Das Gewicht der leitungsgebundenen Technologien bei der Versorgung in höheren Bandbreitenklassen bleibt bis zur höchsten Klasse von 50 Mbit/s bestehen, während die relative Bedeutung drahtloser Technologien mit zunehmender Bandbreite stark abnimmt. Bandbreiten von mehr als 16 Mbit/s werden momentan fast ausschließlich durch leitungsgebundene Technologien realisiert. Die hohe Verfügbarkeit von drahtlosen Technologien in der niedrigsten Bandbreitenklasse, verbunden mit dem starken Rückgang bei der Versorgung mit höheren Bandbreiten, lässt das zukünftige Potential drahtloser Technologien erahnen (vgl. Abbildung 52).

²⁰⁷ Vgl. ebd.

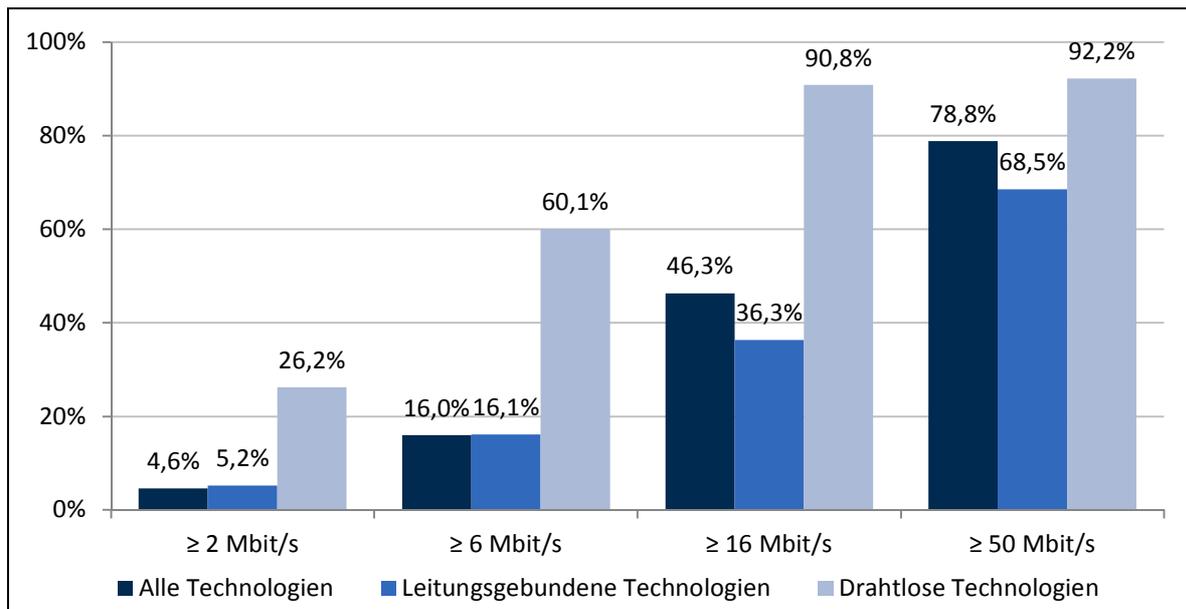


Abbildung 52: Verfügbarkeitsabnahme gegenüber Bandbreitenklasse 1 (≥ 1 Mbit/s)²⁰⁸

Vergleich zum Bundesdurchschnitt

Bei Betrachtung der Versorgungssituation in Sachsen über alle Technologien ergibt sich im Vergleich zum Bundesdurchschnitt mit 95,7 % in der „Bandbreitenklasse 2“ ein Abstand von 2,2 %, was einer relativen Zunahme gegenüber der „Bandbreitenklasse 1“ um 1,2 % entspricht. Diese negative Tendenz gegenüber dem Bundesdurchschnitt setzt sich mit zunehmender Bandbreite fort, wobei der relative Abstand ansteigt (vgl. Abbildung 53). Analog lässt sich dies auch für den Vergleich der leitungsgebundenen Technologien in Sachsen zum Bundesdurchschnitt feststellen (vgl. Abbildung 54). In der „Bandbreitenklasse 2“ beträgt der Abstand 8,0 % gegenüber dem Bundesdurchschnitt. Diese Tendenz setzt sich bis zu 28,7 % bei 50 Mbit/s fort. Bei den drahtlosen Technologien besteht jedoch entgegen diesem Trend eine relative Mehrversorgung der sächsischen Haushalte gegenüber dem Durchschnitt aller Bundesländer (vgl. Abbildung 55). In der „Bandbreitenklasse 2“ beträgt die Mehrversorgung 4,9 % und wird in der „Klasse 3“ mit 10,3 % weiter fortgesetzt.

²⁰⁸ Vgl. TÜV Rheinland Consulting (2011a), S. 15.

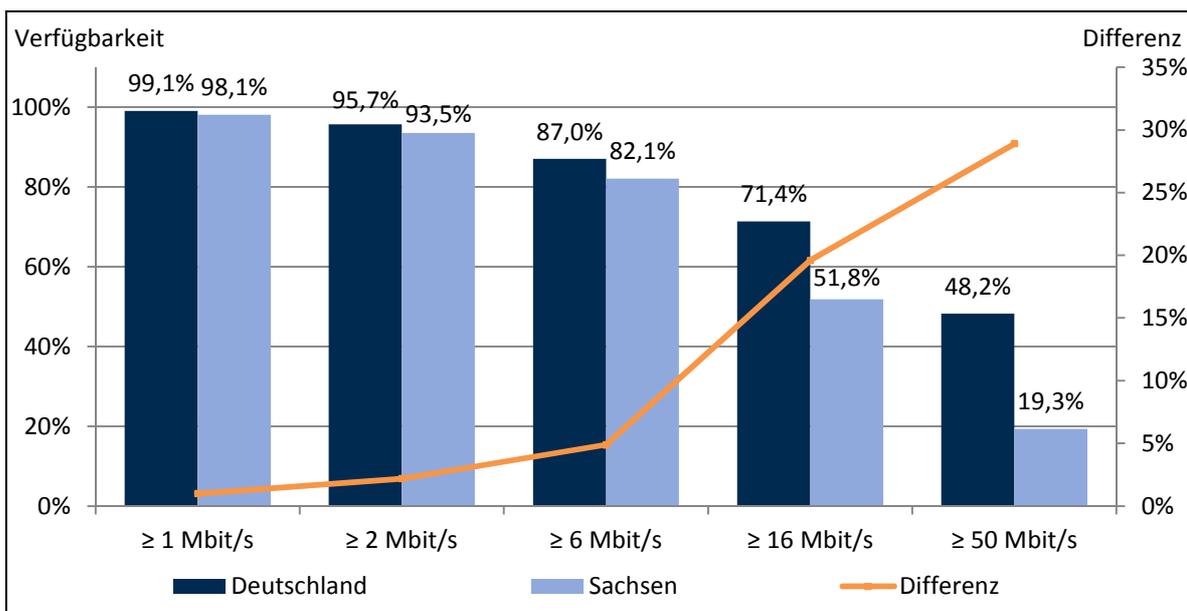


Abbildung 53: Vergleich der Verfügbarkeiten aller Technologien in Sachsen zum Bundesdurchschnitt²⁰⁹

Erst in der „Bandbreitenklasse 4“ (≥ 16 Mbit/s) wird diese positive Entwicklung beendet. Aber aufgrund des im gesamten Bundesgebiet ohnehin sehr niedrigen Versorgungsgrades muss diese Aussage relativiert werden. Obwohl die Verfügbarkeit von drahtlosen Technologien im Vergleich zum Bundesdurchschnitt positiver als bei leitungsgebundenen Technologien ausfällt, ist die aktuelle Bedeutung zur Versorgung mit höheren Bandbreiten relativ gering.

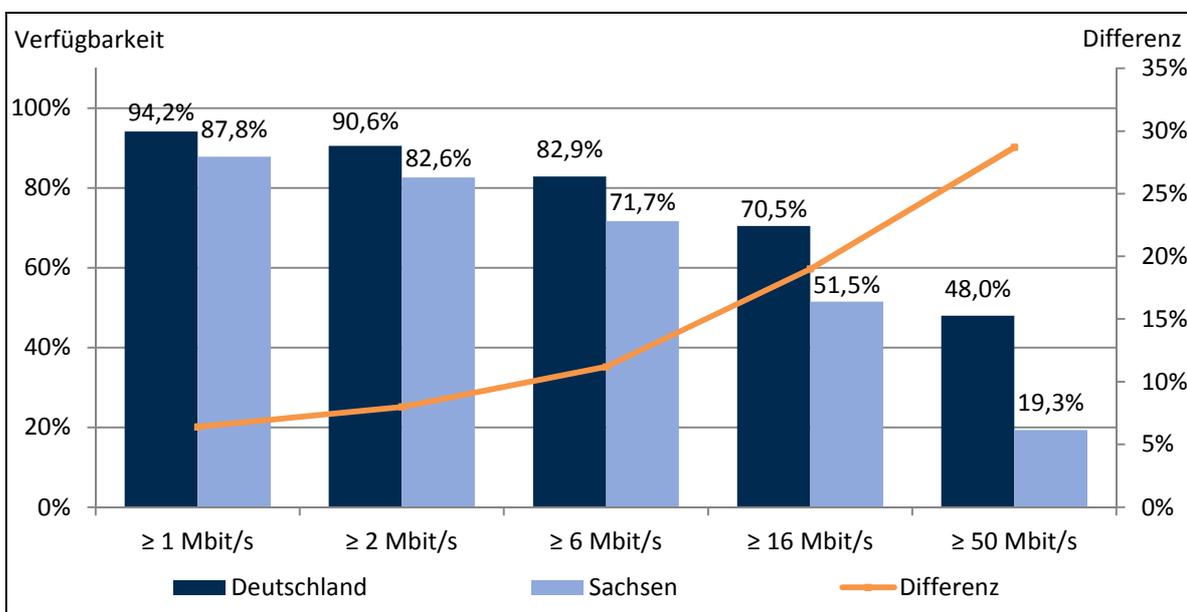


Abbildung 54: Vergleich der Verfügbarkeiten leitungsgebundener Technologien in Sachsen zum Bundesdurchschnitt²¹⁰

²⁰⁹ Vgl. ebd. S. 7, 11 ff.

²¹⁰ Vgl. ebd.

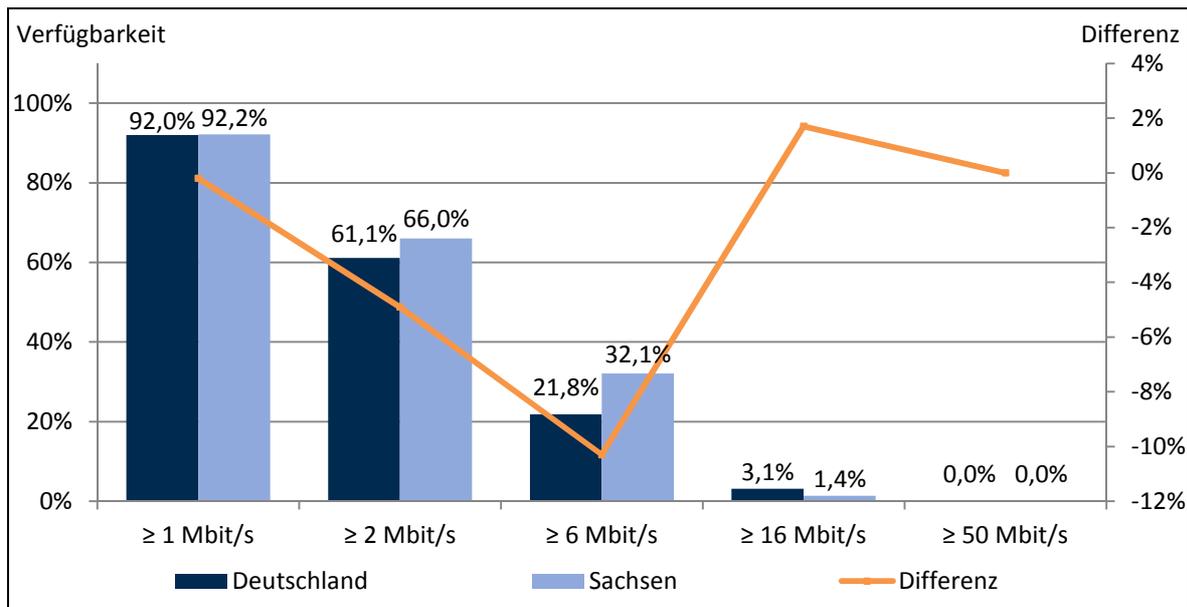


Abbildung 55: Vergleich der Verfügbarkeiten drahtloser Technologien in Sachsen zum Bundesdurchschnitt²¹¹

Ländervergleich

Ein Vergleich der Situation in Sachsen mit der in anderen Bundesländern auf Basis des Berichts zum Breitbandatlas²¹² führt zu einer Bestätigung der Ergebnisse des Vergleichs zum Bundesdurchschnitt. Bei der Gesamtverfügbarkeit belegt Sachsen abgesehen von der „Bandbreitenklasse 3“ (≥ 6 Mbit/s) stets den 12. Rang im Ländervergleich. Wird die Streuung der prozentualen Anteile je Bundesland anhand des Variationskoeffizienten betrachtet, lässt sich feststellen, dass dieser mit zunehmender Bandbreite sowohl für die Gesamtverfügbarkeit als auch für drahtlose und leitungsgebundene Technologien ansteigt. Bei den leitungsgebundenen Technologien verbessert sich relativ die Versorgung der Haushalte mit zunehmender Bandbreite vom 14. Rang in der „Bandbreitenklasse 2“ auf den 12. Rang in den „Klassen 4 und 5“. Der Vergleich der drahtlosen Technologien bestätigt die gute Position Sachsens zum Bundesdurchschnitt. In der „Bandbreitenklasse 2“ belegt Sachsen hinter Berlin und Hessen die 3. Position und in der „Klasse 3“ den 2. Rang hinter Berlin. Erst bei höheren Bandbreiten ab 16 Mbit/s fällt Sachsen auf die 9. respektive 8. Position zurück. Trotz der guten Stellung bei den drahtlosen Technologien in den „Bandbreitenklassen 2 und 3“ hat dies keine relevanten Auswirkungen auf die Gesamtverfügbarkeit, was die relativ geringe Bedeutung der drahtlosen Technologien an der Versorgung der Haushalte mit breitbandigen Internetanschlüssen erneut verdeutlicht. Im Vergleich zu anderen östlichen Bundesländern steht Sachsen abgesehen von der „Bandbreitenklasse 4“ stets an erster Position bei

²¹¹ Vgl. ebd.

²¹² Vgl. ebd. S. 11 ff.

der Gesamtverfügbarkeit. Bei den leitungsgebundenen Technologien fällt Sachsen in der „Bandbreitenklasse 2“ hinter Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern zurück und in der „Klasse 3“ sogar hinter Mecklenburg-Vorpommern. Erst ab Bandbreiten über 16 Mbit/s steht Sachsen wieder an erster Stelle. Bei den drahtlosen Technologien belegt Sachsen abgesehen von der „Bandbreitenklasse 4“ immer die 1. Position, in dieser fällt es hinter Mecklenburg-Vorpommern zurück. Bandbreiten über 50 Mbit/s sind über drahtlose Technologien derzeit in keinem östlichen Bundesland verfügbar.

Räumliche Verfügbarkeit

Da die Daten nur nach hoch aggregierten Verfügbarkeitsklassen zugänglich sind, können keine Angaben über die tatsächliche Verfügbarkeit gemacht werden. Es lassen sich lediglich Aussagen über die Anzahl der Gemeinden in jeder Verfügbarkeitsklasse ableiten. Diese Zuordnung soll einen Eindruck der räumlichen Verfügbarkeit vermitteln. Die Verfügbarkeitsklasse 0 – 10 % repräsentiert dabei den Anteil der Städte und Gemeinden, die als sicher unterversorgt zu bezeichnen sind. Die konträre Klasse 95 – 100 % repräsentiert hingegen Städte und Gemeinden mit sehr guter Breitbandversorgung in der jeweiligen Bandbreitenklasse. Städte und Gemeinden, die zwischen den beiden Klassen liegen, lassen sich aufgrund der zu großen Klassenbreite nicht konkret einem bestimmten Versorgungsniveau zuordnen (vgl. Tabelle 24).

Tabelle 24: Räumliche Verfügbarkeit von Bandbreitenklassen

	Verfügbarkeits- klasse	Verfügbarkeits- klasse	Verfügbarkeits- klasse	Verfügbarkeits- klasse
	0 - 10 %	10 - 50 %	50 - 95 %	95 - 100 %
Bandbreitenklasse 2:				
Gesamt	1,22%	5,69%	45,33%	47,76%
Leitungsgebunden	12,40%	18,90%	46,75%	21,95%
Drahtlos	11,38%	17,48%	55,69%	15,45%
Bandbreitenklasse 3:				
Gesamt	6,91%	16,26%	58,54%	18,29%
Leitungsgebunden	37,60%	27,24%	28,05%	7,11%
Drahtlos	21,54%	30,28%	42,89%	5,28%
Bandbreitenklasse 4:				
Gesamt	39,23%	44,92%	15,24%	0,61%
Leitungsgebunden	99,39%	0,61%	0,00%	0,00%
Drahtlos	39,23%	44,92%	15,24%	0,61%
Bandbreitenklasse 5:				
Gesamt	94,11%	4,67%	1,22%	0,00%
Leitungsgebunden	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Drahtlos	94,11%	4,67%	1,22%	0,00%

Es bestätigt sich das schon beim Technologieüberblick dargelegte Ergebnis. Aus den unterschiedlichen Werten bei den Technologien und den prinzipiellen Verfügbarkeiten ist zu schlussfolgern, dass drahtlose und leitungsgebundene Technologien nicht stetig parallel ausgebaut werden.

10.1.5 Anbieteranalyse

Bei der nachfolgenden Betrachtung werden die in Sachsen vertretenen Anbieter von breitbandigen Internetanschlüssen analysiert. Reseller und Satellitenanbieter wurden nicht berücksichtigt.²¹³ Ziel der Untersuchung ist es, einen Überblick über die wichtigsten Anbieter je Technologie zu erhalten. Die Auswertung erfolgt anhand von zwei verschiedenen Einteilungen. Zum einen wurde die Anzahl der Städte und Gemeinden er-

²¹³ Es existieren nur wenige Ausnahmen, in denen eine Satellitenausrichtung nicht möglich ist. Grundsätzlich unterliegen die Breitbandangebote auf Basis der 2-Wege-Satellitentechnologie allerdings etlichen Einschränkungen (siehe Kapitel 5.3.3).

fasst, in denen ein Anbieter nicht vertreten ist. Zum anderen wurden in vom Anbieter versorgten Städten und Gemeinden die von dem Anbieter nicht versorgten Haushalte erfasst. Da keine Angaben zur Anzahl der versorgten Haushalte pro Gemeinde eines Anbieters im Breitbandatlas zur Verfügung gestellt werden, musste die Technologieverfügbarkeit als Minimalgröße Verwendung finden. Daraus lassen sich keine genauen Aussagen zur Versorgungssituation eines bestimmten Anbieters ableiten. Einzig Anbieter, die in allen Städten und Gemeinden die Versorgung mit einer bestimmten Breitbandtechnologie exklusiv erbringen können, werden darüber real bewertet. In der vorliegenden Untersuchung war dies bei Unternehmen, die FTTx oder WiMAX anbieten, der Fall. In Tabelle 25 sind diese gesondert gekennzeichnet.²¹⁴ Die dritte Spalte der Tabelle verdeutlicht dabei die auf die Haushaltszahlen bezogene Verfügbarkeit je Anbieter und Technologie, während Spalte vier den Grad der flächendeckenden Versorgung darstellt. Differenzen beider Prozentwerte ergeben sich daraus, dass Anbieter gerade in urbanen Räumen konzentriert breitbandige Internetanschlüsse anbieten, während in ländlichen Räumen oft keine Verfügbarkeit besteht. Daher lassen sich für die Anbieter trotz geringer räumlicher Verbreitung im Verhältnis mehr Haushalte versorgen. Je größer die Differenz zweier Prozentwerte in einer Zeile der Tabelle ist, desto stärker trifft der zuvor beschriebene Sachverhalt zu. Gerade bei der Betrachtung der leitungsgebundenen Technologien ist diese Differenz besonders groß, was ein auf eher urbane Räume begrenztes Angebot schließen lässt. Auffällig ist dies besonders bei den Anbietern von CATV wie KABEL DEUTSCHLAND oder PRIMACOM. Ausnahmen bilden sowohl die DEUTSCHE TELEKOM AG (DTAG), welche flächendeckend eine sehr hohe Anzahl der sächsischen Haushalte mit DSL versorgt, als auch die Anbieter von FTTx, was jedoch durch die sehr geringe Verbreitung dieser Technologie auf nur eine Gemeinde und zwei Großstädte zurückzuführen ist. Die DTAG ist zugleich das einzige Unternehmen, welches in jeder von ihr angebotenen Technologie flächendeckend eine hohe Anzahl an Haushalten versorgen kann. Nur VODAFONE erreicht bei den Technologien HSDPA und LTE ein vergleichbares Verfügbarkeitsniveau. Wird die Versorgung mit drahtlosen Technologien betrachtet, so kann konstatiert werden, dass insbesondere HSDPA durch die DTAG und VODAFONE flächendeckend verfügbar ist und eine große Anzahl an Haushalten erreicht. Auch LTE scheint sich insbesondere durch die DTAG diesem Niveau zu nähern. Breitbandige Internetanschlüsse über WLAN/WiFi werden ausschließlich durch relativ kleine Anbieter zur Verfügung gestellt. Diese sind in 87,6 % aller Fälle nur in Städten und Gemeinden präsent, in denen kein Wettbewerber der gleichen Technologie vertreten ist. Es ist zu vermuten, dass kein ausreichend großes Kundenpotential für mehr als einen Anbieter in den 85 Städten und Gemeinden besteht. Die Technologie WiMAX wird in Sachsen nur von einem Unternehmen angeboten. Da die Mindestanzahl

²¹⁴ Die Kennzeichnung erfolgt in Tabelle 21 durch „*“.

nicht versorgter Haushalte bei diesem Anbieter größer ist als die Anzahl nicht versorgter Städte und Gemeinden, lässt sich schlussfolgern, dass dieser insbesondere in ländlichen Räumen vertreten ist.

Tabelle 25: Anbieter von Breitbandanschlüssen in Sachsen (Auswahl)

Technologie Gruppe		Größter Anbieter dieser Technologie	Anteil nicht versorgter Haushalte	Anteil nicht versorgter Städte/ Gemeinden
Leitungsgebunden	DSL	DTAG	0,43%	2,33%
		Telefónica Germany	32,45%	70,73%
		Vodafone	34,75%	73,17%
		Versatel	56,75%	78,25%
	CATV	Kabel Deutschland	50,70%	91,46%
		Primacom	58,78%	94,51%
	FTTx	HL komm Tele-kommunikations GmbH	99,41% *	99,80% (nur Leipzig)
		IBH IT-Service GmbH	99,92% *	99,80% (nur Dresden)
		Drahtlos-DSL GmbH Mittelsachsen	99,99% *	99,80% (nur Zschadraß)
Drahtlos	HSDPA	Vodafone	2,08%	8,13%
		DTAG	2,15%	7,11%
		E-Plus	14,78%	39,23%
		Telefónica Germany	15,64%	43,90%
	LTE	DTAG	5,99%	14,02%
		Vodafone	21,77%	40,04%
	WiMAX	NU Informationssysteme GmbH	84,75% *	78,86%
	WLAN/ WiFi	Drahtlos-DSL GmbH Mittelsachsen	80,32%	91,87%
		WEBoverAIR	83,55%	96,75%
		AirNet Internet Service	85,14%	99,19%
		DDLAN	85,94%	98,78%

10.1.6 LTE Ausbau

Auf Basis der im April/Mai 2010 durch die Bundesnetzagentur versteigerten Frequenzbänder im Bereich von 800 MHz, 1,8 GHz, 2 GHz und 2,6 GHz²¹⁵ ist durch die drei respektive vier bei der Versteigerung erfolgreichen Unternehmen (DTAG, VODAFONE, TELEFÓNICA GERMANY, ERSTE MVV MOBILFUNK VERMÖGENSVERWALTUNGSGESELLSCHAFT (E-PLUS)) ein weiterer Netzausbau möglich.²¹⁶ In Sachsen sind von diesen vier Unternehmen laut Angaben im Breitbandatlas nur zwei (DTAG, VODAFONE) aktiv am Ausbau von LTE beteiligt. Die DTAG hat dabei einen nahezu flächendeckenden Ausbaustand erreicht, welchem sich VODAFONE ebenfalls annähert. Eine Verfügbarkeitsabfrage direkt auf der Homepage von TELEFÓNICA GERMANY (O2) ergibt dennoch bei einzelnen Adress-Stichproben eine Verfügbarkeit und damit ein positives Ergebnis. Das Unternehmen TELEFÓNICA GERMANY startete in Sachsen seinen Netzausbau zunächst in Dresden im Juli 2012, gefolgt von Leipzig im August.²¹⁷ Eine LTE-Verfügbarkeit durch TELEFÓNICA GERMANY ist jedoch wie ausgeführt im Breitbandatlas in beiden Städten nicht erkennbar und kann daher nicht ausgewertet werden. Die E-PLUS GRUPPE hat noch nicht mit dem flächendeckenden Netzausbau begonnen und führt zunächst LTE-Tests an drei Standorten in Niedersachsen respektive Nordrhein-Westfalen durch.²¹⁸ Die E-Plus Gruppe war das einzige Unternehmen unter den vier Mobilfunkanbieter in Deutschland, das im 800 MHz Frequenzbereich keine Lizenz ersteigerte.²¹⁹ Dadurch ergaben sich auch keine Versorgungsverpflichtungen, die an die Vergabe der Frequenzen um 800 MHz geknüpft wurden.²²⁰ Ziel dieser Auflagen war es, zunächst in unterversorgten ländlichen Gemeinden breitbandige Internetanschlüsse zur Verfügung zu stellen und erst anschließend bereits besser erschlossene Städte und Gemeinden anzubinden. Dazu waren zunächst von den einzelnen Bundesländern Listen mit unterversorgten Städten und Gemeinden zu erstellen, welche anhand der Bevölkerungszahl in vier Prioritätsstufen eingeteilt wurden (vgl. Tabelle 26).²²¹ Die „Prioritätsstufe 1“ umfasst dabei Städte und Gemeinden mit weniger als 5.000 Einwohnern, welche von den Anbietern an erster Stelle erschlossen werden müssen. Erst wenn 90 % der Bevölkerung in dieser Kategorie versorgt sind, kann mit dem Ausbau in Städten und Gemeinden der nächsten Kategorie begonnen werden. Dies setzt sich bis zur „Prioritätsstufe 4“ entsprechend fort. Erst wenn wiederum 90 % der Bevölkerung dieser Kategorie Zugang zu breitbandigen Internetan-

²¹⁵ Vgl. BNetzA (2010a) und BnetzA (2012b).

²¹⁶ Vgl. BNetzA (2010b). E-Plus hat bei der Versteigerung keine ursächlich für LTE bestimmten Frequenzblöcke erworben.

²¹⁷ Vgl. Telefónica (2012).

²¹⁸ Vgl. E-Plus (2012).

²¹⁹ Vgl. Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (2011), S. 18.

²²⁰ Vgl. BNetzA (2011).

²²¹ Vgl. BNetzA (2012c).

schlüssen besitzen, können die Frequenzen von den Anbietern freizügig genutzt werden.

Tabelle 26: Prioritätsstufen beim LTE-Ausbau²²²

Prioritätsstufe	Einwohner Städte/Gemeinden
1	< 5.000
2	5.000 – 20.000
3	20.000 – 50.000
4	> 50.000

In die Beurteilung der Breitbandverfügbarkeit gehen alle Technologien ein.²²³ Die Festlegung der unterversorgten Städte und Gemeinden ist abschließend und wird demnach im Laufe der Zeit nicht aktualisiert oder angepasst.²²⁴ Eine weitere Bedingung des Lizenzerwerbs war es, in Summe mindestens 50 % der Bevölkerung bis 2016 zu versorgen.²²⁵

Analyse des LTE Ausbaustands

In Sachsen richtete sich die Auswahl der Städte und Gemeinden nach den Verwaltungsgrenzen des Jahres 2006, wodurch in der nachfolgenden Auswertung nicht alle Städte und Gemeinden berücksichtigt werden konnten (vgl. Tabelle 27). In fünf Gemeinden der „Prioritätsstufe 1“ waren nur aggregierte Verfügbarkeitswerte gegeben, wodurch diese ebenfalls aus der Betrachtung ausgeklammert werden mussten.

²²² Vgl. Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (2011), S. 18.

²²³ Vgl. BNetzA (2012c).

²²⁴ Vgl. BNetzA (2012b).

²²⁵ Vgl. Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (2011), S. 19.

Tabelle 27: Unterversorgte Städte und Gemeinden nach Prioritätsstufen

Prioritätsstufe	Anzahl Städte/Gemeinden (nach Ausschreibungsunterlagen 800 MHz-Frequenzband)	Anzahl Städte/Gemeinden (Stand: November 2012)
1	300	277
2	112	105
3	20	19
4	3	3

Nach Angaben der Bundesnetzagentur sind seit Mai 2012 über alle Prioritätsstufen hinweg die Versorgungsaufgaben von mindestens 90 % Verfügbarkeit in Sachsen erfüllt.²²⁶ Dies lässt sich anhand der durchgeführten Untersuchung bestätigen (vgl. Tabelle 28, Spalte 3). Bei Betrachtung der LTE-Verfügbarkeit der verschiedenen Prioritätsstufen impliziert der in höheren Stufen geringere Wert, dass der LTE-Ausbau nach der vorgegebenen Reihenfolge realisiert wurde (vgl. Tabelle 28, Spalte 4). Da ab Mai 2012 die Auflagen zur Erreichung der vorgegebenen Versorgungswerte erfüllt waren, konnten die Frequenzen bundesweit genutzt werden. Dies erklärt die höhere Verfügbarkeit in der „Prioritätsstufe 4“, die für einen Ausbau von städtischen Gebieten steht. Bei Betrachtung der durchschnittlichen Verfügbarkeiten je Prioritätsstufe gemäß Beilage zur Präsidentenkommissionentscheidung zum Vergabeverfahren Drahtloser Netzzugang vom 12. Oktober 2009 lässt sich feststellen, dass sich im Vergleich zur aktuellen Verfügbarkeit insbesondere die „Prioritätsstufe 1“ mit einer Erhöhung um 20,2 % dem Niveau einer flächendeckenden Versorgung am erfolgreichsten angenähert hat. An zweiter Stelle steht die „Prioritätsstufe 4“ mit 16,5 %, gefolgt von der „Stufe 2“ mit 15,8 % und der „Stufe 3“ mit 11,0 %. Der beschriebene Sachverhalt impliziert, dass insbesondere der LTE-Ausbau zur besseren Versorgung im ländlichen Raum beigetragen hat. Wird jedoch die relative Anzahl der Städte und Gemeinden betrachtet, welche keine oder eine nur sehr geringe LTE-Verfügbarkeit aufweisen, lässt sich festhalten, dass in jeder vierten Gemeinde der „Prioritätsstufe 1“ keine oder nur eine sehr geringe LTE-Verfügbarkeit besteht. Diese Tendenz setzt sich auch in den Prioritätsstufen zwei, drei und vier fort.

²²⁶ Vgl. BNetzA (2012c).

Tabelle 28: Entwicklung der LTE-Verfügbarkeiten²²⁷

Prioritätsstufe	≥ 1 Mbit/s	≥ 1 Mbit/s (Mitte 2012)	Verfügbarkeit (Mitte 2012)	Keine Verfügbarkeit	Verfügbarkeit < 15 %
1	73,82%	94,06%	55,40%	11,19%	24,19%
2	81,62%	97,39%	41,02%	7,62%	32,88%
3	88,68%	99,63%	22,99%	10,53%	47,37%
4	83,36%	99,86%	29,19%	0,00%	33,33%

Inwiefern weitere Technologien zur besseren Versorgung im ländlichen Raum beigetragen haben, soll anhand eines Vergleiches der Verfügbarkeiten aus dem Bericht zum Breitbandatlas Ende 2009 und der Zahlen der aktuellen Erhebung nachvollzogen werden (vgl. Tabelle 29). Die Verfügbarkeitsdaten des Jahres 2009 basieren auf einer ländlichen Raumtypisierung, in die bundesweit alle Städte und Gemeinden mit einer Siedlungsdichte von weniger als 100 Einwohner/km² eingehen.²²⁸ Um einen Vergleich zur aktuellen Auswertung durchführen zu können, wurden alle 209 sächsischen Gemeinden mit der gleichen Siedlungsdichte betrachtet. Diese entsprechen etwa der „Prioritätsstufe 1“. Grundannahme ist, dass die Versorgung der sächsischen Gemeinden mit der gleichen Siedlungsdichte im Jahr 2009 etwa dem Bundesniveau entsprach.

Tabelle 29: Vergleich der Breitbandverfügbarkeit der Haushalte in ländlichen Räumen²²⁹

Technologie	Verfügbarkeit Ende 2009 (bundesweit)	Verfügbarkeit September 2012 (Sachsen)
DSL	73,68%	66,28%
CATV	11,99%	1,55%
HSDPA	16,52%	41,32%
LTE	-	53,95%
WiMAX	6,43%	19,45%
WLAN/WiFi		8,84%

Auffällig ist zunächst der Grad der Unterversorgung mit den leitungsgebundenen Technologien DSL und CATV. Gerade CATV war schon im Jahr 2009 im bundesweiten Ver-

²²⁷ Die LTE-Verfügbarkeit von ≥ 1 Mbit/s erfolgt entsprechend der Ausschreibungsunterlagen für 800 MHz-Frequenzband.

²²⁸ Vgl. PLAN online (2009), S. 9.

²²⁹ Vgl. ebd.

gleich in Gemeinden ähnlicher Siedlungsdichte signifikant besser verfügbar als in entsprechenden Gemeinden in Sachsen 2012. Auch der Grad der Versorgung mit DSL scheint unterdurchschnittlich. Die verbesserte Gesamtverfügbarkeit lässt sich demnach nur durch die drahtlosen Technologien erklären. Den größten Schritt vollzog der Ausbau von LTE, jedoch scheint insbesondere HSDPA mit einer Erhöhung um 24,8 % gegenüber dem Bundesdurchschnitt des Jahres 2009 einen großen Anteil an der Versorgung ländlicher Haushalte mit breitbandigen Internetanschlüssen zu besitzen. Auch Funktechnologien wie WiMAX sind mit 19,5 % für die ländliche Breitbandverfügbarkeit sehr bedeutsam (vgl. Tabelle 29). Inwiefern LTE tatsächlich zur Schließung der „weißen Flecken“ beigetragen und damit die politisch intendierte Rolle erfüllt hat, lässt sich anhand des Vergleichs von Verfügbarkeitsdaten jedoch nicht abschließend klären, da die Größe der Verfügbarkeitschnittmengen verschiedener Technologien nicht bekannt ist.

10.1.7 Analyse nach Raumtypisierung

Um regionale Disparitäten in der Entwicklung breitbandiger Internetanschlüsse erklären zu können, müssen primär statistische Basisdaten wie etwa die Bevölkerungsdichte betrachtet werden. Dazu soll an dieser Stelle zunächst auf eine vereinfachte Einteilung nur anhand der Siedlungsdichte eingegangen werden, um anschließend anhand der Raumtypisierung nach BBSR Einblicke über Korrelationen zwischen Lage und Breitbandverfügbarkeit zu gewinnen.

Statistische Basisdaten zur Siedlungsdichte

Zur Analyse der Verfügbarkeitsdaten nach den drei Raumtypen rural, suburban und urban sollen zunächst die statistischen Basisdaten der drei Kategorien genauer betrachtet werden. Die überwiegende Anzahl der sächsischen Haushalte lässt sich der Kategorie urban respektive suburban zuordnen. Zusammen sind 87 % der Haushalte in einer dieser beiden Raumkategorien vertreten. Nur 13 % der sächsischen Haushalte sind demnach ländlich geprägt. Betrachtet man hingegen die Anzahl der Städte und Gemeinden, so wird das räumliche Verhältnis zwischen den wenigen urbanen und den sehr zahlreichen ländlichen Gemeinden deutlich (vgl. Tabelle 30). Suburbane Städte und Gemeinden sind in diesem Vergleich vorherrschend. Die zwischen den Raumtypen liegenden teilweise sehr großen Unterschiede lassen vermuten, dass beim weiteren Breitbandausbau in jedem Raumtyp unterschiedliche Ausbaustrategien Anwendung finden müssen.

Tabelle 30: Statistische Basisdaten nach Raumtypen

Raumtyp	Städte/ Gemeinden	Einwohner	Haushalte	EW je Stadt/Gemeinde	EW/km ² pro Stadt/Gemeinde
Urban	40	2.107.980	1.167.203	52.700	815
Suburban	247	1.492.525	768.943	6.043	202
Rural	205	541.560	278.153	2.642	63

Für die Betrachtung der demographischen Bevölkerungsstruktur wurden vereinfachend zwei Kategorien anhand des Grades der Internetnutzung unterschieden. Während nach einer Studie von BITKOM 72 % der Gesamtbevölkerung das Internet privat oder beruflich nutzen, sinkt dieser Anteil in der Altersgruppe 65 Jahre und älter auf nur noch 24 %.²³⁰ Trotz Entwicklungen im Bereich E-Health und E-Government, welche eine Internetnutzung auch in dieser Altersgruppe verstärken könnte und des durch den demografischen Wandel prognostizierten Anstiegs der Bevölkerungszahl in dieser Altersklasse um bundesweit 33 % bis zum Jahr 2030, ist kurz- bis mittelfristig diese Altersklasse als Kundengruppe für die Anbieter von breitbandigen Internetanschlüssen eher nachrangig von Bedeutung.²³¹ Da aber, wie in Kapitel 8 dargelegt, ein Diffundieren jetzt jüngerer Personen in diese Altersgruppen stattfindet, wird sich dies langfristig extrem ändern. Anhand der Alterskategorisierung wurde untersucht, inwiefern dieser Sachverhalt für die Breitbandverfügbarkeit von Bedeutung ist. Entgegen der durch Abwanderungszahlen gestützten Vermutung, dass gerade im ländlichen Raum die Anzahl der älteren Menschen besonders hoch ist, stellt sich dies in der aktuellen Erhebung als falsch heraus.²³² Im Verhältnis zur jeweiligen Gesamtbevölkerung ist die Anzahl der älteren Einwohner im ländlichen Raum am niedrigsten, im suburbanen und urbanen Raum höher (vgl. Tabelle 31). Die Streuung der prozentualen Anteile je Stadt/Gemeinde bewegt sich in allen drei Raumtypen auf einem ähnlich niedrigen Niveau. Eine durch einen hohen Anteil älterer Bürger negativ anhängige Breitbandversorgung lässt sich anhand der Tatsache, dass die Versorgung im ländlichen Raum schlechter als in urbanen Räumen ist, widerlegen. Unterstützt wird dieses Ergebnis von der Betrachtung des Korrelationskoeffizienten. Wird dieser zwischen der relativen Anzahl der Einwohner über 65 Lebensjahre und der allgemeine Breitbandverfügbarkeit von mindestens 1 Mbit/s aller Städten und Gemeinden betrachtet, so ergibt sich ein Wert von -0,03. Dies impliziert eine nicht vorhandene Korrelation.

²³⁰ Vgl. BITKOM (2011a), S. 9.

²³¹ Vgl. BITKOM (2012), S. 12.

²³² Vgl. Kröhnert (2006), S. 10.

Tabelle 31: Altersstruktur nach Raumtypen

Raumtyp	Einwohner ≤ 65 Jahre	Anteil	Einwohner > 65 Jahre	Anteil
Urban	1.594.396	75,64%	513.584	24,36%
Suburban	1.113.512	74,61%	379.013	25,39%
Rural	419.042	77,38%	122.518	22,62%

Die baustrukturellen Merkmale in Tabelle 32 stehen offensichtlich in einem engen Zusammenhang zur Siedlungsdichte. So steigt der Faktor Einwohner je Wohngebäude mit zunehmender Bevölkerungsdichte von 3,34 in ländlichen Regionen bis auf 7,63 in Städten an. Entsprechend sinkt der Anteil der Wohngebäude, die nur über eine oder zwei Wohnungen verfügen von 90,1 % in ländlichen Räumen auf 58,1 % in städtischen Regionen. Dies scheint gerade im Hinblick auf die Anschluss- bzw. Ausbaurkosten leitungsgebundener Technologien einen hemmenden Faktor des ländlichen Breitbandausbaus darzustellen.

Tabelle 32: Baustrukturelle Merkmale nach Raumtypen

Raumtyp	Anzahl Wohngebäude	Anzahl Wohnungen	Gebäude mit einer oder zwei Wohnungen	Anteil an allen Wohngebäuden
Urban	276.243	1.229.809	160.367	58,05
Suburban	352.731	826.694	275.562	78,12
Rural	162.272	270.046	146.240	90,12

Verfügbarkeit Bandbreitenklasse ≥ 1 Mbit/s

In der folgenden Betrachtung soll zunächst auf die Gesamtverfügbarkeit breitbandiger Internetanschlüsse unabhängig der verwendeten Technologie in den drei Raumtypen eingegangen werden (vgl. Abbildung 56). Anhand der Daten der aktuellen Erhebung lässt sich feststellen, dass urbane Räume mit 99,9 % Verfügbarkeit bereits einen flächendeckenden Versorgungsgrad erreicht haben. Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt ergibt sich eine marginale Unterversorgung hinsichtlich Breitbandanschlüssen mit mindestens 1 Mbit/s in Sachsen von 0,02 %. Die Verfügbarkeit breitbandiger Internetanschlüsse in suburbanen Räumen ist dem Niveau urbaner Räume mit 98,1 % stark angenähert. Der Vergleich zum Bundesdurchschnitt ergibt, ähnlich wie in urbanen Räumen, eine marginale Unterversorgung von 0,4 %. Eine signifikant schlechtere Verfügbarkeit lässt sich erst in ländlichen Räumen nachweisen. Diese sind im Vergleich zu urbanen Gebieten um 7,5 % schlechter versorgt (vgl. Abbildung 56).

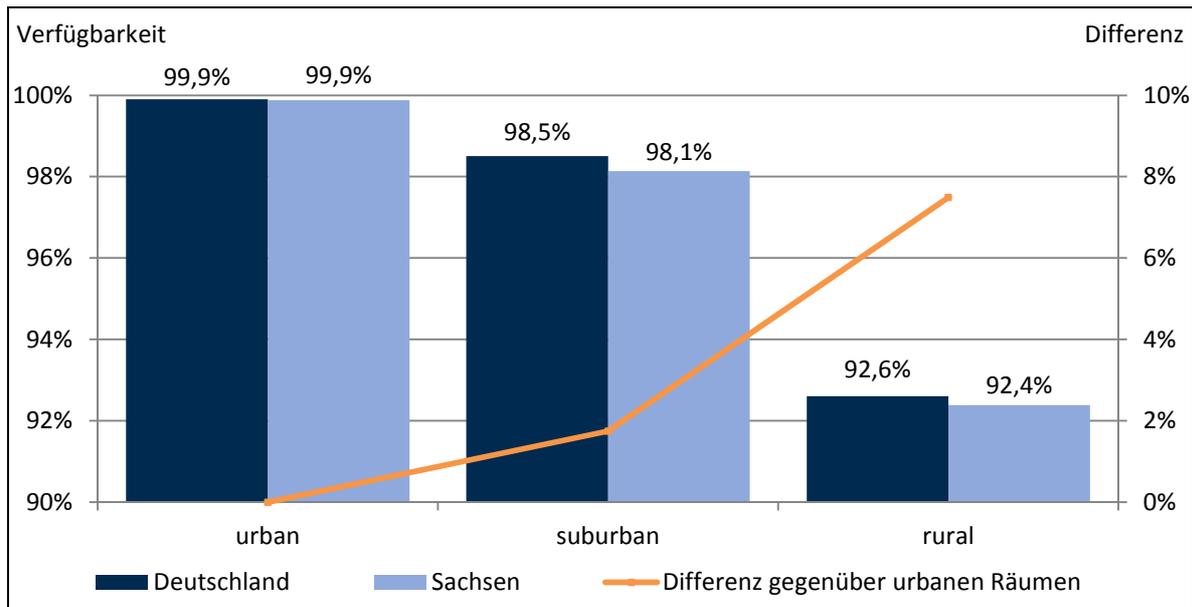


Abbildung 56: Breitbandverfügbarkeit ≥ 1 Mbit/s nach Raumtypen²³³

Eine Analyse der räumlichen Verteilung unterversorgter Haushalte („weiße Flecken“) ergibt, dass die Mehrzahl mit 57,3 % in ländlichen Gebieten angesiedelt ist (vgl. Tabelle 33). Während in urbanen Räumen fast keine unterversorgten Haushalte nachzuweisen sind, stellen diese in suburbanen Gebieten ein unerwartet großes Problem dar. „Weiße Flecken“ sind demnach keinesfalls nur ein in ländlichen Räumen anzutreffendes Phänomen, sondern können auch in dichter besiedelten Gebieten beobachtet werden. Dieses Ergebnis lässt sich jedoch relativieren, indem die Breite der Siedlungsdichteklassen variiert wird. Werden etwa zu den ländlichen Räumen alle Städte und Gemeinden mit weniger als 150 Einwohnern/km² gezählt, verringert sich die Anzahl unterversorgter Haushalte im suburbanen Raumtyp um 5.916. Damit wären nur noch 22,9 % der unterversorgten Haushalte in suburbanen Räumen anzutreffen. Inwiefern jedoch gerade in substädtischen Gebieten neben der Siedlungsdichte auch andere Erklärungen für Verfügbarkeitsdisparitäten heranzuziehen sind, muss nachfolgend noch geklärt werden.

²³³ Vgl. TÜV Rheinland Consulting (2011a), S. 6.

Tabelle 33: Unterversorgte Haushalte nach Raumtypen

Raumtyp	Anzahl unterversorgter Haushalte	Anteil unterversorgte Haushalte	Anteil der Haushalte des Raumtyps an allen Haushalten
Urban	1.437	3,89%	52,71%
Suburban	14.367	38,85%	34,73%
Rural	21.174	57,26%	12,56%

Verfügbarkeit von verschiedenen Technologien nach Raumtypen

Die Betrachtung der Verfügbarkeiten verschiedenerer Technologien in Abhängigkeit von den drei Raumtypen soll im Folgenden Besonderheiten der räumlichen Verteilung aufzeigen (vgl. Tabelle 34). Für urbane Räume lässt sich feststellen, dass eine flächendeckende Versorgung mit den Technologien HSDPA und DSL gegeben ist, wobei HSDPA eine nahezu vollständige Abdeckung aller Haushalte dieses Raumtyps erreicht. Weiterhin befindet sich die Verfügbarkeit von CATV und LTE auf einem befriedigenden Niveau. Randtechnologien wie WiMAX und WLAN/WiFi erreichen in urbanen Gebieten in etwa das gleiche Verfügbarkeitsniveau wie durchschnittlich in ganz Sachsen. In suburbanen Räumen sind ebenfalls HSDPA und DSL bei der Verfügbarkeit vorherrschend, erreichen jedoch im Vergleich zu urbanen Gebieten bereits signifikant weniger Haushalte (vgl. Abbildung 57). Die LTE Verfügbarkeit erreicht ein ähnliches Niveau wie im urbanen Raumtyp. CATV ist hingegen bedeutend schlechter verfügbar und verliert im Vergleich 51,8 %. Der Versorgungsgrad der Technologien WLAN/WiFi und WiMAX ist im Verhältnis zum Landesdurchschnitt in suburbanen Räumen unterdurchschnittlich. In ländlichen Gebieten lässt sich feststellen, dass mit Ausnahme von LTE alle wichtigen Technologien signifikant schlechter ausgebaut sind als in anderen Raumtypen. Dafür sind Randtechnologien wie WiMAX und WLAN jedoch im Vergleich zum suburbanen Raum besser verfügbar. Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass DSL über alle drei Raumtypen die beste Verfügbarkeit bietet. Die Versorgung mit LTE ist entsprechend den politischen Auflagen zum Ausbau unterversorgter Städte und Gemeinden im ländlichen Raum am besten, gefolgt von suburbanen und urbanen Räumen. Der Ausbau mit CATV scheint auf größere Städte konzentriert zu sein, da diese Technologie weder in suburbanen noch in ländlichen Gebieten in einem erwähnenswerten Ausmaß verfügbar ist. Die Technologien WiMAX und WLAN/WiFi sind annähernd gleichmäßig über alle Raumtypen verteilt, da diese jeweils in etwa 80 % der Städte und Gemeinden jedes Raumtyps nicht verfügbar sind.

Tabelle 34: Versorgungssituation nach Technologien und Raumtypen

Technologie	Raumtyp	Verfügbarkeit in Prozent der Haushalte	Variationskoeffizient der prozentualen Anteile je Stadt/Gemeinde	keine Verfügbarkeit in Prozent der Städte/Gemeinden
DSL	urban	96,40%	10,16%	0,00%
	suburban	84,55%	31,11%	0,00%
	rural	66,13%	50,71%	3,41%
HSDPA	urban	99,04%	2,60%	0,00%
	suburban	84,14%	39,79%	1,62%
	rural	41,18%	75,26%	4,39%
LTE	urban	42,25%	90,53%	5,00%
	suburban	47,37%	71,46%	11,34%
	rural	53,67%	64,86%	9,76%
WiMAX	urban	17,51%	182,78%	72,50%
	suburban	10,35%	302,98%	84,62%
	rural	19,30%	192,93%	73,17%
CATV	urban	64,80%	102,71%	37,50%
	suburban	13,04%	281,57%	82,19%
	rural	1,40%	560,90%	92,20%
WLAN/WiFi	urban	10,62%	410,23%	85,00%
	suburban	4,57%	341,62%	82,19%
	rural	8,70%	251,43%	77,07%
FTTx	urban	1,27%	548,72%	95,00%
	suburban	0,00%	1.568,44%	99,60%
	rural	0,00%	-	100,00%

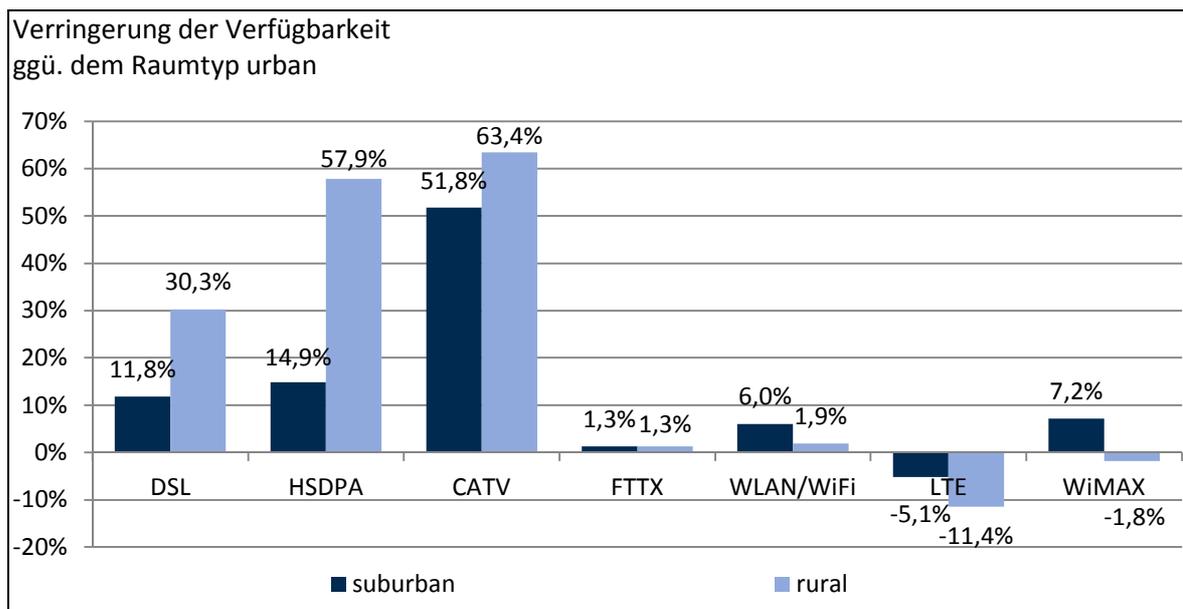


Abbildung 57: Technologieverfügbarkeit im Vergleich zum Raumtyp urban

Anbietersverfügbarkeit nach Raumtypen

Nachfolgend werden die Verfügbarkeiten der größten Anbieter nach den drei Raumtypen betrachtet, wobei zunächst auf die leitungsgebundenen Technologien eingegangen wird (vgl. Tabelle 35). Es lässt sich festhalten, dass zur flächendeckenden Versorgung mit DSL hauptsächlich die DTAG beiträgt. Nur diese ist bis in ländliche Räume hinein vertreten und bietet somit, auch begründet durch den schlechten Ausbaustand von CATV in dünn besiedelten Räumen, das nahezu einzige Angebot der Anbindung durch leitungsgebundene Technologien. Der Ausbau von DSL konzentriert sich bei den Wettbewerbern der DTAG auf urbane Räume, wobei schon substädtische Gebiete signifikant schlechter versorgt werden. VODAFONE und TELEFÓNICA GERMANY haben über alle Raumtypen hinweg das gleiche Verfügbarkeitsniveau, welches von VERSATEL nur annähernd erreicht wird. Die Betrachtung der beiden CATV Anbieter KABEL DEUTSCHLAND und PRIMACOM unterstreicht erneut die starke Konzentration auf urbane Räume, wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden größten CATV Anbietern festzustellen sind.

Tabelle 35: Versorgungssituation mit leitungsgebundenen Technologien nach Anbietern und Raumtypen

Raumtyp	DTAG (DSL)	Telefónica (DSL)	Vodafone (DSL)	Versatel (DSL)	Kabel Deutsch- land (CATV)	Primacom (CATV)
Anteil nicht versorgter Haushalte:						
Urban	0,00%	5,54%	6,91%	39,71%	13,94%	28,69%
Suburban	0,47%	54,73%	58,03%	69,67%	88,79%	91,42%
Rural	2,16%	83,74%	87,21%	91,76%	99,72%	94,84%
Anteil nicht versorgter Städte/Gemeinden:						
Urban	0,00%	22,50%	30,00%	42,50%	52,50%	80,00%
Suburban	1,21%	65,99%	67,21%	72,06%	91,09%	96,36%
Rural	3,90%	85,85%	88,78%	92,68%	99,51%	95,12%

Die Betrachtung der drahtlosen Technologien HSDPA und LTE zeigt zum einen das Stadt-Land Gefälle, verdeutlicht jedoch auch, dass die Unterschiede geringer sind als bei der Versorgung mit leitungsgebundenen Technologien (vgl. Tabelle 36). Die DTAG und VODAFONE befinden sich bei der Technologie HSDPA auf dem gleichen Versorgungsniveau, wobei jedoch die DTAG in ländlichen Räumen eine bessere Verfügbarkeit bietet. E-PLUS und TELEFÓNICA GERMANY erreichen in urbanen Räumen zwar eine ähnliche Versorgung wie die DTAG und VODAFONE, sind jedoch in Gebieten niedrigerer Siedlungsdichte gegenüber den Wettbewerbern signifikant schlechter verfügbar. Bei der Technologie LTE kann die DTAG gerade im ländlichen Raum eine höhere Anzahl an Haushalten gegenüber dem Wettbewerber VODAFONE versorgen, der nur in städtischen Räumen eine flächendeckende Verfügbarkeit erreicht.

Tabelle 36: Versorgungssituation mit drahtlosen Technologien nach Anbietern und Raumtypen (1)

Raumtyp	Vodafone (HSDPA)	DTAG (HSDPA)	E-Plus (HSDPA)	Telefónica (HSDPA)	DTAG (LTE)	Vodafone (LTE)
Anteil nicht versorgter Haushalte:						
Urban	0,00%	0,00%	0,93%	1,02%	0,63%	5,01%
Suburban	1,37%	2,90%	22,62%	21,31%	12,31%	41,77%
Rural	12,78%	9,13%	51,24%	61,30%	11,07%	36,82%
Anteil nicht versorgter Städte/Gemeinden:						
Urban	0,00%	0,00%	7,50%	10,00%	5,00%	25,00%
Suburban	4,45%	4,45%	31,58%	31,98%	15,38%	41,30%
Rural	14,15%	11,71%	54,63%	64,88%	14,15%	41,46%

Bei der Betrachtung der Anbieter von WLAN/WiFi ergibt sich ein differenziertes Bild der Versorgung nach Raumtypen (vgl. Tabelle 37). Da diese Technologie eine niedrige Verbreitung besitzt und durch viele kleine Unternehmen angeboten wird, muss die Aussagekraft der folgenden Ergebnisse als begrenzt angesehen werden. Während die räumliche Verteilung von Anbietern wie der DRAHTLOS-DSL GMBH MITTELSACHSEN oder WEBOVERAIR eher in suburbanen und ländlichen Regionen konzentriert ist, sind Unternehmen wie AIRNET INTERNET SERVICE und DDLAN tendenziell in städtischen Räumen konzentriert.

Tabelle 37: Versorgungssituation mit drahtlosen Technologien nach Anbietern und Raumtypen (2)

Raumtyp	Drahtlos-DSL GmbH Mit- telsachsen (WLAN)	WEBoverAIR (WLAN)	AirNet Internet Service (WLAN)	DDLAN (WLAN)	NU Informationssys- teme GmbH(WiMAX)
Anteil nicht versorgter Haushalte:					
Urban	72,25%	71,50%	73,28%	74,74%	82,49%
Suburban	88,77%	97,79%	97,90%	98,00%	89,65%
Rural	90,80%	94,73%	99,67%	99,62%	80,7%
Anteil nicht versorgter Städte/Gemeinden:					
Urban	95,00%	92,50%	97,50%	97,50%	72,50%
Suburban	91,50%	98,38%	99,19%	98,38%	84,62%
Rural	91,71%	95,61%	99,51%	99,51%	73,17%
Verteilung des Angebots in Städten/Gemeinden auf Raumtypen:					
Urban	5,00%	18,75%	24,97%	16,65%	10,58%
Suburban	52,50%	25,01%	49,95%	66,62%	36,53%
Rural	42,50%	56,24%	25,08%	16,73%	52,89%

10.1.8 Analyse nach den Raumtypen des BBSR

Nachfolgend soll anhand der Verfügbarkeit mit breitbandigen Internetanschlüssen nach den Raumtypen 2010 des BBSR untersucht werden, inwiefern neben der offensichtlichen Korrelation zwischen Siedlungsdichte und dem Grad der Breitbandversorgung auch die Lage und die Besiedelung der jeweiligen Stadt/Gemeinde die Breitbandverfügbarkeit beeinflusst.

Einordnung im Vergleich zu anderen Raumtypen

Wird die Einteilung der Städte und Gemeinden nach den Raumtypen 2010 des BBSR mit der zuvor betrachteten Agglomeration nach der Siedlungsdichte verglichen, lassen sich zahlreiche Korrelationen feststellen (vgl. Tabelle 38). So entspricht die Agglomeration nach dem Merkmal Besiedelung in 316 von 492 Städten und Gemeinden der entsprechenden Einteilung nach der Siedlungsdichte. Im Raumtyp „suburban“ respektive „teilweise städtisch“ ist eine Übereinstimmung in 95 % der dieser Kategorie zugeordneten Städte und Gemeinden festzustellen. Anhand der Betrachtung des Raumtyps „überwiegend städtisch“ lässt sich ableiten, dass die Raumtypisierung des BBSR weiter gefasst ist und in dieser Kategorie auch Städte und Gemeinden mit einer geringeren Siedlungsdichte vorzufinden sind. Als ländliche Regionen werden im Umkehrschluss

vom BBSR auch Städte und Gemeinden eingeordnet, welche nach der Bevölkerungsdichte einer urbaneren Kategorie zugeteilt werden.

Tabelle 38: Vergleich der Merkmale Besiedelung und Einwohnerdichte (absolut und relative Übereinstimmung)

Besiedelung	Städte/Gemeinden		Urban		Suburban		Rural	
	Ländlich	275	100,00%	0	0,00%	75	27,27%	200
Teilweise städtisch	80	100,00%	0	0,00%	76	95,00%	4	5,00%
Überwiegend städtisch	137	100,00%	40	29,29%	96	70,07%	1	0,73%

Bei der vergleichenden Analyse der Merkmale Lage und Besiedelung lässt sich feststellen, dass je näher Städte und Gemeinden an einem Zentrum liegen, diese auch zunehmend städtischer geprägt sind (vgl. Tabelle 39). Demnach nimmt mit abnehmender Zentralität auch die ländliche Prägung zu. Dies ist daran ersichtlich, dass sich das Verhältnis der Städte und Gemeinden, die zentral respektive peripher geprägt sind von einer Mehrzahl zentraler Städte und Gemeinden in überwiegend städtischer Umgebung zu einer Mehrzahl an peripheren Städten und Gemeinden in ländlichen Regionen verändert. Bereits im teilweise städtischen Raumtyp sind mehr Städte und Gemeinden der peripheren Lage zugeordnet als der zentralen Lage. Die konträren Raumtypen „sehr zentral“ respektive „sehr peripher“ sind in Sachsen mit Ausnahme der sehr peripheren ländlichen Regionen kaum vertreten. Die Mehrzahl der sächsischen Haushalte bewohnt mit 58,5 % zentral respektive sehr zentral gelegene Räume, die überwiegend städtisch geprägt sind. In der konträren Einteilung peripherer und sehr peripherer ländlicher Räume sind dagegen nur 15,0 % der Haushalte vertreten.

Tabelle 39: Vergleich der Merkmale Lage und Besiedelung

Lage	Überwiegend städtisch		Teilweise städtisch		Ländlich	
	Städte/ Gemeinden	Haus- halte	Städte/ Gemeinden	Haus- halte	Städte/ Gemeinden	Haus- halte
Sehr zentral	3	749.200	0	0	0	0
Zentral	77	546.838	27	97.127	41	66.108
Peripher	53	228.058	49	165.591	203	292.928
Sehr peri- pher	4	22.129	4	6.759	31	39.562

Breitbandverfügbarkeit nach dem Merkmal Besiedelung

Wird die Breitbandverfügbarkeit in Abhängigkeit vom Merkmal Besiedelung betrachtet, bestätigen sich die Ergebnisse aus der Einteilung nach der Einwohnerdichte (vgl. Tabelle 40). Die Unterschiede zwischen den korrespondierenden Raumtypen sind nur marginal. Diese lassen sich durch Abweichungen der Einwohnerdichte erklären. So ist bei niedrigerer Siedlungsdichte der Raumtypen „überwiegend städtisch“ und „städtisch“ die Breitbandverfügbarkeit der korrespondierenden Raumtypen entsprechend besser und durch die höhere Bevölkerungsdichte des BBSR Raumtyps „ländlich“ die Versorgung des entsprechenden „rural“ Raumtyps schlechter.

Tabelle 40: Breitbandverfügbarkeit nach den Merkmalen Siedlungsdichte und Besiedelung

	Urban	Überwiegend Städtisch	Sub- urban	Teilwei- se städ- tisch	Rural	Ländlich
Anzahl der Gemeinden	40	137	247	80	205	275
Anzahl der Haushalte	1.167.203	1.546.225	768.943	269.478	278.153	398.598
Einwoh- ner/km ²	815	431	202	164	63	84
Verfügbarkeit ≥ 1 Mbit/s	99,88%	99,62% (-0,18)	98,13%	97,49% (-0,64)	92,39%	93,91% (+1,52)

Die vergleichende Betrachtung der Verfügbarkeiten verschiedener Technologien ergibt ein ähnliches Ergebnis wie die Betrachtung der allgemeinen Verfügbarkeit (vgl. Tabelle 41). Über alle Technologien hinweg sind die Unterschiede zwischen den Raumtypen sehr gering. Zudem scheinen vorhandene Differenzen mit der Siedlungsdichte erklärbar.

So sind die Raumtypen „überwiegend städtisch“ und „teilweise städtisch“ entsprechend ihrer geringeren Siedlungsdichte zu den korrespondierenden Raumtypen „urban“ und „suburban“ marginal schlechter versorgt und der Raumtyp „ländlich“ entsprechend relativ besser.

Tabelle 41: Versorgungssituation nach Technologien und den Raumtypen Lage und Besiedelung

	Urban	Überwiegend Städtisch	Sub-urban	Teilweise städtisch	Rural	Ländlich
DSL	96,40%	94,34%	84,55%	83,50%	66,13%	69,15%
HSDPA	99,04%	97,10%	84,14%	82,72%	41,18%	48,46%
LTE	42,25%	42,46%	47,37%	44,09%	53,67%	58,03%
WiMAX	17,51%	15,36%	10,35%	9,67%	19,30%	18,58%
CATV	64,80%	52,20%	13,04%	16,94%	1,40%	1,90%
WLAN/WiFi	10,62%	8,43%	4,57%	6,92%	8,70%	8,60%
FTTx	1,27%	0,96%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%

Breitbandverfügbarkeit nach dem Merkmal Lage

Zunächst lässt sich feststellen, dass sich mit zunehmend zentraler Lage auch die Siedlungsdichte erhöht (vgl. Abbildung 58). Der größte Anstieg ist zwischen den Raumtypen „zentral“ und „sehr zentral“ zu verzeichnen. Wird die absolute Anzahl der Haushalte je Raumtyp betrachtet, so ist ebenfalls eine Zunahme mit stärkerer Zentralität verbunden, wobei nur sehr wenige Haushalte der Kategorie „sehr peripher“ zugeordnet sind.

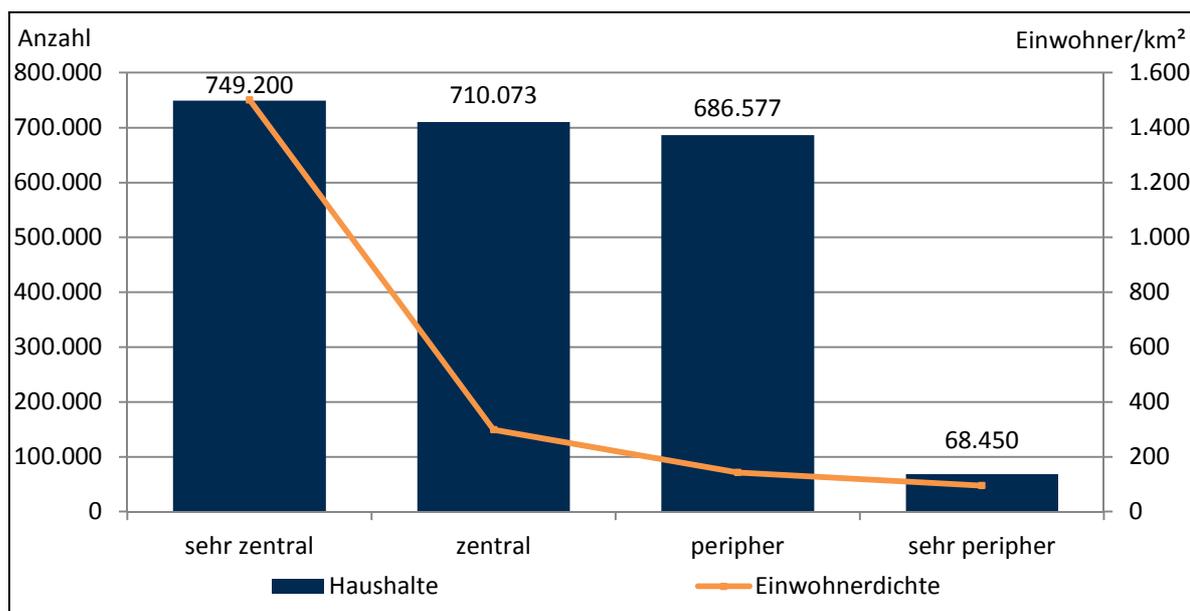


Abbildung 58: Vergleich der Einwohnerdichte mit der Anzahl der Haushalte nach dem Merkmal Lage

Eine vergleichende Analyse der Breitbandverfügbarkeit über verschiedene Raumtypen verdeutlicht primär die Bedeutung der Siedlungsdichte für die Breitbandversorgung (vgl. Tabelle 42). So korrespondiert die Breitbandverfügbarkeit nach dem Merkmal Lage genau mit den Raumtypen anderer Einteilungen mit ähnlicher Siedlungsdichte. Dass jedoch auch die Lage einer Stadt/Gemeinde einen Einfluss auf die Breitbandversorgung hat, zeigt der Vergleich zwischen Städten und Gemeinden nahezu gleicher Einwohnerdichte, die unterschiedlichen Lagekategorien zugeordnet sind (vgl. Tabelle 43). In allen drei Besiedelungsklassen sind zentral gelegene Städte und Gemeinden besser versorgt als periphere. Mit abnehmender Einwohnerdichte nimmt dabei der relative Abstand zwischen zentralen und peripheren Räumen zu.

Tabelle 42: Vergleich der Verfügbarkeiten und Siedlungsdichten nach Raumtypen

Raumtyp	Einwohner/km ²	Verfügbarkeit \geq 1 Mbit/s
Rural	63	92,39%
Ländlich	84	93,91%
Sehr peripher	95	94,03%
Peripher	143	96,11%
Teilweise städtisch	164	97,49%
Suburban	202	98,13%
Zentral	299	99,19%
Überwiegend städtisch	431	99,62%
Urban	815	99,88%
Sehr zentral	1.501	99,94%

Tabelle 43: Einfluss des Merkmals Lage auf die Breitbandverfügbarkeit

Besiedelung	Lage	Einwohner/km ²	Verfügbarkeit \geq 1 Mbit/s
Überwiegend städtisch	zentral	460	99,41%
	peripher	330	99,19%
Teilweise städtisch	zentral	156	99,02%
	peripher	170	96,79%
Ländlich	zentral	92	97,56%
	peripher	88	93,34%

10.1.9 Ausbauabsichten der

Ausbauabsichten der Netzbetreiber liegen den Autoren weder vollständig noch strukturiert vor. Es kann demnach keine fundierte Aussage dazu gegeben werden. Generell bestehen bei den in größerem Umfang und mit relevanten Kundenzahlen vertretenen Unternehmen weitere Ausbauabsichten. Diese konzentrieren sich tendenziell auf eine signifikante Erhöhung in den urbanen Gebieten. Ausbauprojekte in momentan unterversorgten Regionen haben tendenziell geringere Bandbreitenvorgaben. Gegenwärtig existiert zudem durch die Frage der Einführung von Vectoring etc. eine erhöhte Unsicherheit für Netzbetreiber.

10.2 Defizite/Deckungslücke

Aufgrund der vorangegangenen Betrachtungen kann konstatiert werden, dass die Breitbandversorgung in Sachsen im Verhältnis zum bundesweiten Durchschnitt aufgrund der historischen Entwicklung und Spezifika angemessen ist. Es besteht aber im Bereich der leitungsgebundenen Technologien ein Nachholebedarf. Dieser kann gegebenenfalls auch durch Funktechnologien befriedigt werden, allerdings bedarf es eines großen Aufwands, um gleiche Leistungsmerkmale und Ausbaureserven anbieten zu können. Deutlich größere Herausforderungen existieren für mittel- bis langfristig absehbare Dienste und Anwendungen sowie deren Weiterentwicklungen. Die momentan meistgenutzten Technologien wie DSL und UMTS/LTE bieten noch Entwicklungspotential. Teilweise sind die physikalischen Möglichkeiten aber schon weit ausgereizt bzw. es erfordert einen extremen und damit unwirtschaftlichen Aufwand höhere Bandbreiten zur Verfügung zu stellen. Aktuell vermarktete VDSL-Anschlüsse bieten Bandbreiten bis zu 50 Mbit/s. Die prognostizierte Bandbreite eines Haushalts nach NIELSEN'S LAW liegt in fünf Jahren (2017) bei 380 Mbit/s (vgl. Kapitel 9). Diese Größenordnung stellt momentan etwa die technische Grenze bei Kupfer dar. Weitere Bandbreiten bei einem jährlichen Wachstum von 50 % erreichen dann absolute

Steigerungen, die aus heutigem Blickwinkel nicht mehr abzudecken sind. Die Leistungsreserven bei den klassischen Kupfernetzen erscheinen demnach für kommende Ansprüche ausgereizt.

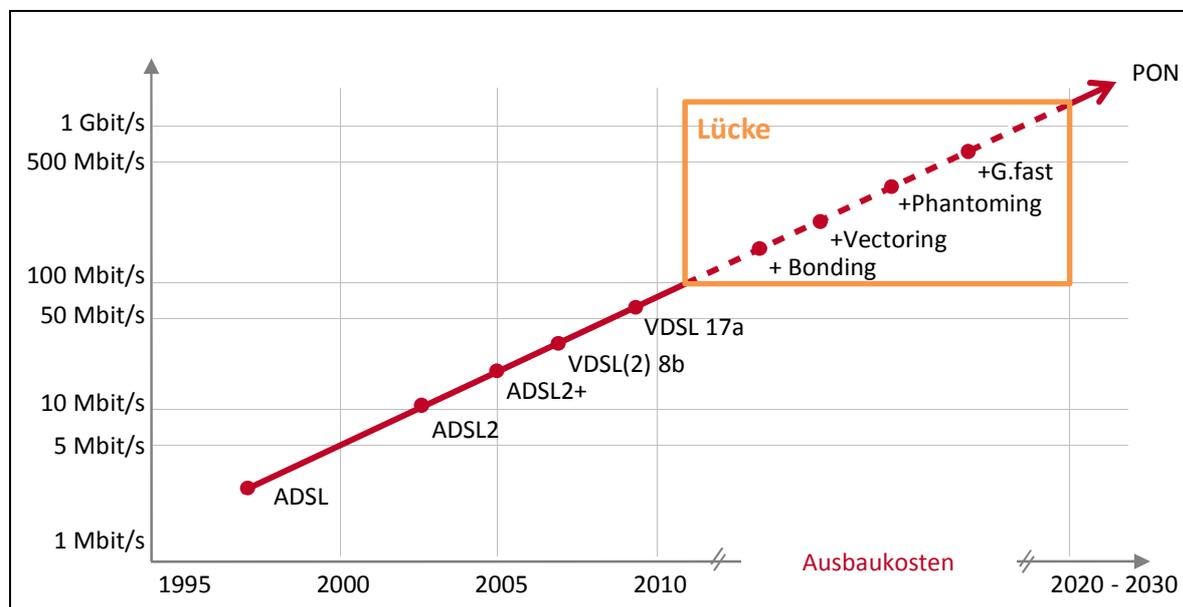


Abbildung 59: Zukünftige Lücke in der Breitbandversorgung²³⁴

Für die langfristige Entwicklung ist es relativ unerheblich, ob die Dienstprognosen im berechneten Zeitraum tatsächlich so zutreffen oder nicht. Generell ist davon auszugehen, dass der Bedarf nach vorhandenen Diensten steigt und neue Dienste hinzukommen werden. Dadurch entsteht langfristig ein Bandbreitenbedarf, der mit den jetzigen weit verbreiteten Technologien nicht mehr abzudecken ist. Diese Lücke ist in Abbildung 59 dargestellt. Darin werden aber permanente Verkürzungen bei der erreichbaren Kupferleitungslänge nicht dargestellt. Die Konzentrationsnetze müssen mittel- bis langfristig in die Lage versetzt werden, zukünftige Bandbreitenerhöhungen über einen längeren Zeitraum aufnehmen zu können. Dies umfasst ebenfalls die Übergabepunkte zu Anschlussnetzen, so dass leistungsfähige Konzentrationspunkte näher an den Teilnehmer heranrücken. Weiterhin müssen die Anschlussnetze entsprechend aufgerüstet werden. Wegen der ungleich höheren Kostenanteile stellt dies die eigentliche wirtschaftliche Herausforderung dar. Bei den leitungsgebundenen Technologien stehen die Anbieter vor der Entscheidung, ob ein einmaliger Ausbau der passiven Netzelemente, z. B. Glasfaser bis in die Häuser, oder ein kontinuierlicher Netzausbau mit einer sukzessiven Verkürzung der kupferbasierten Teilnehmeranschlussleitung zugunsten hybrider DSL-Technologien vorangetrieben werden sollte.

²³⁴ Vgl. Alcatel-Lucent (2012).

11 ENTWICKLUNG DER PREIS-LEISTUNGSVERHÄLTNISSE

11.1 Historische Entwicklungen

Mitte der 1990er Jahre gewann das Internet zunehmend an Bedeutung. In dieser Zeit wurden die ersten kommerziellen Angebote, Chat-Dienste und Multimedia-Angebote eingeführt. Allerdings waren die Übertragungsgeschwindigkeiten der Analog-Modems und ISDN-Anschlüsse für den zunehmenden Bedarf nicht ausreichend. Im Juli 1999 führte die Deutsche Telekom die ersten DSL-Anschlüsse in einigen Großstädten, wie Berlin, Bonn, Köln, Düsseldorf, Frankfurt am Main, Hamburg, München sowie Stuttgart ein. Die ersten DSL-Anschlüsse, die insbesondere Geschäftskunden adressierten, kosteten 917 DM (ca. 450 Euro) im Monat und boten 1,5 Mbit/s.²³⁵ Weiterhin waren 2,4 Gigabyte Datenvolumen enthalten.

Für Privatkunden bot die DEUTSCHE TELEKOM Ende 2000 erste Flatrateangebote an. Die Kosten betragen 49 DM (ca. 24 Euro) zzgl. Anschlusspreis. Die Bandbreiten war historisch entwickelten sich stetig, wie Tabelle 44 zu entnehmen ist.

²³⁵ Vgl. Petzke (1999).

Tabelle 44: Entwicklung der Standardgeschwindigkeiten²³⁶

Jahr	Standardgeschwindigkeit	Ära
1990	9,6 kbit/s	Analog
1992	14,4 kbit/s	
1994	19,2 kbit/s	
1996	28,8 kbit/s	
1998	38,4 kbit/s	
2000	56 kbit/s	
2002	768 kbit/s	DSL
2004	1,5 Mbit/s	
2006	2 Mbit/s	
2008	4 Mbit/s	
2010	6 Mbit/s	
2012	16 Mbit/s	
2014	25 Mbit/s	
2016	50 Mbit/s	

Es werden zunehmend schnellere Bandbreiten von den TK-Unternehmen vermarktet. So betrug 1990 die Standardzugangsgeschwindigkeit 9,6 kbit/s, während sie im Jahr 2000 bereits bei 56 kbit/s lag. Im Jahr 2010 stellte ein Standard-DSL-Anschluss eine Bandbreite von 16 Mbit/s zur Verfügung. 2011/2012 lag die durchschnittliche Bandbreite der Internetanschlüsse in Deutschland bei 17 Mbit/s²³⁷ und der meistgenutzte Breitbandanschluss war der mit 16 Mbit/s.²³⁸ Heute beträgt die üblich angebotene Übertragungsgeschwindigkeit 16 - 50 Mbit/s, wobei noch ein erheblicher Altbestand an Verträgen und Produkten mit langsameren Geschwindigkeiten existiert. Der OECD-Durchschnitt liegt aufgrund eines erhöhten Anteils an Glasfaser und HFC bei 37 Mbit/s. Abhängig von der regionalen Verfügbarkeit werden auch geringere Downstream-Bitraten zum gleichen Preis nach dem Best-Effort-Prinzip vermarktet, bei dem keine Geschwindigkeiten garantiert werden.

Mitte der 2000er Jahre wurden in Deutschland regional in sehr geringem Umfang Glasfaseranschlüsse an Endkunden vermarktet. Aufgrund des Aufwands wird dies meist

²³⁶ Vgl. Eigene Erhebungen und Berechnungen basierend auf WIK (2008), S. 40.

²³⁷ Vgl. BITKOM (2011b).

²³⁸ Vgl. Eigene Erhebung der TU Dresden in Sachsen.

von regionalen Stadtwerken vorangetrieben, die teilweise auf vorhandene eigene Infrastruktur zurückgreifen können. Seit dem Jahr 2006 wird in größeren Städten der Ausbau intensiviert. Es bleibt jedoch bei regionalen Aktivitäten.

11.2 Produkt- und Preisgestaltung

Die Preisentwicklung am Breitbandmarkt ist an Abbildung 60 gut ablesbar. Es ist ein permanenter Preisverfall für Breitbandanschlüsse über alle Geschwindigkeiten festzustellen. Neue Angebote mit höheren Geschwindigkeiten können sich kaum hinsichtlich des Preises stabilisieren, sondern fallen nach kurzer Zeit, bereits wieder ab. Bis 2005 war dies für die DSL-Anschlüsse nicht so. Sie konnten über einen längeren Zeitraum konstant gehalten werden, da es kaum Alternativen gab. Mit relevanten Marktdurchdringungen können sich Produkte mit höheren Bandbreiten erst durchsetzen, wenn sie sich den ursprünglichen Preisen der Altprodukte angenähert haben.

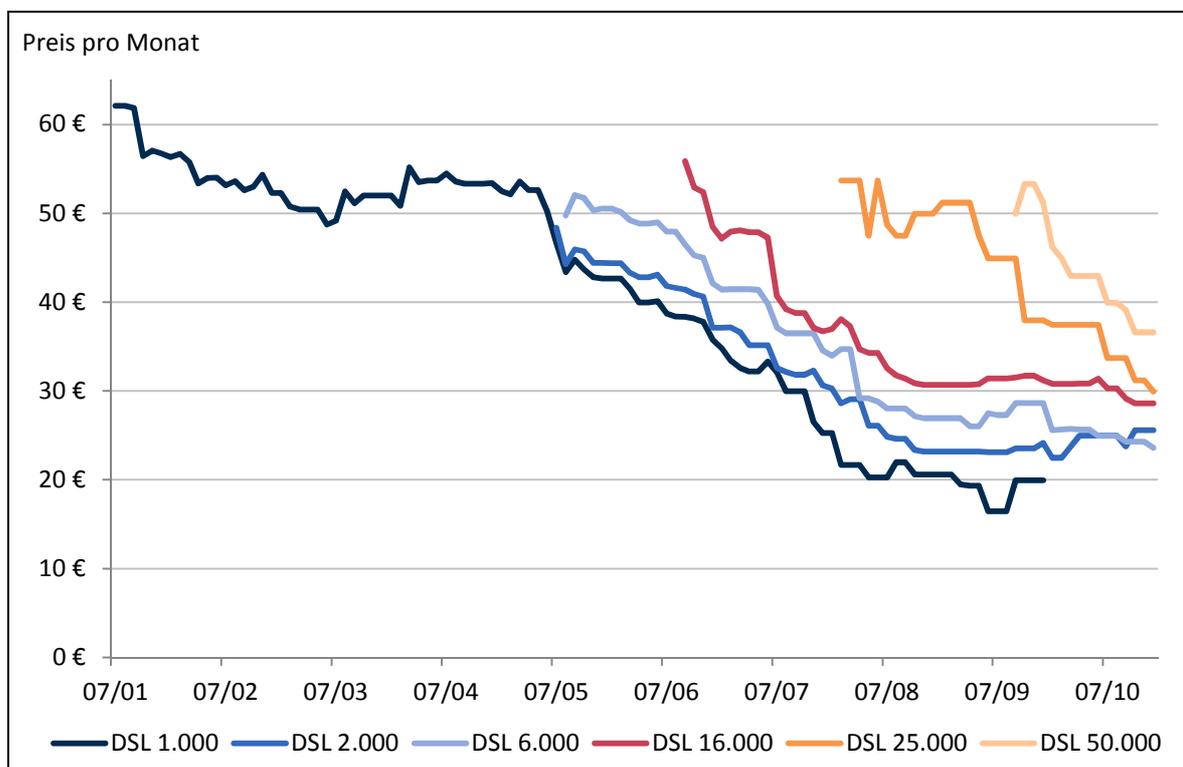


Abbildung 60: Verfügbarkeit und Preisentwicklung von DSL-Anschlüssen

Um die Entwicklung der Preise noch besser vergleichen und Trends identifizieren zu können, wurden die durchschnittlichen Zugangsgeschwindigkeiten im jeweiligen Zeitabschnitt der Preisentwicklung gegenüber gestellt (vgl. Abbildung 60). In Abbildung 61 ist darüber hinaus die Entwicklung und Prognose der monatlichen Kosten für 1 Mbit/s eines Breitbandanschlusses von 2002 bis 2020 dargestellt. Die Standard-Zugangsgeschwindigkeit wurde der Tabelle 44 entnommen.

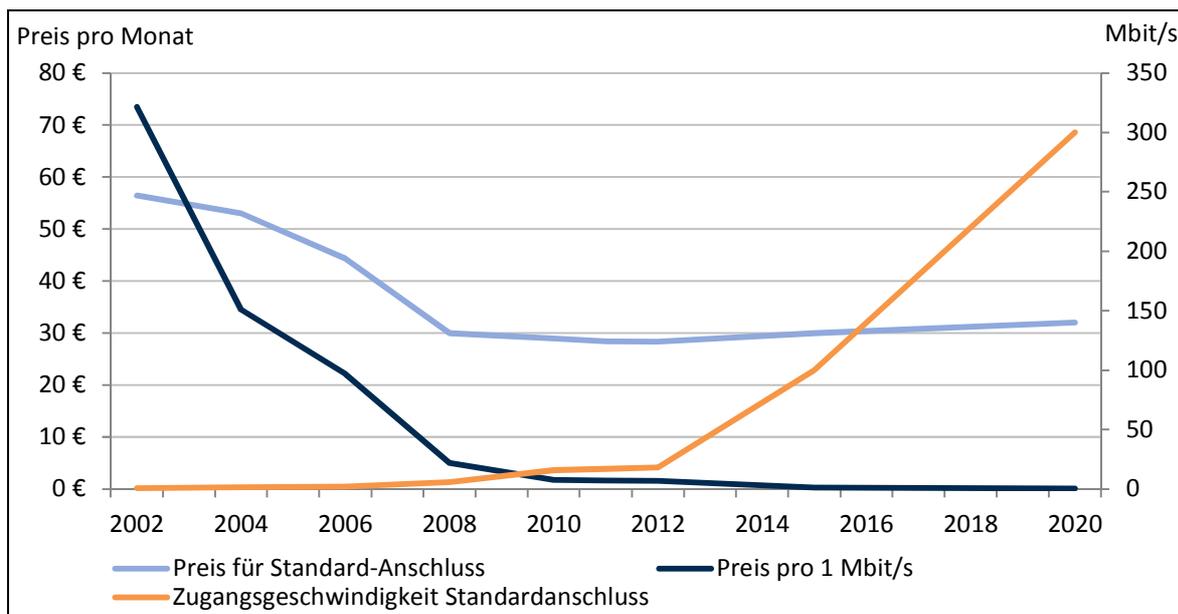


Abbildung 61: Preis- und Zugangsgeschwindigkeit für einen Standard-Breitbandanschluss

Die Zugangsgeschwindigkeit aller Breitbandtechnologien wird mit den Preisen für einen Standardanschluss verglichen. Es lässt sich wiederum feststellen, dass ein rapider Preisverfall pro Einheit Bandbreite vorliegt. So lag im Jahr 2010 die durchschnittliche Breitband-Zugangsgeschwindigkeit bei 16 Mbit/s. Im Durchschnitt kostete ein 16 Mbit/s Anschluss 29,00 Euro pro Monat.

Die erzielten Preise für einen Breitbandanschluss sind im Zeitraum von 2002 bis 2008 kontinuierlich gefallen. Ein Mbit/s kostete im Jahr 2002 73,48 Euro bei einer durchschnittlichen Zugangsgeschwindigkeit von 0,768 Mbit/s. Die monatlichen Preise für einen solchen Anschluss lagen bei 56,43 Euro im Jahre 2008. Die Kosten für ein Mbit/s reduzierten sich bis auf 5,00 Euro. Seitdem haben sich die durchschnittlichen Angebotspreise für die jeweils aktuelle Übertragungstechnologie und deren Geschwindigkeit bei ca. 3,00 Euro pro Mbit/s kurzfristig stabilisiert. Im Jahr 2012 kostet ein Mbit/s bereits nur noch 1,56 Euro. Entsprechend der Prognosen werden die Standard-Übertragungsgeschwindigkeiten stark steigen. Dies hat zur Folge, dass die Preise im Jahr 2015 voraussichtlich bis auf 0,30 Euro und 2020 bis auf 0,10 Euro pro Mbit/s sinken werden. Der Preis pro Mbit/s nimmt damit kontinuierlich ab.

Höhere Anschlussgeschwindigkeiten sind demnach kein geeignetes Mittel, um zusätzliche Umsätze zu generieren. Bei einem frühen Markteintritt können First-Mover-Gewinne eingefahren werden, allerdings muss ein erheblicher Unterschied zu am Markt bereits vorhandenen Produkten existieren. Mittel- und langfristig werden keine relevante Preiserhöhungen möglich sein. Der Hauptgrund hierfür ist, dass die Breitbandanbieter regelmäßig teurere höherbitratige Anschlüsse vermarkten, welche die sinkenden Einnahmen bei den niedrigbitratigen Produkten ausgleichen. Es ist davon auszugehen, dass dieser Trend auch zukünftig anhält. Die Nachfrage nach niedrigen Übertragungsra-

ten (2 - 6 Mbit/s) wird auch in Zukunft weiter rückläufig sein, da die Internetanwendungen immer komplexer werden und die Preisunterschiede zu höheren Übertragungsraten relativ gering sind.

Deutlich wird die dargelegte Problematik aus der nachfolgenden Abbildung 62. Sie zeigt, dass die Anbieter sehr schnell auf die Herausforderung von Wettbewerbern mit gleichen Bandbreiten und Produkten reagieren. Damit wird der Preis zum dominierenden Wettbewerbsmerkmal.

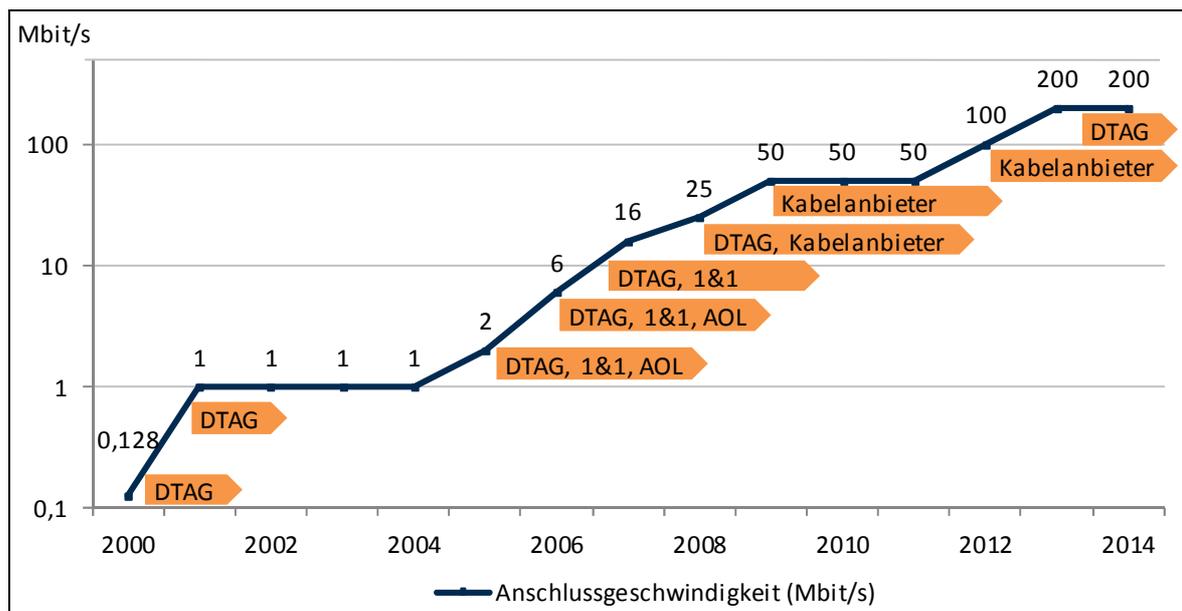


Abbildung 62: Einführung neuer Bandbreiten für Standardanschlüsse nach Anbieter und Jahr²³⁹

Telekommunikationsunternehmen haben kaum Differenzierungsmöglichkeiten bezüglich der Qualität oder des Services. Um sich von ihren Wettbewerbern abzugrenzen, müssen sie Zusatzangebote und -leistungen vermarkten. Darüber hinaus wird es künftig individuelle kundenbezogene Tarifangebote geben, bei denen auch die bereitgestellten Inhalte mit bezahlt werden müssen. Flatrates, die alles abdecken, werden durch diese neuen Modelle zunehmend verdrängt.

11.2.1 Differenzierung bezüglich Urbanität

Hinsichtlich des Urbanisierungsgrades der Region ist eine deutliche Differenzierung der Preise wahrzunehmen. Dies basiert auf der mangelnden Verfügbarkeit von wirtschaftlichen Ausbaumöglichkeiten in ländlichen Regionen. Baut ein Anbieter dort aus, so ist er darauf angewiesen, den Preis höher zu setzen als in städtischen Gebieten, um die höheren Ausbaukosten zu amortisieren. Etwas anders gestaltet sich dies bei deutschlandweit verfügbaren Angeboten. Hier werden tendenziell preisintensivere Produkte

²³⁹ Zur einheitlichen Beschreibung wurde die T-Online / Deutsche Telekom AG als DTAG bezeichnet.

eingeführt und qualitativ niedrigere Produkte sind weniger verfügbar. Dies dient wiederum der Refinanzierung der Infrastruktur.

Sobald in einer Region der Ausbau bzw. das Angebot durch zwei oder mehr Wettbewerber erfolgt, sinken die Preise in der Regel. Insbesondere im Bereich des Festnetzes kommt der Preiswettbewerb zum Tragen, wenn Wiederverkäufer auf der DSL-Infrastruktur aufsetzen können. Diese bringen dann aus ihrem Produktportfolio die Standardprodukte zu äußerst günstigen Preisen auf dem Markt. Ein Wettbewerb bzgl. Innovationen unterbleibt aber oftmals und wird – wenn überhaupt – im Wesentlichen von der DTAG oder größeren Wettbewerbern forciert. Erst wenn mehrere Anschlussmöglichkeiten unterschiedlicher Netzbetreiber verfügbar sind, kommt durch Marktmechanismen ein Angebots- und Preisniveau zustande, welches in der Wahrnehmung der meisten Bürger durch Medien und Werbung beeinflusst und dadurch erwartet wird. Allerdings werden die höheren Kosten dadurch nicht gedeckt.

Im Mobilfunk gestaltet sich die Situation etwas anders. Wettbewerb erfolgt nicht auf Basis einer bestehenden und von anderen Netzbetreibern angebotenen Infrastruktur, sondern auf Dienstebene (Weiterverkauf von Airtime/Traffic).

11.2.2 Differenzierung bezüglich Technologien

Eine Differenzierung der Produkt- und Preisentwicklung hinsichtlich der Technologie ist vorhanden und wird auch weiterhin Relevanz haben. Aufgrund der unterschiedlichen technologischen Beschaffenheit und damit verbundenen Kostenstrukturen ergeben sich deutliche Differenzen. Der Ausbau von kabelgebundener Infrastruktur ist wesentlich aufwendiger als der von Funktechnologie. Allerdings sind auch die verfügbaren Bandbreiten bei den leitungsgebundenen Infrastrukturen meist höher. Dies gilt aber nicht in jedem Fall. So ist der Transport über einen Satelliten z. B. deutlich aufwendiger und damit teurer als über Kabel. Weiterhin sind die Kapazitätsgrenzen stark verschieden. In Abbildung 63 sind die durchschnittlichen Angebotspreise der jeweiligen Technologie vom Jahr 2004 bis zum Jahr 2012 dargestellt. Dabei spielt die Übertragungsgeschwindigkeit keine Rolle, d.h. es wird der vom Kunden zu zahlende durchschnittliche Preis pro Technologie dargestellt. Am langfristigen und besten zu vergleichen sind die DSL- und Kabelangebote.

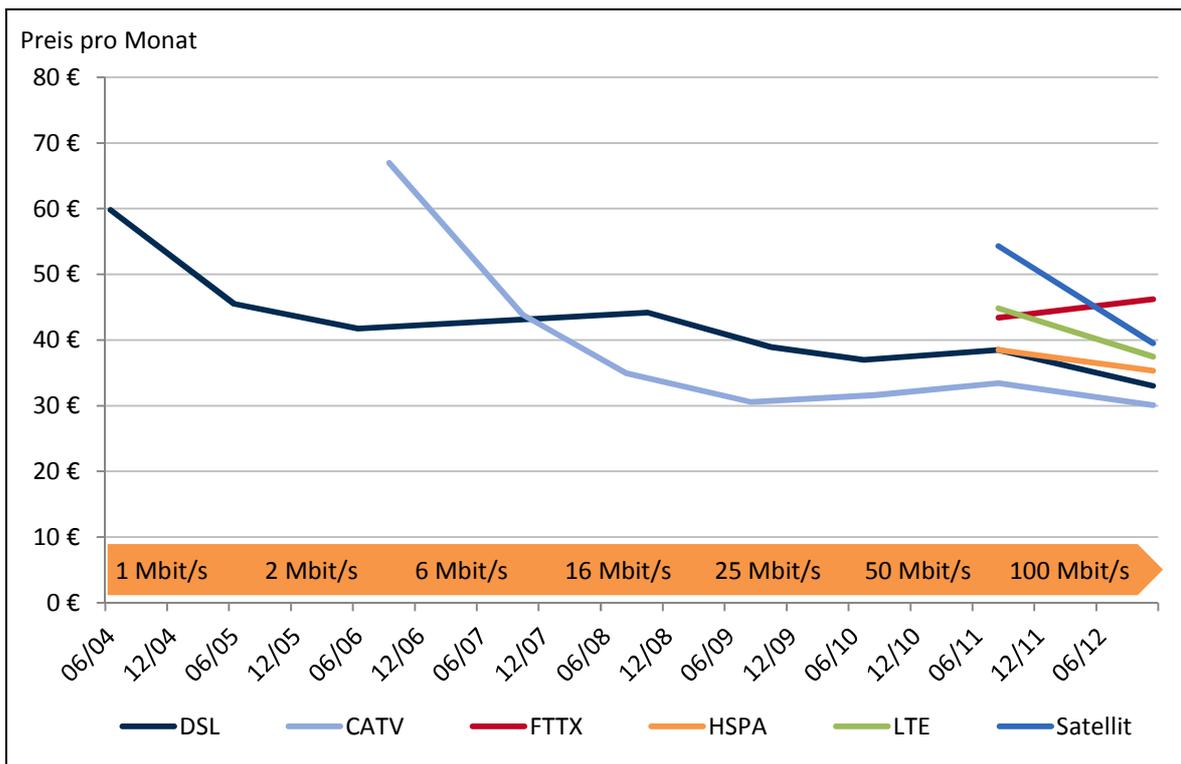


Abbildung 63: Durchschnittlicher Angebotspreis je Technologie im Zeitverlauf

Seit Mitte 2007 ist der durchschnittliche Preis für Kabelangebote im Vergleich zu den anderen Technologien am geringsten. Gleichzeitig nehmen die Marktanteile für Kabelangebote zu, was den Trend untermauert. Der Abstand zu DSL-Angeboten bleibt im Zeitverlauf bestehen, wenn auch auf geringem Niveau. Die Ursache dürfte in der komplett eigenen Infrastruktur von Kabelnetzen liegen. Bei DSL-Angeboten sind die Preisbrecher meist Wiederverkäufer, die auf der entbündelten TAL aufsetzen und demnach etwas mehr Infrastrukturanteil bei der Preiskalkulation berücksichtigen müssen als die Kabelnetzbetreiber.

Bis auf FTTB/H sind bei allen Technologien fallende Angebotspreise zu sehen. Bei FTTB/H Angeboten sind Produkte enthalten, die am Markt momentan, auch wegen der hohen Preisen, noch nicht in großen Mengen nachgefragt werden. Es handelt sich aber um die Technologie mit den größten verfügbaren Leistungsparametern. Damit sind Angebote möglich, die zwei- bis viermal schneller als die anderen Technologien sind. Dementsprechend ist die Preissetzung für diese Produkte höher. Weiterhin existiert meist nur ein Anbieter, der solch ein Produkt anbieten kann. Daher werden die Preise nicht so stark sinken wie bei den Technologien, die auf ungefähr gleichem Niveau liegen. Außerdem müssen die hohen Ausbaurkosten refinanziert werden. Sobald eine Wettbewerbssituation entsteht, bei der mehrere Anbieter vergleichbare Produkte auf Basis der gleichen oder anderen Technologien vermarkten, werden die Preise sinken. Allerdings existieren erhebliche Leistungsreserven, die dazu führen könnten, dass der Preisverfall durch immer bessere und schnellere Angebote relativ langsam von statten

geht. Signifikant ist der Preisverfall bei Satellitenangeboten. Da zunehmend Kunden mit alternativen Technologien erschlossen wurden und neue Angebote von Satellitenbetreibern existieren, sind sinkende Preise zu verzeichnen. Allerdings liegen die Leistungsparameter deutlich unter denen anderer Angebote. Daher wird hier versucht, mit günstigeren Preisen Kunden zu erreichen und den Technologienachteil über den Preis zu kompensieren.

11.2.3 Differenzierung bezüglich Diensten

Eine Differenzierung über die angebotenen Dienste findet teilweise statt. Jedoch werden dadurch momentan noch keine marktentscheidenden Aspekte gesetzt. Für die Zukunft ist dies schwer zu prognostizieren. Bei einer Vielzahl von Diensten ist es so, dass sie keine besondere netzseitige Unterstützung benötigen. Theoretisch kann damit ein unabhängiger Anbieter einen Dienst mit einer größeren Reichweite (z. B. alle Internetnutzer) erbringen. Einige Netzbetreiber bieten spezielle IPTV Angebote teilweise mit exklusivem Programmspektrum an. Damit soll eine größere Anzahl von Nutzern für das Produkt begeistert werden und ggf. noch nicht vorhandener Bedarf für eine breiträndigere Internetanbindung geweckt werden.

Bei den Komplettangeboten mit Telefonanschluss handelt es sich nicht um eine Differenzierung, sondern um den Bündelvertrieb im Rahmen des Produktes Internetanschluss. Einige Anbieter bieten auch Bündel mit IPTV oder Kabel-TV (Triple Play) an. Dabei gibt es teilweise sogar den Zwang, den TV-Dienst mit zu buchen. Sofern das Kernprodukt stark genug ist, funktionieren solche „Zwangsbündel“.

11.3 Preismodelle

Die Aussagen zu Preismodellen dienen nur der separaten Betrachtung der Refinanzierung und stellen keine Preisvorschläge dar. Wie in den vorherigen Kapiteln ausgeführt, ist die technische Bereitstellung von hoch performanten Breitbandzugängen in der Regel problemlos möglich. Die Herausforderung liegt in der wirtschaftlichen Bereitstellung. Wie in Kapitel 6 aufgezeigt, existieren Zahlungsbereitschaften bei den Endkunden, die nur in dicht besiedelten Gebieten und Straßenzügen die Ausbau- und Betriebskosten unter Wettbewerbs- und Risikobedingungen refinanzieren. Der Aufschlag für tendenziell kostenintensivere Anschlüsse ist deutlich höher als die Steigerung der Zahlungsbereitschaft für diese Gebiete. Diese Lücke ergibt sich aus einer relativ einheitlichen Struktur hinsichtlich der am Markt vorhandenen Produkte, Preise und Tarife. Obwohl die Kosten (Betriebs- und Infrastruktur) von Anschlüssen zwischen verschiedenen Wohneinheiten oder Objekten stark differieren, wird am Markt im Wesentlichen mit einheitlichen Preisen operiert. Die Ursachen können unter anderen auch in den Vorleistungsentgelten der DTAG gesehen werden, die ebenfalls einheitlich sind. Weiterhin ergeben sich auch aus Vermarktungs-, Abrechnungs- und Verwaltungsaspekten Vorteile

einheitlicher Preise. Wenn dieses Konstrukt an seine Grenzen stößt, sind prinzipiell verschiedene Möglichkeiten denkbar. Das extreme Gegenteil einer freien Versorgung und Preissetzung durch den Anbieter, ohne die Beachtung von Gleichbehandlungsaspekten und Aspekten gleicher Lebensverhältnisse durch diese Akteure, ist der Universaldienst. Es wird ein Dienst definiert, der allen Personen auf deren Anforderung zur Verfügung gestellt werden muss und dies zu einem festgelegten Maximalpreis. Für die Refinanzierung existieren wiederum verschiedene Ansätze, die von vollständiger Steuerfinanzierung bis zu einem Universaldienstaufschlag für alle Nutzer reichen. Basis ist wie bei staatlichen Förderprogrammen eine Übernahme der nicht zumutbaren Kosten durch die Gemeinschaft bzw. die Erzielung von positiven volkswirtschaftlichen Wirkungen, die über diesen Betrag hinausgehen. Zwischen diesen beiden Extremen existieren viele Möglichkeiten von staatlichen Eingriffen seitens der Regulierung, die aber nicht näher erläutert werden sollen. Die Anbieter selbst können aber ebenso wie der Kunde andere Modelle zur Refinanzierung wählen bzw. nutzen. Eine Stellgröße ist die Minimierung des Risikos der Unternehmen wodurch Ausbauprojekte, bei denen relevante Unsicherheiten bestehen dennoch finanziert werden können. Dazu zählen sehr langfristige Verträge, die eine Refinanzierung erlauben und ggf. eine Bindung an die Wohnung enthalten. Besitzer- oder Mieterwechsel wären demnach kein Risiko für die Unternehmen. Das Gleiche ergibt sich bei einer vorherigen Übernahme der Anschlusskosten durch die Vermieter oder Wohnungsbaugesellschaften. Dabei kann ein Teil oder der komplette Aufwand für die einmaligen Infrastrukturkosten übernommen werden. Diese Überlegungen könnten auch zu einer Trennung respektive Entkopplung von Internetdiensten und Infrastrukturanteil beim Preismodell führen. Die Kosten eines Anschlusses bestehen aus Abschreibungen für die Infrastruktur sowie laufenden Kosten für Betrieb, Dienste und Services. Wenn der Infrastrukturanteil vorab im Wesentlichen bezahlt wurde, so müsste der Nutzer nur noch die Kosten für die übrigen Leistungen übernehmen. Einen Einfluss auf den Wert einer Immobilie stellt deren Anbindung mit zukunftssicherer Infrastruktur dar. Die einmalige Ausstattung mit einem Glasfaseranschluss sowie dessen Anbindung an einen Konzentrationspunkt (Central Office) erlaubt es beispielsweise, aktive Netzkomponenten bei Bedarf kostengünstig nach- bzw. aufzurüsten. Dies ist bereits heute ein überlegenswerter Faktor, da insbesondere bei Neu- oder Sanierungsobjekten der erforderliche Betrag im Vergleich zu sonstigen Kosten für die Infrastrukturanbindung eher gering ausfällt. Dabei muss sichergestellt werden, dass es sich um langfristig nutzbare und zukunftsfähige Infrastruktur mit erheblichen Leistungsreserven handelt. Weiterhin denkbar sind von Nutzern selbst finanzierte Infrastrukturteile insbesondere im Anschlussnetz, womit das Risiko direkt auf den Kunden übergeht. Für die Unternehmen ist zu konstatieren, dass immer ein Risiko hinsichtlich der Einführung neuer Technologien besteht, die zu günstigeren Konditionen angeboten werden können. Die bereits getätigten Investitionen können so ggf. nicht mehr refinanziert werden.

Hinsichtlich überschaubarer Zeithorizonte ist dies ein normales unternehmerisches Risiko. Es bleibt festzuhalten: Je höher der Aufwand, umso höher müssen die Entgelte sein. Dieser Zusammenhang wird bei einer Nachfrage durch wenige Nutzer noch zusätzlich verstärkt. In eine andere Richtung gehen Überlegungen, die Kosten über verstärkt nutzungsabhängige Komponenten zu refinanzieren bzw. Dienste, die höhere Bandbreiten oder Priorisierungen benötigen, höher zu bepreisen. Weiterhin ist es denkbar, dass Dritte für die Nutzung der Infrastruktur zahlen. Dies kann vom Auslesen oder Monitoring der Heizkörper bis zur Nutzung durch Internetdienste reichen. Als Beispiel für den letzten Punkt sei die Online-Videothek genannt, die durch die Zahlung eines Entgeltes die Geschwindigkeit, mit der die Nutzer Videos herunterladen, steigern können, obwohl der Nutzer nur über einen Standardanschluss verfügt. Das Entgelt bezahlt demnach nicht der Nutzer, sondern der Onlineanbieter. Hier soll die Problematik der Netzneutralität noch angesprochen, aber nicht diskutiert werden.

12 ERGEBNISSE DER STUDIE

Der Markt für Teilnehmeranschlüsse und Breitbanddienste befindet sich seit Jahren im Spannungsfeld zwischen Entwicklung und Verbreitung von Diensten, der technologischen Entwicklung der Hardware bzw. Geräte sowie den verfügbaren Bandbreiten. Diese drei Aspekte stehen in gegenseitiger Wechselwirkung und bedingen einander.

Einleitende Betrachtung

Die Internetpenetration in Deutschland ist in den letzten zehn Jahren von 42 % auf 76 % angestiegen. Sachsen liegt mit 72 % leicht unter dem Bundesdurchschnitt. Die höchsten Nutzungsraten weisen dabei die Altersgruppen bis 40 Jahre auf. Zukünftig ist davon auszugehen, dass die Internetpenetration weiter ansteigen wird. Der weitere Anstieg wird überwiegend von deren Nachwachsen in ältere Bevölkerungskohorten getragen.

Verschiedene internationale Studien konnten einen evidenten Einfluss der Breitbandpenetration auf das BIP Wachstum nachweisen. Eine Erhöhung der Breitbandpenetration um 10 % führt zu einem zusätzlichen BIP Wachstum in Höhe von 0,25 % bis 1,38 %. Weiterhin besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem Breitbandausbau und Beschäftigungseffekten, die einerseits durch Investitionen in den Netzausbau und andererseits durch Externalitäten entstehen. Verschiedene Studien kommen zu dem Ergebnis, dass eine Erhöhung der Breitbandpenetration um 1 % zu einem Beschäftigungswachstum von 0,2 % bis 5,3 % führt. Weiterhin wurde nachgewiesen, dass die Breitbandpenetration positive Auswirkungen auf die Produktivität und Effizienz von Unternehmen hat.

Technologieüberblick

In Breitbandnetzen stellt das Anschlussnetz den Engpass bei der Anbindung der Teilnehmer dar. Im Jahr 2011 war mit über 86 % aller Breitbandanschlüsse die überwiegende Mehrheit auf Basis des Kupferanschlussnetzes realisiert.

Aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften stellt das klassische Kupferanschlussnetz ein sehr ungeeignetes Medium zur Datenübertragung von hohen Bandbreiten und damit Frequenzbereichen dar. Bedingt durch die hohe Dämpfung nimmt die Übertragungskapazität mit zunehmender Länge der Anschlussleitung sehr stark ab. Weiterhin ist das verfügbare Frequenzband durch die schlechte Schirmung stark begrenzt. Bezüglich der Übertragungseigenschaften ist das Kupferanschlussnetz anderen leitungsgebundenen Anschlusstechnologien deutlich unterlegen.

Die Leistungsfähigkeit von drahtlosen Technologien hat sich in den letzten Jahren rasant entwickelt. Mit LTE besteht inzwischen die Möglichkeit einen drahtlosen Breitbandanschluss zu nutzen. Allerdings liegt die Leistungsfähigkeit von drahtlosen Technologien auch zukünftig um den Faktor 10 – 25 gegenüber leitungsgebundenen

Anschlusstechnologien zurück. Dennoch leisten drahtlose Anschlusstechnologien einen wesentlichen Beitrag zur flächendeckenden Breitbandverfügbarkeit sowie zur Realisierung von mobilen Nutzungsszenarien. Bei drahtlosen Technologien handelt es sich allerdings grundsätzlich um ein sogenanntes „Shared Medium“, bei dem sich alle Teilnehmer die zur Verfügung stehende Bandbreite teilen. Die gegenüber den Teilnehmern vermarkteten Bandbreiten werden stark reduziert. Weiterhin wird das mit maximaler Geschwindigkeit zur Verfügung stehende Datenvolumen stark begrenzt. Bei Erreichen des Datenlimits wird die Bandbreite in der Regel massiv gedrosselt.

Drahtlose Technologien sind demnach für bandbreitenintensive Dienste wie High Definition (Video Content) und Cloud Dienste ungeeignet. Weiterhin zieht eine hohe Verfügbarkeit von drahtlosen Anschlusstechnologien einen leistungsstarken Anschluss der Basisstationen mit leitungsgebundenen Technologien (in der Regel Glasfaser) nach sich. Bei der 2-Wege-Satellitenverbindung handelt es sich um eine Nischentechnologie, die aufgrund ihrer Leistungsparameter keine Alternative darstellt.

Um die verfügbaren Bandbreiten im Kupferanschlussnetz zu realisieren und damit die Nutzungsdauer der Infrastruktur zu verlängern, werden neue xDSL-Verfahren wie Bonding und DSL-Vectoring diskutiert. Damit ist eine Steigerung der Datenraten auf 100 Mbit/s über eine Entfernung von 500 – 800 möglich. DSL-Vectoring ist technologisch enorm aufwändig und erfordert zusätzliche Investitionen in leistungsstarke aktive Netztechnik sowie CPEs. Die volle Leistungsfähigkeit von DSL-Vectoring wird nur durch eine vollständige Anwendung des Verfahrens über alle parallelen Adernpaare realisiert. Ungeklärte regulatorische Aspekte verhindern zudem eine schnelle Verfügbarkeit am Markt.

Eine weitere Erhöhung der Datenraten im Kupferanschlussnetz kann nur durch den Ausbau von hybriden FTTx-Netzen erreicht werden, bei dem die Glasfaser näher an den Teilnehmer herangeführt wird. Hierfür sind teilweise erhebliche Investitionskosten notwendig.

Demgegenüber handelt es sich bei HFC-Netzen streng genommen um hybride FTTx-Netze. Zudem ist das geschirmte Koaxialkabel explizit für die hochfrequente Signalübertragung ausgelegt, so dass HFC-Netze erhebliche Kapazitätsreserven aufweisen. Sie lassen sich dabei sehr bedarfsorientiert und schrittweise ausbauen. Mit sehr geringen Investitionskosten ist zudem die Aufrüstung zu FTTB/H-Netzen (RFoG) möglich. Eine Schwachstelle von HFC-Netzen stellt allerdings der verhältnismäßig geringe Upstream von 1:10 dar.

G.fast ist eine noch nicht standardisierte Weiterentwicklung der DSL-Verfahren für hybride FTTx-Netze. Sie soll eine Datenrate von 500 Mbit/s auf 100 m aufweisen. Es wird prognostiziert, dass sich diese innerhalb der nächsten 10 Jahre auf bis zu 2 Gbit/s auf 150 m Anschlusslänge steigern lässt. Dies bedeutet gleichzeitig, dass Datenraten von

bis 200 Mbit/s auf 2 km erreicht werden. Die Bandbreite von 2 Gbit/s über kurze Entfernungen stellt gleichzeitig das informationstheoretische erreichbare Maximum für das Kupferanschlussnetz dar, das damit faktisch zu einem FTTB-Netz ausgebaut werden muss.

Es wird deutlich, dass aktuelle Anschlusstechnologien bzw. Übertragungsmedien nur bedingt ausbaufähig und zukunftsfähig sind. Damit wird mittelfristig ein Technologiesprung zu Glasfasernetzen notwendig. Dies führt zu einem verstärkten Infrastrukturrewettbewerb zwischen FTTB/H (GPON) und HFC-Netzen. Dabei ist FTTB/H (GPON) anderen Technologien technisch überlegen, allerdings ist der Netzausbau mit einem hohen einmaligen Invest verbunden. Die Bandbreitenlimits für Singlemodeglasfasern sind derzeit noch nicht absehbar, so dass Glasfaseranschlüsse bis zu den Teilnehmern eine absolut zukunftssichere Infrastruktur stellen.

Empirischer Exkurs zur Internetnutzung in Sachsen

In von der TU Dresden im Oktober und November 2012 durchgeführten empirischen Erhebung mit 1.327 Teilnehmern wurde die Internetnutzung in Sachsen untersucht.

Über 40 % aller Internetanschlüsse in Sachsen verfügt eine Bandbreite von 16 Mbit/s (aktueller „State of the Art Anschluss“). Aufgrund von unterschiedlichen Ausbauprämissen der Netzbetreiber sind bereits jetzt Diskrepanzen bezüglich der Bandbreiten zwischen urbanen und ruralen Gebieten sichtbar. Zukünftig ist hierbei mit einer Verschärfung zu rechnen, da die Differenzierung zwischen einfachen und schnellen Anschlüssen steigt. Die Untersuchung konnte zeigen, dass in ländlichen Regionen höhere Zahlungsbereitschaften für Breitbandanschlüsse als in städtischen bestehen. Derzeit sind keine relevanten Dienste vorhanden, die die maximale Bandbreite von ADSL2+/VDSL/HFC Angeboten vollständig nutzen. Ergeben sich bei Teilnehmern Geschwindigkeitsprobleme, so werden diese stets den unzureichenden Bandbreiten der Internetanschlüsse zugeschrieben. Dies ist allerdings nicht uneingeschränkt korrekt. Denn ein oft unterschätzter Flaschenhals stellt die verwendete Hardware beim Teilnehmer dar, die teilweise mehrere Jahre genutzt wird und für komplexe Komprimierungs- und Darstellungsverfahren oftmals zu langsam ist. Ein weiterer Flaschenhals, dem zu wenig Bedeutung beigemessen wird, sind die Inhalte- und Dienstanbieter, die die angebotenen Geschwindigkeiten drosseln, so dass nicht die volle Bandbreite genutzt werden kann. Die Bereitstellung von leistungsfähiger Infrastruktur und Traffic bei der Bereitstellung von Inhalten und Diensten stellt einen wesentlichen Einflussfaktor für die Refinanzierung bzw. das Geschäftsmodell der Anbieter dar. Weiterhin erwarten Nutzer funktionierende Breitbandanschlüsse, die bedarfsgerechte Bandbreiten zur Verfügung stellen. Es findet keine Auseinandersetzung mit der zugrunde liegenden Technologie statt. Teilnehmer kaufen Lösungen und keine Technologien.

Aufgrund der niedrigen Verbreitung von leistungsfähigen Breitbandanschlüssen wird die Entwicklung und Marktdurchdringung von neuen Diensten (IPTV, Cloud), stark verzögert. Es verfügen zu wenig Teilnehmer über eine ausreichende Breitbandanbindung.

Breitbanddienste und zukünftiges Dienstespektrum

Das Dienstportfolio wird in klassische, konvergente und neue Dienste unterteilt. Klassische Dienste sind über alle Bevölkerungsgruppen hinweg umfassend etabliert. Sie sind fester Bestandteil der regelmäßigen Internetnutzung und prägen das Bild des Internets seitens der Teilnehmer. Bei konvergenten Diensten ist eine starke Spreizung in der Nutzung zu erkennen. Konvergente Dienste spielen momentan noch eine untergeordnete Rolle, werden aber von 10 – 20 % der Internetnutzer bereits regelmäßig nachgefragt. Das Spektrum zukünftiger Dienste resultiert aus der Evolution von klassischen und konvergenten Diensten in Verbindung mit aktuellen Trends und Innovationen. Es konnten sieben wesentliche Trends identifiziert werden, die das zukünftige Dienstespektrum maßgeblich prägen. Hierzu zählen die Echtzeitfähigkeit, Symmetrie, Peak-Rates (Nutzungsspreizung), Individualisierung, SmartX-Services (M2M), Cloud-Dienste sowie High Definition (Video Content).

Echtzeitfähigkeit führt zu einer Bildung von Dienstklassen mit unterschiedlichen Prioritätsparametern. Hierbei gewinnen verschiedene QoS-Parameter an Bedeutung. Hinsichtlich der Symmetrie kann davon ausgegangen werden, dass im Privatkundenbereich auch zukünftig eine Downstreamorientierung vorhanden ist. Durch neue Dienste wird es in den nächsten Jahren einen einmaligen Bedarfssprung geben. Danach wird sich das Verhältnis Up- zu Downstream bei 1:3 bis 1:5 einstellen, da auch zukünftig mehr Content konsumiert als selbst bereitgestellt wird. Aktiv genutzte innovative Dienste werden teilweise eine extrem hohe Bandbreite beanspruchen. Demgegenüber steht eine Vielzahl von permanent konsumierten Diensten, die lediglich eine geringe Grundlast an Bandbreite benötigen. Dieser Effekt wird auch als Nutzungsspreizung bezeichnet.

Weiterhin wird es zu einer stetigen Individualisierung der Inhalte kommen. Das prominenteste Beispiel ist der individuelle Video Content, bei dem in den nächsten Jahren ein Paradigmenwechsel von Multicast zu Unicast stattfinden wird. Die zunehmende Vernetzung von Geräten und Maschinen zu SmartX-Services (M2M) wird zukünftig mehr als 25 % des Traffics verursachen. Die Haupttreiber des zu erwartenden Bandbreitenbedarfs werden allerdings Cloud Dienste sowie High Definition (Video Content) sein. In IPTV ist einer der wesentlichen Treiber für den Sprung zu dreistelligen Mbit/s – Raten zu sehen. Das Potential von Kompressionsverfahren wird vielfach überschätzt. Durch eine kontinuierliche Verbesserung der Verfahren sowie zusätzlich zur Verfügung stehende Rechenleistung ist es möglich, die erforderlichen Datenraten für bestehende Videodienste um ca. 10 % pro Jahr zu reduzieren.

Die Nachfrage nach neuen bandbreitenintensiven Diensten wird in Zukunft zu einem Massenphänomen, das mit der aktuellen Infrastruktur nicht realisierbar ist. Die Adoption neuer Dienste ist wiederum wesentlich vom Ausbaustand der Infrastruktur abhängig. Der Durchbruch neuer Dienste erfordert eine kritische Masse an Innovatoren, um die Angebote marktgerecht zu positionieren. Insgesamt wächst der Bandbreitenbedarf neuer Dienste schneller als die verfügbaren technischen Übertragungsmöglichkeiten.

Analyse der Nutzergruppen

Grundsätzlich ist die Verfügbarkeitsproblematik von Breitbandanschlüssen insbesondere für private Haushalte und kleine Geschäftskunden von besonderer Relevanz. Industrie und Wissenschaft sowie öffentliche Einrichtungen verfügen teilweise über eigene Infrastruktur bzw. hinreichend Ressourcen zur Sicherstellung. Die anschließende Diskussion erfolgt daher mit Fokus auf private Haushalte.

Die demografische Entwicklung in Sachsen ist durch sinkende Einwohnerzahlen und ein kontinuierlich steigendes Durchschnittsalter der Bevölkerung gekennzeichnet. Dabei trifft der Bevölkerungsverlust insbesondere ländliche Gebiete. Dies stellt eine große Herausforderung für die zukünftige Infrastruktur dar.

Bezüglich der Verteilung der Internetnutzung spielen demografische Aspekte in den nächsten 15 Jahren eine wesentliche Rolle, allerdings nehmen die Effekte sukzessive ab. Während jüngere Altersgruppen bereits hohe Internetpenetrationsraten aufweisen, besteht in älteren Bevölkerungsschichten nach wie vor ein hoher Anteil der Nichtnutzer. In diesen Bevölkerungsschichten gibt es Teile, die auch zukünftig nicht mit Internetdiensten adressiert werden können. Nur durch das Hineinwachsen von jüngeren Altersgruppen in ältere Kohorten werden sich langsam höhere Nutzungsintensitäten einstellen. Die demografischen Herausforderungen einer alternden Gesellschaft mit besonderen Bedürfnissen stellen neue Anforderungen bezüglich Usability und Verfügbarkeit an das zukünftige Dienstespektrum.

Prognose des Breitbandbedarfes

Die Analyse historisch verfügbarer Bandbreiten der vergangenen 30 Jahre zeigt, dass diese kontinuierlich gestiegen sind. Die Wachstumsrate der Anschlussgeschwindigkeit für schnelle Breitbandanschlüsse liegt dabei ziemlich exakt bei 50 % pro Jahr und beschreibt ein exponentielles Wachstum. Dieser Zusammenhang wurde von NIELSEN erkannt und in einem Gesetz zur Entwicklung von Bandbreiten postuliert.

Es ist davon auszugehen, dass sich diese Entwicklung des Bandbreitenwachstums auch zukünftig fortsetzen wird und zu einem extremen Anstieg der verfügbaren Bandbreiten auf mittlere zweistellige Gbit/s Bereiche. Aufgrund von physikalischen Einschränkungen und biologischen Wahrnehmungsgrenzen wird sich dieses exponentielle Wachstum

nicht unendlich, sondern nur solange fortsetzen, bis die Wahrnehmungsschwelle des Menschen erreicht ist. Das wird jedoch deutlich nach dem Jahr 2030 sein.

Das Bandbreitenwachstum kann nicht exakt prognostiziert werden, allerdings liegt die untere Grenze bei 15 % und die obere Grenze bei 50 % pro Jahr. Aus einer durchschnittlichen heutigen Anschlussgeschwindigkeit von 16 Mbit/s werden somit 120 Mbit/s in 5 Jahren und rund 1 Gbit/s in 10 Jahren.

Es ist ein stetiges Wachstum der Internetnutzer zu erwarten. Immer mehr Geräte sind mit dem Internet verbunden. Die Leistungsanforderungen der Geräte steigen rapide an. Dies führt dazu, dass der Wert der Netze steigt und sich die verfügbaren Inhalte vervielfachen. Der Faktor aus Speicher und Traffic beträgt 1 Mio. (1 GB = 10^9 Byte Content verursacht 1 PB = 10^{15} Byte Traffic).

Nach einer langen Periode der Intensivierung des Dienstwettbewerbs, zum größten Teil auf Basis des seit nunmehr über 100 Jahren existierenden Kupferdoppelader-Teilnehmeranschlussnetz, reichen die Bandbreiten dieser Netze mittel- und langfristig nicht mehr aus (vgl. Ausführungen zu NIELSENS LAW in Kap. 9.1 sowie zur Prognose des zukünftigen Bandbreitenbedarfs in Kap. 7.4).

Technologie- und Bandbreitenverfügbarkeit Sachsen

Auf Basis des Breitbandatlas wurden die Technologie und Breitbandverfügbarkeit in Sachsen flächendeckend analysiert und für die Technologien DSL, CATV, FTTx, HSPDA/LTE und WLAN/WiMAX umfassend ausgewertet und diskutiert.

DSL ist für über 88 % aller Haushalte verfügbar und stellt demnach die vorherrschende Technologie dar. In urbanen Ausbaugebieten sind heute in der Regel hohe Bandbreiten von mehr als 25 Mbit/s verfügbar. In ländlichen Gebieten nimmt die Verfügbarkeit allerdings stark ab.

CATV ist insbesondere in urbanen Gebieten mit einer Haushaltsverfügbarkeit von 64,8 % stark vertreten, in suburbanen mit 13,4 % gering und wird in ländlichen Gebieten gar nicht angeboten. Aktuelle Breitbandanschlüsse auf CATV Basis stellen gegenwärtig mit 150 Mbit/s die leistungsfähigsten Breitbandanschlüsse für private Teilnehmer im größeren Umfang zur Verfügung.

Breitbandanschlüsse auf FTTB/H Basis beschränken sich derzeit auf ausgewählte Pilotprojekte in Sachsen (Projekt Giganetz in ausgewählten Stadtteilen in Chemnitz, GPON Ausbau in Dresden Blasewitz/Striesen etc.). Sie sind nur für 0,7 % der Haushalte verfügbar.

Die drahtlosen Technologien HSDPA/LTE leisten mit 86,6 % bzw. 45,5 % Haushaltsverfügbarkeit einen wesentlichen Beitrag zur flächendeckenden Breitbandversorgung, insbesondere in ländlichen Gebieten, die mit DSL/CATV unterversorgt sind. Allerdings lie-

gen die verfügbaren Anschlussgeschwindigkeiten deutlich unter denen leitungsgebundener Technologien.

WLAN/WiMAX stellen mit 15,2 % bzw. 8,3 % Haushaltsverfügbarkeit Nischentechnologien dar, die insbesondere im ländlichen Raum verfügbar sind. Es werden zudem nur sehr geringe Bandbreiten bis 6 Mbit/s angeboten.

Die Verfügbarkeit von leitungsgebundenen Breitbandanschlüssen liegt in Sachsen unter dem Bundesdurchschnitt, für drahtlose Breitbandanschlüsse hingegen darüber. Es besteht bereits jetzt eine deutliche Diskrepanz zwischen urbanen und ruralen Gebieten bezüglich der verfügbaren Anslussttechnologien bzw. maximalen Bandbreiten. Es ist weiterhin abzusehen, dass sich diese Diskrepanz zukünftig verstärken wird.

Die Verfügbarkeit von leistungsfähigen langfristigen Anbindungen bis direkt in die Anschlussbereiche hinein ist ein Schlüssel für die zukünftige Bereitstellung der benötigten Bandbreiten. Soll ein Niveau von ca. 150 Mbit/s als Standardanschluss erreicht werden, wird dies zu enormen technischen Herausforderungen für die jetzigen Netze führen. Für Bandbreiten > 150 Mbit/s entsteht eine Technologielücke, die nur mit massiven Investitionen in Breitbandnetze überbrückt werden kann. In urbanen Gebieten wurden mit dem Ausbau von VDSL bzw. der Aufrüstung der Kabelfernsehnetze schon erste Anstrengungen unternommen, dieser Herausforderung zu begegnen. Das relativ niedrige Preisniveau der Vorleistungsprodukte setzt für die ausbauenden Unternehmen allerdings zu wenig Investitionsanreize.

Entwicklung der Preis-Leistungsverhältnisse

Historisch gesehen ist der Marktpreis für Breitbandanschlüsse relativ konstant. Eine Erhöhung der Bandbreite dient als kurzfristiges Differenzierungsmerkmal im Wettbewerb, die aber nicht nachhaltig in eine Preiserhöhung konvertiert werden kann. Trotz einer kontinuierlichen Steigerung der Bandbreiten, sinkt der Preis sehr schnell auf ein von Teilnehmern gewohntes Preisniveau. Dieser Effekt lässt sich an der so genannten Bandbreitenspirale der Breitbandanschlüsse erkennen. Bei der Einführung von neuen Technologien am Markt lässt sich demnach nur schwer ein höherer Preis durchsetzen, da die Teilnehmer keine höheren Zahlungsbereitschaften bezüglich neuer Technologien oder höherer Bandbreiten aufweisen. Allerdings sind für die Nutzung innovativer Dienste zusätzliche Zahlungsbereitschaften vorhanden.

Tabelle 45: Zusammenfassung der Ergebnisse

Bereich	Ergebnisse
Staat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Positiver Zusammenhang von Breitbandpenetration – BIP Wachstum – Beschäftigung – Produktivität – Effizienz von Unternehmen ist empirisch nachweisbar.
Technologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anschlussnetz ist der Engpass bei der Breitbandanbindung. ▪ Drahtlose Technologien liegen bezüglich der Bandbreite auch zukünftig um den Faktor 10 - 25 hinter den leitungsgebundenen Technologien zurück. ▪ Drahtlose Technologien sind Shared Medium: Beschränkung der Bandbreite, Begrenzung des monatlichen Traffics pro Nutzer. ▪ Erhöhung der Datenraten im Kupferanschlussnetz nur durch Ausbau hybrider FTTx-Netze möglich. Glasfaser wird näher an den Teilnehmer geführt, hierfür sind teilweise erhebliche Investitionen notwendig. ▪ HFC-Netze sind hybride FTTx-Netze mit hohen Kapazitätsreserven. ▪ DSL-Weiterentwicklung für hybride FTTx-Netze führt zu G.fast (2 Gbit/s auf 150 m bzw. 200 Mbit/s auf 2 km). ▪ Mittelfristig findet Infrastrukturwettbewerb zwischen FTTB/H(GPON), HFC und LTE Advanced statt. ▪ FTTB/H (GPON) ist technologisch langfristig durch die enormen Leistungsreserven anderen Technologien überlegen, allerdings mit hohem einmaligen Invest verbunden.
Nutzer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 16 Mbit/s ist Ende 2012 mit 40 % aller Anschlüsse in Sachsen am verbreitetsten (= State of the Art-Anschluss). ▪ Ein weiterer Anstieg der Internetpenetration wird durch ältere Bevölkerungsschichten gebremst, durch Alterung der Bevölkerung wird dieser Effekt in den nächsten 15 Jahren verschwinden. ▪ Problematik der Breitbandversorgung ist insbesondere für private Haushalte und kleine Geschäftskunden von Relevanz. ▪ Erhebliche Differenzen in den verfügbaren Bandbreiten zwischen urbanen und ruralen Gebieten feststellbar. Höhere Zahlungsbereitschaft ist in ländlichen Gebieten vorhanden. ▪ Derzeit sind keine relevanten Dienste verfügbar, die die maximale Bandbreite von ADSL2+/VDSL/HFC Angeboten vollständig ausnutzen. ▪ Von der Bandbreite des Anschlusses abgesehen, liegt der Engpass gegenwärtig in der Hardware des Nutzers, die teilweise mehrere Jahre im Einsatz ist sowie in der Drosselung der verfügbaren Geschwindigkeiten durch die Inhalt-/Dienstanbieter (Refinanzierung/Traffic). ▪ Aufgrund der niedrigen Verbreitung leistungsfähiger Breitbandanschlüsse

	<p>wird die Entwicklung und Penetration von neuen Diensten (IPTV, Cloud) stark verzögert.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nutzer kaufen Lösungen und keine Technologien
Dienste	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Klassische Dienste mit hohen Nutzungsraten sind fester Bestandteil der regelmäßigen Internetnutzung. ▪ Konvergente Dienste spielen momentan noch eine untergeordnete Rolle, deren intensive Nutzung erfolgt durch 10 - 20 % der Internetnutzer. ▪ Zukünftiges Dienstespektrum resultiert aus Evolution von klassischen und konvergenten Diensten sowie aktuellen Trends und Innovationen. ▪ Trends: Echtzeitfähigkeit (QoS, Dienstklassen), Symmetrie Up- zu Downstream (1:3 - 1:5), Peak-Rates (Nutzungsspreizung), Individualisierung (Multicast zu Unicast), SmartX-Services (M2M verursacht 25 % allem Traffics), Cloud-Everything, High Definition (Video Content). ▪ High Definition (Video Content) und Cloud sind Haupttreiber des zukünftigen Bandbreitenwachstums. ▪ Nachfrage nach bandbreitenintensiven Diensten wird zum Massenphänomen, das mit aktueller Infrastruktur nicht realisierbar ist. ▪ Die DienstAdoption ist vom Ausbaustand der Infrastruktur abhängig. ▪ Durchbruch der Dienste bedarf kritischer Masse an Innovatoren, Beschleunigung der Adoption durch hohe technische Verfügbarkeit notwendig. ▪ Bandbreitenbedarf der Dienste wächst schneller als die technischen Übertragungsmöglichkeiten.
Bandbreite	<ul style="list-style-type: none"> ▪ In den vergangenen 30 Jahren ist die Bandbreite für verfügbare Internetanschlüsse kontinuierlich um 50 % pro Jahr gestiegen (Nielsen's Law). ▪ Prognose des Bandbreitenwachstums: > 15 % und < 50 % pro Jahr. ▪ Bandbreitenwachstum auf diesem Niveau bis mindestens 2030, Anstieg der Bandbreite für Anschlüsse auf Werte im mittleren zweistelligen Gbit/s Bereich. ▪ Aus einer durchschnittlichen Anschlussgeschwindigkeit von heute 16 Mbit/s werden in 5 Jahren 120 Mbit/s und rund 1 Gbit/s in 10 Jahren. ▪ Mehr Internetnutzer, mehr und bessere Endgeräte führen zu steigenden Bandbreitenanforderungen der Anschlüsse, verfügbare Inhalte und Wert der Netze steigen stark an. Es kommt zu einer Vervielfachung des Contents.
Ausbaustatus	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DSL ist für mehr als 88 % der Haushalte verfügbar, vorherrschende Anschluss-technologie in Sachsen. In urbanen Ausbaugebiete mit Bandbreiten von über 25 Mbit/s. ▪ CATV ist insbesondere in urbanen Gebieten mit 64,8 % stark vertreten, in suburbanen Regionen nur mit 13,4 % und in ländlichen Gebieten hingegen

	<p>überhaupt nicht. Breitbandangebote auf CATV Basis stellen derzeit mit 150 Mbit/s die höchsten Bandbreiten bereit.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ FTTB/FTTH beschränkt sich derzeit auf ausgewählte Pilotprojekte in Sachsen und ist nur für 0,7 % der sächsischen Haushalte verfügbar. ▪ HSDPA/LTE leisten mit 86,6 % bzw. 45,5 % einen wesentlichen Beitrag zur Breitbandversorgung insbesondere in ländlichen Regionen und mit DSL/HFC unterversorgten Gebieten. Anschlussgeschwindigkeiten liegen deutlich unter denen leitungsgebundener Technologien. ▪ WiMAX/WLAN stellen mit 15,2 % bzw. 8,3 % Verfügbarkeit Nischentechnologien in ländlichen Regionen dar, es werden nur geringe Bandbreiten bis 6 Mbit/s angeboten. ▪ Deutliche Diskrepanz zwischen urbanen und ruralen Gebieten bezüglich der verfügbaren Bandbreiten sind vorhanden bzw. zukünftig absehbar. ▪ Für Bandbreiten ab 150 Mbit/s entsteht eine Technologielücke, die nur mit Investitionen in den Netzausbau überbrückt werden kann. In urbanen Gebieten wurden mit dem Ausbau von VDSL sowie der Aufrüstung der Kabelfernsehnetze schon erste Anstrengungen unternommen. ▪ Mittel- bis langfristig sind hohe Einmalinvestitionen für den Netzausbau notwendig. Ein flächendeckender Ausbau zu dem aktuell relativ niedrigen Preisniveau der Vorleistungsprodukte ist nur schwer möglich.
Preis-Leistung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Historisch betrachtet ist der Marktpreis für Breitbandanschlüsse konstant. ▪ Erhöhung der Bandbreite dient als Differenzierungsmerkmal im Wettbewerb. ▪ Trotz steigender Bandbreiten keine nachhaltige Erhöhung des Preisniveaus. ▪ Keine höheren Zahlungsbereitschaften für neue Technologien und höhere Bandbreiten über gewohntes Preisniveau hinaus. ▪ Für die Nutzung innovativer Dienste sind Zahlungsbereitschaften vorhanden.

13 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Nach den vorangegangenen Betrachtungen ergibt sich nunmehr die Frage, wie langfristig leistungsfähige Infrastruktur als Grundlage für die zügige Verbreitung neuer Dienste bereitgestellt werden kann. Die ökonomischen Möglichkeiten des Breitbandausbaus in Deutschland und damit auch in Sachsen werden teilweise aufgrund der Diskrepanz zwischen hohen Investitionskosten bzw. –risiken und der relativ gering ausgeprägten Zahlungsbereitschaft der Nachfrager begrenzt. Die Versorgung muss dem Bedarf der Kunden hinsichtlich Anschlusseigenschaften und Qualitätsparametern, aber auch deren Preisvorstellungen entsprechen. Um eine derartige Angebotsituation am Markt zu erreichen, ist die Förderung eines innovationsfreundlichen Umfeldes und chancengleichen Wettbewerbs für alle Beteiligten durch regulatorische Maßnahmen zu forcieren. 15 Jahre nach Einsetzen der vollständigen Liberalisierung des TK-Marktes liegt nun die Herausforderung in einer deutlichen Erhöhung der Infrastrukturinvestitionen. Dabei muss der bereits entstandene Wettbewerb als Garant für eine bedarfsgerechte Versorgung gesichert werden. Für die Unternehmen bestehen große Herausforderungen, da ein Angebot gesichert werden soll, dass den Bedarf deckt und gegebenenfalls stimuliert. Dieses muss zu marktkonformen Preisen bereitgestellt werden. Für alternative Wettbewerber dürfen daher keine zu hohen Hürden hinsichtlich Investitionen in den Netzausbau vorhanden sein. Zudem besteht für alternative Anbieter laut TKG die Möglichkeit, auf die Netzinfrastruktur des SMP-Betreibers (Unternehmen mit dominantem Markteinfluss) zurückzugreifen. Werden die Vorleistungspreise unabhängig von den tatsächlichen Abschreibungen und Wartungsaufwänden zu hoch gewählt, so profitieren die Endkunden nicht von möglichen Preiseffekten (Konsumentenrente). Werden die Vorleistungspreise zu niedrig gesetzt, bestehen für alternative Wettbewerber weniger Anreize, eigene Infrastruktur aufzubauen. Bei Infrastrukturinvestitionen können Kooperations- und Risk-Sharing Modelle gefördert werden.

Wie im Januar 2010 vom Bundeskartellamt in seinen Hinweisen zur wettbewerbsrechtlichen Bewertung von Kooperationen beim Glasfaserausbau dargelegt, bauen bei paralleler Netzerweiterung die beteiligten Partner ihre eigenen Netze bis zum KVz aus und nutzen nur den KVz (ohne aktive Technik) sowie Leerrohre gemeinsam. Die Vereinbarung betrifft mithin die gemeinsame Nutzung dieser Infrastrukturelemente sowie den Zugang zur Teilnehmeranschlussleitung der DTAG.

Der komplementäre Netzausbau erfolgt in geografisch aufgeteilten Gebieten durch jeweils nur einen Partner mit anschließender gegenseitiger Gewährung eines Zugangs (z. B. hochwertiger Bitstromzugang inklusive IPTV-Angebot) zum Netz des anderen Partners in dessen Ausbaugbiet.

Die regulatorische Anforderung besteht darin, wettbewerbsfähige Kooperationsmodelle zu unterstützen, die einem ordnungspolitischen Grundkonsens nach EU-Recht und

GWB entsprechen. Bei der parallelen Netzerweiterung ist zunächst zu berücksichtigen, dass die DTAG als Unternehmen mit beträchtlicher Marktmacht verpflichtet ist, anderen Telekommunikationsunternehmen auf deren Verlangen Zugang zur Teilnehmeranschlussleitung im bzw. am KVz zu gewähren. Es muss deshalb geprüft werden, inwieweit Vereinbarungen zum parallelen Netzausbau (nur) der Umsetzung der Regulierungsverfügung dienen und ob sie Wettbewerbsbeschränkungen enthalten, die darüber hinausgehen. Bei Kooperationsprojekten mit komplementärem Netzausbau ist eine potentiell eintretende Beschränkung des Infrastrukturwettbewerbs durch die beteiligten Partner zu prüfen. Dabei ist ein wechselseitiger Netzzugang unbedingt abzusichern, damit es zu keiner Kunden- und Marktaufteilung kommt. Zudem könnten Kooperationen zum komplementären Netzausbau unter Beteiligung der DTAG indirekt dazu beitragen, dass sich die Zugangsmöglichkeiten Dritter zum Netz der DTAG verschlechtern. Laut Bundeskartellamt ist jedoch die gemeinsame Vermarktung von Zugangs- und Endkundenprodukten zu verhindern, da Festlegungen zu Preisen, Konditionen für Bitstrom-Zugangsprodukte für Dritte, Qualitätsparameter etc. berührt werden. Hierbei handelt sich um nicht freistellungsfähige Wettbewerbsbeschränkungen. Das betrifft auch den Austausch wettbewerbsensibler Informationen, die nicht unmittelbar im Zusammenhang zu Netzwerkplanungen und -erweiterungen stehen.

Im Rahmen der Risikoteilung der Telekommunikationsunternehmen beim Ausbau von NGA-Netzen spielen alle Formen von Open Access eine wesentliche Rolle. Ein in diesem Kontext üblicherweise diskutiertes Modell ist die Trennung der Wertschöpfungskette am Telekommunikationsmarkt in die drei horizontalen Ebenen Infrastruktur, Netzbetrieb und Dienste. Open Access kann aber auch einfachere Formen umfassen. Um die Investitionsbereitschaft anzuregen, sind Geschäftsmodelle erforderlich, die trotz hoher Ausbaukosten der Teilnehmeranschlussnetze und moderater Zahlungsbereitschaft der Nachfrager einen rentablen Netzausbau ermöglichen. Derartige Geschäftsmodelle investierender Unternehmen basieren im Wesentlichen darauf, dass sie Dritten Zugang zu ihrem Netz gewähren, um eine kritische Masse bei der Netzauslastung zu erreichen und somit den Return on Investment beschleunigen zu können. In diesem Zusammenhang sind sogenannte „Kontingentmodelle“ eine Möglichkeit, beim Ausbau von hochbitratigen Zugangsnetzen die Risiken besser zu verteilen und höhere Umsatzzahlen zu generieren.

Letztlich sind die regulatorischen Rahmenbedingungen so zu steuern, dass eine maximale Anreizwirkung für den Ausbau der für die Volkswirtschaft effizientesten Systeme erzielt wird. Dabei muss nicht unbedingt die monetär günstigste Alternative den höchsten Nutzenüberschuss produzieren. Auch Planungssicherheit, Qualitätsaspekte, Endgeräteverfügbarkeit und organisatorische Aspekte sind wesentliche Parameter.

Die Gestaltung der politischen Rahmenbedingungen muss zudem auf die Sicherstellung von Technologieneutralität ausgerichtet sein. Aufgrund der vorhandenen Netzinfra- und

Siedlungsstruktur in Sachsen wird dies zu einer heterogenen Infrastrukturlandschaft führen. Diese wird sich im Wesentlichen aus vorhandenen CATV-Netzen, evolutionären hybriden DSL- sowie neuen FTTB/H-Netzen zusammensetzen. In Randgebieten sowie in den momentan größtenteils noch nicht mit leitungsgebundener Technologie erschlossenen meist ländlichen Gebieten werden drahtlose Zugangstechnologien wie LTE Advanced und deren Nachfolbertechnologien den wesentlichen Versorgungsanteil leisten.

Es besteht grundsätzlich die Option, weiter sukzessive auf Basis von Brückentechnologien, wie z. B. hybride DSL-Netzen, auszubauen oder in langfristig zukunftssichere Technologien, wie z. B. Glasfaseranschlüsse, zu investieren. Letztere Alternative erfordert eine langfristige Strategie, die von Seiten der Marktakteure momentan kaum absehbar ist, da sie teilweise wirtschaftlich nicht attraktiv und mit zu hohen Risiken behaftet ist.

Tabelle 46: Handlungsmatrix der Akteure

	Netzbetreiber	Öffentliche Hand	Regulierung	Endgerätehersteller	Dienstanbieter
Nutzer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transparenz der Ausbaurkosten von Seiten der Netzbetreiber gewähren ▪ Eruiierung der Nutzungsabsichten und Bedarf ▪ Zielgruppenspezifische Vermarktung von Diensten ▪ Erschließung neuer Zielgruppen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aktivierung und Koordination der Nachfrage von privaten und institutionellen Nachfragern ▪ Öffentliche Hand als Vorreiter für Nutzung in Bildung und Verwaltung (Nachfrageimpulse setzen) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abwägung zwischen qualitativ hochwertiger und preislich attraktiver Versorgung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kompatible und evolutionäre Geräte/Standards anbieten ▪ Einfache Integration und Bedienung gewähren ▪ Geräte unabhängig von bezogener Infrastruktur des Nutzers anbieten (Zugang durch Endgerätehersteller) ▪ Erschließung neuer Zielgruppen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dienste mit Anschluss im Produktbündel vertreiben ▪ Bewusstsein für Notwendigkeit einer leistungsfähigen Internetanbindung schaffen ▪ Nutzungshürde für Dienste reduzieren ▪ Erschließung neuer Zielgruppen
Netzbetreiber		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mitverlege-Auflage bei Tiefbauprojekten und Übernahme der zusätzlichen Kosten durch Netzbetreiber ▪ Vereinfachung des Ausbauprozederes (Genehmigungen) ▪ Koordination im Rahmen von Ausbauprojekten unterstützen ▪ Vereinfachte Genehmigungsverfahren durch zentrale Anlaufstelle ermöglichen ▪ Langfristige Lösungsansätze zur Vermeidung von digitalen Spaltungen Stadt/Land 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zielgerichtete Regulierungsanreize setzen ▪ Abwägung Wettbewerb / optimale Leistung vornehmen ▪ Kooperationsbereitschaft fördern ▪ Infrastrukturwettbewerb stärken (Attraktivität erhöhen) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gemeinsame Vermarktung betreiben ▪ Integrierte Zugänge (Großhandelsprodukt) schaffen ▪ Planungshorizonte für jeweilige Angebote sicherstellen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vermarktung von Diensten in denen Bandbreite/ Volumen preislich integriert ist ▪ Kooperation bei Vermarktung notwendig (fokussierte Vermarktung in Ausbaugebieten durch Netzbetreiber, nationale Vermarktung durch Dienstanbieter) ▪ Absprachen von Netzentwicklung und Dienstanspruch
Öffentliche Hand			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Langfristige Zielvorgaben 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kompatibilitätsbemühungen durch gesetzlichen Rahmen und Standards stärken 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterstützung von Innovationen ▪ Herstellung von Öffentlichkeit
Regulierung				-	-
Endgerätehersteller					<ul style="list-style-type: none"> ▪ Angebote aus einer Hand realisieren ▪ Koordinierte Entwicklung und Bereitstellung am Markt

Um konkrete Ansätze zu erarbeiten, sollten alle Beteiligten in die Diskussion einbezogen werden. Tabelle 46 zeigt die Handlungsmöglichkeiten der Akteure untereinander auf. Viele Optionen können nur bilateral realisiert werden. Der öffentlichen Hand kann in diesen Fällen aber die Rolle des Moderators zukommen. Unabhängig von den konkreten Handlungsmöglichkeiten wird deutlich, dass für die Marktteilnehmer der strategische Planungshorizont wichtig ist. Insbesondere für Netzbetreiber ist es notwendig, langfristige Planungssicherheit von allen Seiten zu schaffen. Bisherige Ansätze stellen den Wettbewerb auf Basis vorhandener Netzelemente des Incumbent im Anschlussbereich in den Mittelpunkt. Zukünftig sollte aber eine Infrastruktur vorherrschen, die den Wettbewerb im Anschlussnetz auf Basis innovativer eigener und/oder gemieteter Infrastruktur langfristig ermöglicht. Bei Regulierungsentscheidungen besteht ein Zielkonflikt zwischen Ausbauplänen von Unternehmen und der Sicherstellung von Wettbewerb. Das betrifft in bestimmtem Umfang z. B. die Möglichkeiten Vectoring-fähige Technik in den KVz einzusetzen (vgl. Kapitel 5.4). Hier müssen gegebenenfalls Kompromisse seitens der Wettbewerber in Kauf genommen werden, um die Entwicklung voranzutreiben. Dies sollte aber zeitlich sehr befristet und nur unter der Bedingung eines wirklichen Innovationsschubs erfolgen.

Möglichkeiten ergeben sich mittelfristig auch aus dem abgestimmten Ausbau von Infrastruktur. Die öffentliche Hand könnte Träger von Ausbauprojekten mit Bodenarbeiten im öffentlichen Raum verpflichten, bei Bedarf zu Selbstkosten Leerrohre mit zu verlegen. Dies ergibt sich aus der Überlegung heraus, einfache, transparente und kostengünstige Voraussetzungen für einen wettbewerblichen Infrastrukturausbau ohne eine Kostenbelastung Dritter bzw. Inanspruchnahme von Subventionen zu schaffen. Die Kosten müssten vom jeweiligen Netzbetreiber sofort übernommen werden. Für den dazu erforderlichen Informationsaustausch sowie die Koordination der Bauprojekte wäre eine internetbasierte Plattform notwendig. Weiterhin sollte eine zentrale Anlaufstelle für alle Genehmigungsverfahren zum Netzausbau in Erwägung gezogen werden. Dies würde in der Verwaltung sowie in den ausbauenden Unternehmen eine deutliche Aufwands- und Zeitersparnis nach sich ziehen. Sollte die öffentliche Hand langfristig an einer Vermeidung bzw. Beseitigung der Versorgungsunterschiede von Stadt und Land interessiert sein, so empfiehlt es sich, eine langfristige Breitbandstrategie zu entwickeln und zu kommunizieren, um dadurch den Marktakteuren die notwendige Planungssicherheit zu bieten.

Alle Anbieter, die den Nutzern Dienste, Leistungen und Endgeräte zur Verfügung stellen, sollten verstärkt Kooperationen prüfen. Da zwischen Diensten, Endgeräten und Breitbandanschlüssen eine wechselseitige Abhängigkeit vorhanden ist (vgl. Kapitel 1), ergeben sich für Endgerätehersteller und Dienstleister durch Bandbreitenrestriktionen beim Endkunden erhebliche Nachteile hinsichtlich der erreichbaren Kundenzahl. In der gemeinsamen zielgerichteten Vermarktung, kundenspezifischen Angeboten und neuen

Produktbündeln liegen mithin erhebliche Potentiale. Für den Kunden ist der Mehrwert ersichtlich, da Geräte und Dienste sofort genutzt werden können und damit die Einstiegshürde sinkt. Beispielsweise könnten Dienstanbieter selbst Abnehmer der Netzbetreiber werden, in dem sie höhere Bandbreiten für den Anschluss der Kunden buchen, bezahlen und innovative Breitbanddienste bzw. Content anbieten. Netzbetreiber profitieren durch diese Vermarktung von Diensten. Sie können den Kunden dadurch Nutzungsszenarien und nicht nur Bandbreite anbieten, denn breite Bevölkerungsschichten sind nur durch Produkte und nicht durch Technik zu adressieren. Hinzu kommt, dass höhere Umsätze je Kunde und die damit verbundenen größeren Marktvolumina für alle Kooperationspartner zu einer Win-Win Situation führen, die Kooperationsvereinbarungen deutlich erleichtern dürfte. Die Preisbereitschaft der Kunden für Dienste, die wesentlich über der für den „reinen“ Breitbandanschluss liegt, muss genutzt werden, damit alle Akteure profitieren und einen Anreiz haben, ihren Anteil zu erbringen. Gleiches gilt auch für brachliegende potentielle Nutzergruppen. Die öffentliche Hand sollte Vorreiter für digitale Anwendungen und Services werden, indem sowohl in der (Aus-) Bildung als auch in der Verwaltung digitale Dienste umfassend Einzug halten.

Darüber hinaus sind dem Endkunden durch alle Beteiligten die Leistungen und entstehenden Aufwände für die Versorgung mit zeitgemäßer Breitbandinfrastruktur zu kommunizieren. Das Produkt „Breitbandanschluss“ ist ein Wert an sich, dessen Preisverfall eingedämmt bzw. sogar gestoppt werden sollte.

Das Ziel eines zeitgemäßen, innovations- und wirtschaftsfördernden Breitbandnetzes muss von allen Akteuren getragen und unterstützt werden. Es sind ein gemeinsamer Planungshorizont sowie die Etappenziele dorthin zu definieren, um das Potential, das der Markt sowohl betriebswirtschaftlich als auch volkswirtschaftlich bietet, umfassend zu erschließen.

LITERATURVERZEICHNIS

- 3GPP (2012): Releases and specifications. Autor: Nohrborg, M. URL: <http://www.3gpp.org/Highlights/LTE/LTE>. Abruf: 11/11/2012.
- Agere Systems (2005): Delivering the next big motion picture: IPTV. Autor: Kim, S., Deepak, K. URL: http://www.eetasia.com/ARTICLES/2006JAN/PDF/EEOL_2006JAN02_RFD_OPT_TA.pdf. Abruf: 02/12/2012.
- AGOF (2012): Internet facts 2012-09. November 2012. URL: <http://www.agof.de/berichtsbaende-internet-facts.605.de.html>. Abruf: 30/11/2012.
- Alby, T. (2008): Das mobile Web. Carl Hanser Verlag, München.
- Alcatel-Lucent (2011a): Get to Fast, Faster. Accelerate the existing Copper Plant with VDSL2, Vectoring and Bonding. Whitepaper. URL: http://www.alcatel-lucent.com/wps/DocumentStreamerServlet?LMSG_CABINET=Docs_and_Resource_Ctr&LMSG_CONTENT_FILE=White_Papers/Get_to_Fast_Faster_EN_StraWhitePaper.pdf. Abruf: 07/11/2012.
- Alcatel-Lucent (2011b): Digital Complexity in DSL: An Extrapolated Historical Overview. Autor: Timmers, M., Hooghe, K., Guenach, M. et al. In: ACCESS 2011: The Second International Conference on Access Networks, 19.-24. Juni 2011, Luxemburg. URL: http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=access_2011_2_10_40045. Abruf: 12/11/2012.
- Alcatel-Lucent (2011c): IPTV (is changing fast). Autor: Heydon, G. Fachvortrag, G. ITU Asia-Pacific Regional Workshop on Strengthening Digital Broadcasting Experience, 23. Mai 2011, Hanoi. URL: http://www.itu.int/ITU-D/asp/CMS/Events/2011/DigitalBroadcast-May2011/S8_GeofHeydon.pdf. Abruf: 02/12/2012.
- Alcatel-Lucent (2012): G.fast – Shifting the limits of copper. Autor: Maes, J. Fachvortrag, 21st UK Network Operators' Forum Meeting, 19. Januar 2012, London. URL: <http://www.uknof.org.uk/uknof21/Maes-Gfast.pdf>. Abruf: 09/11/2012.
- ARRIS (2011): Bandwidth Trends on the Internet. A Cable Data Vendor's Perspective. Autor: Cloonan, T. Fachvortrag, ARRIS Talk for IEEE, 08. September 2011. URL: http://grouper.ieee.org/groups/802/3/ad_hoc/bwa/public/sep11/cloonan_01a_0911.pdf. Abruf: 11/12/2012.

- Ashton, K. (2009): That 'Internet of Things' Thing. In: RFID Journal, 22. Juli 2009. URL: <http://www.rfidjournal.com/article/view/4986>. Abruf: 10/10/2012.
- ASSIA (2011): DSL Roadmap to 1~2Gbps and DSL Management (DSM). Autor: Rhee, W. IEEE ComSoCSCV Town Hall Meeting, 09. März 2011, Santa Clara. URL: http://www.ewh.ieee.org/r6/scv/comsoc/3_9_11_ASSIA.pdf. Abruf: 23/11/2012.
- Atkinson, R., Castro, D., Ezell, S. (2009): The Digital Road to Recovery: A Stimulus Plan to Create Jobs, Boost Productivity and Revitalize America. In: The Information Technology & Innovation Foundation, ITIF, Washington. Januar 2009. URL: <http://www.itif.org/files/roadtorecovery.pdf>. Abruf: 02/10/2012.
- Austinat, R. (2012): Intel forscht: Schöne Theorien zum Cloud Streaming – und ernüchternde Zahlen. In: heise online Newsticker, 15. September 2009. URL: <http://heise.de/-1708722>. Abruf: 16/10/2012.
- Bell, A. (2012): Mobile- und Cloud Computing unter Betrachtung der Unternehmen Google, Amazon und SAP AG. BookBoon Verlag, London.
- BITKOM (2010): Die Zukunft der digitalen Consumer Electronics – 2010. Autoren: Schidlack, M., Böhm, K., Libor, B., et al. URL: http://web.archive.org/web/20110603052347/http://www.bitkom.org/files/documents/CE_Studie_2010.pdf. Abruf: 30/11/2012.
- BITKOM (2011a): Netzgesellschaft. Eine repräsentative Untersuchung zur Mediennutzung und dem Informationsverhalten der Gesellschaft in Deutschland. Autoren: Bertsch, M., Huth, N., Arenz, R. URL: http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM_Publikation_Netzgesellschaft.pdf. Abruf: 15/10/2012.
- BITKOM (2011b): Mehr Bandbreite im Breitband. Presseinformation, 19. Juli 2011. URL: http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM-Presseinfo_gestiegene_Bandbreiten_19_07_2011%281%29.pdf. Abruf: 10/10/2012.
- BITKOM (2012): Demografischer Wandel. Lösungsangebote der ITK-Industrie. Autoren: Abel, J., Duller, M., Herzog, C. et al. URL: [http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM_Demografischer_Wandel_Loesungen_ITK_final\(1\).pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM_Demografischer_Wandel_Loesungen_ITK_final(1).pdf). Abruf: 02/11/2012.
- BKtel (2008): Einführung in IP, Telefonie und TV über Glasfaser. Autor: Schacherer, T. Fachvortrag, CCCS Oktober, 09. Oktober 2008, Stuttgart. URL:

http://www.cccs.de/wiki/pub/Main/VorTraege/Glasfaser-bkstel_09_10_08_final.pdf.
Abruf: 22/10/2012.

BMWi (2009): Breitband der Zukunft – Strategiepapier Breitband der Zukunft für Deutschland. URL: <http://www.bmwi.de/Dateien/BBA/PDF/breitbandstrategie-der-bundesregierung.pdf>. Abruf: 01/11/2012.

BMWi (2011): Bericht zum Breitbandatlas Mitte 2011 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Teil 1: Ergebnisse (Stand Mitte 2011). URL: <http://www.zukunft-breitband.de/Dateien/BBA/PDF/breitbandatlas-bericht-mitte-2011-teil-1.pdf>. Abruf: 01/11/2012.

BMWi (2012a): Der Breitbandatlas. Informationen und Ergebnisse. URL: <http://www.bmwi.de/Dateien/BBA/PDF/breitbandatlas-informationen-und-ergebnisse>. Abruf: 01/11/2012.

BMWi (2012b): Breitbandportal des BMWi – Anbieter-/ Technologieverzeichnis. URL: <http://www.zukunft-breitband.de/DE/Breitbandatlas/anbieterverzeichnis.html>. Abruf: 15/10/2012.

BnetzA (2001): Tätigkeitsbericht Telekommunikation 2000/2001 der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post. URL: http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Presse/Berichte/2001/Taetigkeitsbericht2000_2001ld206pdf. Abruf: 10/10/2012.

BNetzA (2007): Zugang zur Teilnehmeranschlussleitung. Markt Nr. 11 der Märkte Empfehlung der EU-Kommission. Festlegung der BNetzA. URL: http://www.bundesnetzagentur.de/DE/DieBundesnetzagentur/Beschlusskammern/1BK-Geschaeftszeichen-Datenbank/BK4-GZ/2007/2007_001bis100/BK4-07-002_BKV/BK4-07-002_R_FestlegungMarkt11.pdf. Abruf: 22/10/2012.

BNetzA (2010a): Sechs Unternehmen bewerben sich für Mobilfunkfrequenzen. Pressemitteilung, 21. Januar 2010. URL: <http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Presse/Pressemittelungen/2010/100121VersteigrMobFunkld18067pdf>. Abruf: 25/10/2012.

BNetzA (2010b): Frequenzversteigerung in Mainz beendet. Pressemitteilung, 20. Mai 2010. URL: http://www.bundesnetzagentur.de/cae/servlet/contentblob/155164/publicationFile/6992/100520FrequenzverstgBeendet_pdf.pdf. Abruf: 17/10/2012.

- BNetzA (2011): Versorgungsverpflichtung im 800-MHz-Bereich in vier weiteren Bundesländern erfüllt. Pressemitteilung, 28. September 2011. URL: http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Presse/Pressemittelungen/2011/110928Versorgungsverpflichtung_pdf. Abruf: 01/11/2012.
- BNetzA (2012a): Jahresbericht 2011. URL: <http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Presse/Berichte/2012/Jahresbericht2011pdf>. Abruf: 12/12/2012.
- BNetzA (2012b): Bundesnetzagentur Fragen & Antworten: Versorgungsverpflichtung für die Frequenzbereiche 1,8 GHz, 2 GHz und 2,6 GHz (IV.4.4). URL: http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1911/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/RegulierungTelekommunikation/Frequenzordnung/OeffentlicherMobilfunk/VergabeVerfahrenDrahtlosNetzzugang/FragenAntwortenFAQ/FragenAntwortenFAQ_node.html. Abruf: 13/10/2012.
- BNetzA (2012c): Nutzung der 800 MHz Frequenzen – Versorgungsaufgabe in zwölf Bundesländern erfüllt. URL: http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/RegulierungTelekommunikation/Frequenzordnung/OeffentlicherMobilfunk/VergabeVerfahrenDrahtlosNetzzugang/Versorgungsverpflichtung800MHz_Basepage.html. Abruf: 13/10/2012.
- BREKO (2012): Breitband Kompass 2013 Plus – Technische Grundlagen des Vectoring.
- Brink, R. (2011): DSL Migration towards hybrid-FttH & regulation. Fachvortrag, DSL Seminar, 23. Mai 2011, Delft. URL: http://www.joepeesoft.com/Public/DSL_Corner/Docs/Presentations/PUB_2011_05_DSL_Seminar_SpM_Brink.pdf. Abruf: 02/10/2012.
- Broadband Forum (2012): Marketing Report 257: An Overview of G.993.5 Vectoring. Autor: Silverman, P. URL: <http://www.broadband-forum.org/marketing/download/mktgdocs/MR-257.pdf>. Abruf: 10/11/2012.
- Brocade (2011): Storage Growth and Ethernet. Autor: Kipp, S. Fachvortrag, IEEE 802.3 Industry Connections Ethernet Bandwidth Assessment Ad Hoc, 12. September 2011, Chicago. URL: http://grouper.ieee.org/groups/802/3/ad_hoc/bwa/public/sep11/kipp_01a_0911.pdf. Abruf: 17/10/2012.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2012): BBSR Raumabgrenzungen.

URL:

http://www.bbsr.bund.de/cIn_032/nn_1067638/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Raumaabgrenzungen/Raumtypen2010__vbg/Raumtypen2010__alt.html#doc1067510bodyText2. Abruf: 13/10/2012.

Cisco Systems (2009): Glasfaser-Technik ist die Zukunft. Warum der Ausbau von Glasfaser-Leitungen für Deutschland wichtig ist. URL:

http://www.cisco.com/web/DE/cisconnect/2009-09/images/FTTH_in_Deutschland.pdf. Abruf: 05/09/2012.

Cisco Systems (2012): Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2011 - 2016. Whitepaper. URL:

http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-520862.pdf. Abruf: 10/11/2012.

Clarke, G. (2008): Has the internet increased exports for firms from low and middle-income countries. In: Information Economics and Policy, Elsevier, Volume 20, Issue 1, S. 16 - 37.

Crandall, R., Jackson, C., Singer, H. (2003): The Effect of Ubiquitous Broadband Adoption on Investment, Jobs, and the U.S. Economy. Criterion Economics, Washington.

URL: http://newmillenniumresearch.org/archive/bbstudyreport_091703.pdf. Abruf: 02/10/2012.

Crandall, R., Lehr, W., Litan, R. (2007): The Effects of Broadband Deployment on Output and Employment: A Cross-sectional Analysis of U.S. Data. In: The Effects of Broadband Deployment on Output and Employment, Number 6. The Brookings Institution, Washington. URL:

<http://www.brookings.edu/views/papers/crandall/200706litan.pdf>. Abruf: 02/10/2012.

Czernich, N., Falck, O., Kretschmer T. et al. (2009): Broadband infrastructure and economic growth. In: CESifo Working Paper No. 2861, Category 6: Fiscal Policy, Macroeconomics and Growth, December 2009. URL:

<http://www.ifo.de/portal/pls/portal/docs/1/1185856.PDF>. Abruf: 12/10/2012.

Deloitte (2011a): Breitband Reloaded: Perspektiven für die Glasfaser in Deutschland. Autor: Esser, R., Gentner, A., Böhm, K. et al. URL:

http://www.deloitte.com/assets/Dcom-Germany/Local%20Assets/Documents/12_TMT/2010/de_TMT_R_Breitband_4_2011_safe.pdf. Abruf: 28/09/2012.

- Deloitte (2011b): Tech Trends 2011. The natural convergence of business and IT. URL: <http://www.deloitte.com/assets/Dcom-SouthAfrica/Local%20Assets/Documents/Tech%20Trends%202011%20-%20The%20natural%20convergence%20of%20business%20and%20IT.pdf>. Abruf: 02/12/2012.
- Destatis (2012a): Regionaldatenbank: Ergebnis 173-01-4. Bevölkerungsstand: Bevölkerung nach Geschlecht. Regionale Tiefe: Kreise und kreisfreie Städte Sachsen. URL: <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/logon>. Abruf: 18/10/2012.
- Destatis (2012b): 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes: Bevölkerung Deutschlands bis 2060. URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/Bevoelkerungsvorausberechnung.html>. Abruf: 05/12/2012.
- Deutsche Telekom (2000): Das hybride Anschluss-System HYTAS. In: Unterrichtsblätter - Die Fachzeitschrift der Deutschen Telekom für Aus- und Weiterbildung, 03/2000 - Mit Glas und Kupfer zum Kunden. 53. Jahrgang.
- Deutsche Telekom (2008): Unser Leben im Netz. Deutschland Online 5. URL: <http://www.telekom.com/static/-/10036/1/deutschland-online-si>. Abruf: 15/10/2012.
- Deutsche Telekom (2012a): Deutsche Telekom researchers break transmission speed record. Pressemitteilung, 02. März 2012. URL: <http://www.telekom.com/media/company/105388>. Abruf: 01/10/2012.
- Deutsche Telekom (2012b): Giganetz: Produktübersicht. URL: <https://www.telekom.de/glasfaser/#!/Produkte>. Abruf: 13/11/2012.
- Deutsche Telekom (2012c): Breitbandige Anbindung für Kommunen. Autor: Heieck, V. Fachvortrag, 29. August 2012, Freinsheim. URL: http://www.freinsheim.de/upload/file/DSL-Ausbau/WaS/2012-08-29_Prasentation_Heieck_1.120.pdf. Abruf: 10/11/2012.
- DFN (2012): Das Wissenschaftsnetz X-WiN. URL: <http://www.dfn.de/xwin/>. Abruf: 16/12/2012.
- DIW (2004): Rahmenbedingungen für eine Breitbandoffensive in Deutschland. Studie im Auftrag der Deutschen Telekom AG, T-Com. Autoren: Erber, G., Köhler, T., Lattemann, C. et al. URL: http://www.uni-potsdam.de/db/jpcg/Publikationen/diw_rahmen_Breitbandoff200401.pdf. Abruf: 02/10/2012.

- DIWecon (2011): Universaldienstverpflichtung für flächendeckenden Breitbandzugang in Deutschland. Studie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/ Die Grünen, 13. September 2011. Autoren: Baake, P., Pavel, F., Schumacher, P. URL: http://www.diw-econ.de/de/downloads/Studie_Breitband-USO_v3.0cc.pdf. Abruf: 02/10/2012.
- Dresden (2011): DSL-Ausbau in Striesen/Blasewitz. Antwort der Dresdner Oberbürgermeisterin auf die Anfrage eines Stadtrats Steffen Kaden, 13. April 2011. URL: <http://www.dsl-striesen.de/content/110413-Anfrage-kaden-dsl-ausbau-striesen.pdf>. Abruf: 08/10/2012.
- Elektronik Kompendium (2012a): HSDPA - High Speed Downlink Packet Access. Autor: Schnabel, P. URL: <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0910251.htm>. Abruf: 09/10/2012.
- Elektronik Kompendium (2012b): LTE - Long Term Evolution. Autor: Schnabel, P. URL: <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/1301051.htm>. Abruf: 22/11/2012.
- Elektronik Kompendium (2012c): LTE Advanced. Autor: Schnabel, P. URL: <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/1402271.htm>. Abruf: 23/11/2012.
- Elektronik Kompendium (2012d): Internet-Zugang über Satellit. Autor: Schnabel, P. URL: <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/1207011.htm>. Abruf: 23/11/2012.
- Elektronik Kompendium (2012e): DSM - Dynamic Spectrum Management. Autor: Schnabel, P. URL: <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/1110121.htm>. Abruf: 21/12/2012.
- E-Plus (2012): E-Plus Netzausbau 2012: Endgültig von der Schnellstraße zur Datenautobahn. URL: <http://eplus-gruppe.de/e-plus-netzausbau-2012>. Abruf: 08/11/2012.
- Fornefeld, M., Delaunay, G., Elixmann, D. (2008): The Impact of Broadband on Growth and Productivity. A study on behalf of the European Commission. DG Information Society and Media, MICUS.
- FTTH Council (2007): Fibre to the Home. Advantages of fibre. URL: http://www.broadbandproperties.com/2007issues/feb07issues/ftthprimer_feb.pdf. Abruf: 12/10/2012.
- FTTH Council Europe (2011): Glasfaservernetzung ist der einzig gangbare Weg. Autor: Babaali, N. URL:

<http://www.searchnetworking.de/themenbereiche/design/konvergenz/articles/319000/>. Abruf: 01/12/2012.

FTTH Council Europe (2012): FTTH Handbook. Ausgabe 5. Autoren: Deac, C., Festraets, E., Holden, C. et al. URL: <http://www.ftthcouncil.eu/documents/Reports/FTTH-Handbook-2012-V5.0-German.pdf>. Abruf: 02/12/2012.

Gartner (2009): Højhastighedskomiteen. Vurdering af fremtidens behov for bredbånd. URL: http://www.itst.dk/filer/Publikationer/hoehastighedskomiteen/IDC/Gartner%20rapport%20-%20Fremtidens%20behov%20for%20bredbaand_okt%202009_v1.2.pdf. Abruf: 20/09/2012.

Gebauer, I., Breuninger, C. (2011): Die Bedeutung von Breitband als Standortfaktor für Unternehmen. Fachvortrag, Breitband Schlüssel zur Zukunft, Kreisverwaltung Groß-Gerau Wirtschaftsförderung, 08. Februar 2011. URL: http://www.kreisgg.de/fileadmin/Datencenter/Wirtschaft/Broschueren/indicatus_Vortrag_BB-als-Standortfaktor-Grossgerau_08-02-2010.pdf. Abruf: 24/10/2012.

Gebauer, I., Luley, T., Breuninger, C. (2009): Breitbandzugang als Standortfaktor für Unternehmen im ländlichen Raum Baden-Württembergs. Auswertung einer Unternehmensbefragung. Die Gemeinde (BWGZ). Heft 18/2009.

Heavy Reading (2012): DSL Acceleration: Making it work. White Paper. URL: http://www.alcatel-lucent.com/wps/DocumentStreamerServlet?LMSG_CABINET=Docs_and_Resource_Ctr&LMSG_CONTENT_FILE=White_Papers/HR-Alcatel-Lucent-DSL-Acceleration-WP.pdf. Abruf 09/11/2012.

Hessen IT (2010): Mehr Breitband für Hessen. Studie zur Breitbandversorgung und zum zukünftigen Breitbandbedarf bei hessischen Unternehmen. Autor: Meglio, S. Hrsg.: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung. URL: http://www.breitband-in-hessen.de/mm/Studie_Breitbandumfrage.pdf. Abruf: 10/11/2012.

Holznagel, B. (2009): Breitbandversorgung und gewerblicher Bedarf. URL: http://ikt.nrw.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/Breitband/Leitfaden_Breitbandf%C3%B6rderung/Hinweise_f%C3%BCr_die_Ermittlung_des_k%C3%BCnftigen_Breitbandbedarfs_gewerblicher_Unternehmen.pdf. Abruf: 10/11/2012.

IEEE 802.3 Ethernet Working Group (2012): IEEE Industry Connections Ethernet Bandwidth Assessment. URL: http://www.ieee802.org/3/ad_hoc/bwa/BWA_Report.pdf.
Abruf: 02/12/2012.

Inderst, R., Kühling, J., Neumann, K. et al. (2011): Ökonomische und rechtliche Rahmenbedingungen zum Ausbau und zur Finanzierung von Breitband-Hochleistungsinfrastrukturen in dünn besiedelten Gebieten. Studie für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/studien-ausbau-und-finanzierung-von-breitbandhochleistungsnetzen.pdf>. Abruf: 17/10/2012.

Ingenious Consulting Network (2010): Optimal Investment in Broadband : The Trade-Off Between Coverage and Network Capability. Autor: Kenny, R. In: The Vodafone Policy Paper Series: Developing Government objectives for broadband, Number 10, March 2010. URL: http://www.vodafone.com/content/dam/vodafone/about/public_policy/policy_papers/public_policy_series_10.pdf. Abruf: 28/09/2012.

Initiative D21 (2012): (N)ONLINER Atlas 2012. Basiszahlen für Deutschland. Eine Topographie des digitalen Grabens durch Deutschland: Nutzung und Nichtnutzung des Internets, Strukturen und regionale Verteilung. URL: <http://www.initiaved21.de/wp-content/uploads/2012/06/NONLINER-Atlas-2012-Basiszahlen-f%C3%BCr-Deutschland.pdf>. Abruf: 29/09/2012.

Intel (2005): Excerpts from A Conversation with Gordon Moore: Moore's Law. URL: ftp://download.intel.com/museum/Moores_Law/Video-Transcripts/Excepts_A_Conversation_with_Gordon_Moore.pdf. Abruf: 20/12/2012.

ITU (2003): SPU Mobile Glossary 2003. URL: <http://www.itu.int/osg/spu/imt-2000/SPU%20Mobile%20Glossary%202003.pdf>. Abruf: 14/10/2012.

ITU (2004): ITU-T Recommendation Y.2001: General overview of NGN. URL: http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2001-200412-I!!PDF-E&type=items. Abruf: 01/10/2012.

ITU (2005): About mobile technology and IMT-2000. URL: <http://www.itu.int/osg/spu/imt-2000/technology.html>. Abruf: 14/10/2012.

ITU (2011): Data Explorer – ICT Statistics Database: Fixed (wired)-broadband subscriptions per 100 inhabitants. URL : <http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/explorer/index.html>.
Abruf: 20/12/2012.

- ITU (2012): The Impact of Broadband on the Economy: Research to Date and Policy Issues. URL: http://www.itu.int/ITU-D/treg/broadband/ITU-BB-Reports_Impact-of-Broadband-on-the-Economy.pdf. Abruf: 10/10/2012.
- Katz, R. (2008a): La competencia entre plataformas: teoría y resultados. Editorial Enter, Madrid.
- Katz, R. L., Zenhäusern, P. & Suter, S. (2008b): An evaluation of socio-economic impact of a fiber network in Switzerland. Mimeo, Polynomics and Telecom Advisory Services.
- Katz, R., Suter, S. (2009): Estimating the economic impact of the broadband stimulus plan. Columbia Institute for Tele-Information Working Paper. URL: www.elinoam.com/raulkatz/Dr_Raul_Katz_-_BB_Stimulus_Working_Paper.pdf. Abruf: 09.10.2012.
- Katz, R., Vaterlaus, S., Zenhäusern, P. et al. (2010): The Impact of Broadband on Jobs and the German Economy. In: Intereconomics, Review of European Economic Policy, Volume 45, Number 1, S. 26 – 34. URL: <http://www.intereconomics.eu/archiv/jahr/2010/1/721/>. Abruf: 28/09/2012.
- Keller, A. (2011): Breitbandkabel und Zugangsnetze: Technische Grundlagen und Standards. 2. Auflage. Springer, Berlin.
- Koutroumpis, P. (2009). The Economic Impact of Broadband on Growth: A Simultaneous Approach. In: Journal Telecommunications Policy, Volume 33, Issue 9, S. 471 – 485. Pergamon Press, Tarrytown.
- Kröhnert S., Medicus F., Klingholz R. (2006): Die demografische Lage der Nation. Wie zukunftsfähig sind Deutschlands Regionen? Kurzfassung. URL: http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/Studien/Die_demografische_Lage_der_Nation_Kurzfassung.pdf. Abruf: 07/11/2012.
- Kuhlmann, U. (2012): Wer kauft die 500 OLED-Fernseher? News-Meldung vom 31.10.2012. In: c't magazin. URL: <http://heise.de/-1740920>. Abruf: 01/12/2012.
- Lantiq (2012): G.fast for FTTdp. Autor: Brown, L. Joint ITU/IEEE Workshop on Ethernet – Emerging Applications and Technologies, 22. September 2012, Genf. URL: www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/06/5B/T065B0000320009PPTE.ppt. Abruf: 08/10/2012.

Liebenau, J., Atkinson, R., Kärrberg, P. et al. (2009): The UK's Digital Road to Recovery. URL: <http://ssrn.com/abstract=1396687>. Abruf: 30/09/2012.

LTEmobile (2010): Long Term Evolution: Neue Dimension mobiler Breitbandnutzung – Eine technische Einführung. Autor: Gutt, E. URL: http://www.ltemobile.de/uploads/media/LTE_Einfuehrung_V1.pdf. Abruf: 09/12/2012.

Mansmann, U. (2010): Breiband rasant. In: c't magazin 25/2010. URL: <http://heise.de/-1138076>. Abruf: 30/10/2012.

Media Perspektiven (ARD/ZDF) (2012): Medienbasisdaten – Nutzungsdaten zu Hörfunk, Fernsehen und Internet. URL: <http://www.ard.de/intern/%20medienbasisdaten/-/id=8192/18dpbs0/index.html>. Abruf: 11/11/2012.

Meek, K. (2010): Optimal Investment in Broadband in the UK and elsewhere: The Trade-Off Between Coverage & Network Capability. Paper, International WIK Conference "National strategies for ultrabroadband infrastructure deployment: Experiences and challenges", 26. - 27. April, Berlin.

Moore, G. (1965): Cramming more components onto integrated circuits. In: Electronics Magazine, Volume 38, Number 8, 1965. URL: http://download.intel.com/museum/Moores_Law/Articles-Press_Releases/Gordon_Moore_1965_Article.pdf. Abruf: 20/12/2012.

Motorola (2009): Broadband Bandwidth Trends. Future Directions in Consumer Experiences. Autor: Ulm, J. URL: http://www.penn-york.org/old/presentations/Mot_Future_Directions_SCTE_4-30-09%20v1.pdf. Abruf: 29/09/2012.

Müller, G., Eymann, T., Kreutzer, M. (2003): Telematik- und Kommunikationssysteme in der vernetzten Wirtschaft. Oldenbourg Verlag, München.

Neuhetzki, T. (2010a): Frequenzauktion beendet: E-Plus ohne 800-MHz-Frequenzen. Telekom, o2 und Vodafone mit je zwei Blöcken. In: [teltarif.de](http://www.teltarif.de), 25. Mai 2010. URL: <http://www.teltarif.de/e-plus-lte-frequenzen-auktion-ergebnis/news/38824.html>. Abruf: 10/10/2012.

Neuhetzki, T. (2010b): Deutschland ist (fast) flächendeckend Breitband versorgt. LTE-Ausbau-Vorgaben in Mecklenburg-Vorpommern erfüllt. In: [teltarif.de](http://www.teltarif.de), 08. Oktober 2010. URL: <http://www.teltarif.de/lte-ausbau-mecklenburg-vorpommern-ausbaupflicht/news/48453.html>. Abruf: 10/10/2012.

- Neumann, K. (2012): Ein längeres Leben für das Kupfernetz!? In: WIK-Newsletter Nr. 88, Bad Honnef.
- Nguyen, S., Atrostic, B. (2006): How Businesses Use Information Technology: Insights for Measuring Technology and Productivity. Working Papers 06-15. Center for Economic Studies, U.S. Census Bureau.
- Nielsen, J. (1998): Nielsen's Law of Internet Bandwidth. URL: <http://www.useit.com/alertbox/980405.html>. Abruf: 20/12/2012.
- Petzke, K. (1999): Deutsche Telekom: Startschuss für T-DSL. In: teltarif.de, 17. Juni 1999. URL: <http://www.teltarif.de/arch/1999/kw24/s382.html>. Abruf: 01/10/2012.
- PLAN online (2009): Breitbandatlas 2009_02. Zentrale Ergebnisse. Teil 1 des Berichts zum Breitbandatlas des BMWi. Autor: Apel-Soetebeer, F., Rentmeister, J. URL: <http://www.zukunft-breitband.de/Dateien/BBA/PDF/breitbandatlas-bericht-2009-02.pdf>. Abruf: 12/11/2012.
- Plückebaum, T. (2012): Vectoring als eine Alternative zum Glasfaserausbau? In: WIK-Newsletter Nr. 87, Bad Honnef.
- Qiang, C., Rossotto, C., Kimura, K. (2009): Economic Impacts of Broadband. In: Information and Communications for Development 2009: Extending Reach and Increasing Impact. S. 35 – 50. World Bank, Washington.
- Rincón-Aznar, A., Robinson, C., Vecchi, M. (2006): The Productivity impact of E-Commerce in the UK, 2001: Evidence from microdata. NIESR Discussion Paper No. 257. The National Institute of Economic and Social Research, London. URL: <http://www.niesr.ac.uk/pubs/dps/dp257.pdf>. Abruf: 02/10/2012.
- Roth, J. (2005): Mobile Computing: Grundlagen, Technik, Konzepte. 2. Auflage, dpunkt.verlag, Heidelberg.
- Sachsen (2011): Demografiemonitor Sachsen – Durchschnittsalter der Bevölkerung nach Gemeinden. URL: <http://www.demografie.sachsen.de/monitor/>. Abruf: 21/12/2012.
- Sachsen (2012): Sachsen die Fakten – Forschung und Entwicklung. URL: <http://www.fakten.sachsen.de/6750.htm>. Abruf: 21/12/2012.

Schmoll, S. (2003): TK Dienste über CATV-Netze. Aus alt mach neu: Zustand und Ausbaufähigkeit des Fernsehverteilnetzes BK450. In: NET 5/2003, S. 31 -35. URL: http://www.net-im-web.de/pdf/2003_05s31.pdf. Abruf: 02/10/2012.

SevenOne Media (2012): Navigator Mediennutzung 2012. Autoren: Adler, M., Knuth, I., Neumüller, G. URL: https://www.sevenonemedia.de/c/document_library/get_file?uuid=491b89ce-d0a3-4505-83f9-d849614adb49&groupId=10143. Abruf: 10/12/2012.

Siegmund, G. (2003): Einführung in die Telekommunikation. UTB Verlag, Stuttgart.

Sietmann, R. (2010): Kabel-Zukunft – Internet per TV-Kabel im Aufwind – ganz ohne Glasfaserausbau. In: c't magazin 12/2010. URL: <http://heise.de/-1034135>. Abruf: 09/10/2012.

Sinus Institut (2010): Infoblatt zu den Sinus-Milieus. URL: http://www.sinus-institut.de/fileadmin/dokumente/Infobereich_fuer_Studierende/Infoblatt_Studentenversion_2010.pdf. Abruf: 12/10/2012.

skyDSL (2012): Kein DSL verfügbar? Beratung im skyDSL Tarifvergleich. URL: <http://de.skydsl.eu/index.php?c=tariff&s=advisor>. Abruf: 23/11/2012.

SmartSenior (2012): Intelligente Dienste und Dienstleistungen für Senioren. URL: http://www.izm.fraunhofer.de/content/dam/izm/de/documents/News-Events/News/2012/SmartSenior%20Projektreport_2012-09-07_final.pdf. Abruf: 12/11/2012.

Smith, D.R. (2003): Digital Transmission Systems. 3. Auflage, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012a): Bevölkerung des Freistaates Sachsen am 31. Dezember 2010 und 2011 nach Kreisfreien Städten und Landkreisen. URL: <http://www.statistik.sachsen.de/html/426.htm>. Abruf: 20/12/2012.

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012b): Modellrechnung zur Entwicklung der privaten Haushalte. URL: <http://www.statistik.sachsen.de/html/673.htm>. Abruf: 21/12/2012.

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012c): Auswertung aus dem sächsischen Unternehmensregister. URL:

http://www.statistik.sachsen.de/download/100_Berichte-D/D_II_1_j12_SN.pdf. Abruf: 21/12/2012.

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012d): In 2010 aktive Betriebe nach Wirtschaftsbereichen und Beschäftigtengrößenklassen. URL: <http://www.statistik.sachsen.de/html/714.htm>. Abruf: 21/12/2012.

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012e): Lebenserwartung Neugeborener im Freistaat Sachsen bis 2011. URL: http://www.statistik.sachsen.de/download/010_GB-Bev/02_03_07_graf.pdf. Abruf: 21/12/2012.

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012f): Veränderung der Bevölkerung 2025 gegenüber 2011 nach Kreisfreien Städten und Landkreisen. URL: <http://www.statistik.sachsen.de/html/428.htm>. Abruf: 20/12/2012.

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012g): Bevölkerungsentwicklung im Freistaat Sachsen 1990 bis 2011. URL: http://www.statistik.sachsen.de/download/010_GB-Bev/02_02_04_tab.pdf. Abruf: 20/12/2012.

Sweney, M. (2011): BBC to debut Super Hi Vision during London Olympics. In: Guardian, 28. August 2011. URL: <http://www.guardian.co.uk/media/2011/aug/28/bbc-super-hi-vision-olympics>. Abruf: 01/12/2012.

Telefónica (2012): Ready for high-speed surfing on the go: Telefónica Germany starts mobile LTE. Autoren: Schuster, R., Rampling, P. Presseinformationen, 20. Juni 2012. URL: http://www.telefonica.de/ext/filemanager/spool_public/application_pdf/1/27277/1/1/20120620-Presentation-o2-LTE-4G-Rene-Schuster-Peter-Rampling-Telefonica-Germany.pdf. Abruf: 01/11/2012.

Teltarif (2012): FTTH: Funktionsweise und Vorteile von Glasfaser-Lösungen: Von der Straße in den Keller in die Wohnung. URL: <http://www.teltarif.de/internet/glasfaser/ftth.html>. Abruf: 19/11/2012.

Thompson, H., Garbacz, C. (2008): Broadband Impacts on State GDP: Direct and Indirect Impacts. URL: <http://www.imaginar.org/its2008/62.pdf>. Abruf: 02/10/2012.

Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (2011): Masterplan Breitbandausbau Thüringen. Autoren: Scholland, R., Kaßbohm, R., Thomas, F. et al. URL:

<http://www.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload1222.pdf>. Abruf: 03/1/2012.

TÜV Rheinland Consulting (2011a): Bericht zum Breitbandatlas Ende 2011 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Teil 1: Ergebnisse. URL: <http://bmwi.de/Dateien/BBA/PDF/breitbandatlas-bericht-ende-2011-teil-1.pdf>. Abruf: 10/11/2012.

TÜV Rheinland Consulting (2011b): Bericht zum Breitbandatlas Ende 2011 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Teil 2: Methode. URL: <http://bmwi.de/Dateien/BBA/PDF/breitbandatlas-bericht-ende-2011-teil-2.pdf>. Abruf: 10/11/2012.

United Internet Media (2010): Marktforschung zu Kundenerwartungen an Breitband der Zukunft. NGA-Forum der Bundesnetzagentur. Autor: Hoffmann, R. URL: http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/NGAForum/7teSitzung/Hoffmann_NGAForum_20101103.pdf. Abruf: 13/10/2012.

Waverman, L. (2009): Economic Impact of Broadband: An Empirical Study. LECG, London. URL: http://www.connectivityscorecard.org/images/uploads/media/Report_BroadbandStudy_LECG_March6.pdf. Abruf: 25/10/2012.

WIK (2006): Potentiale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen. Projekt Nr. 22/05. Endbericht. Autoren: Büllingen, F., Stamm, P. Projekt Nr. 22/05. Bad Honnef.

WIK (2008): Breitband für jedermann – Infrastruktur für einen innovativen Standort. Studie für das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz. Autoren: Büllingen, F., Stamm, P. Bad Honnef.

WIK (2009): Optionen des Netzzugangs bei Next Generation Access. Autoren: Jay, S., Illic, D., Plückebaum, T. In: WIK Diskussionsbeitrag Nr. 332, Bad Honnef.

WIK (2011a): Analytisches Kostenmodell für das Breitbandnetz. Version 2.1. Studie für die BnetzA. Autoren: Hackbarth, K., Kulenkampff, G., Plückebaum, T. Bad Honnef.

WIK (2011b): Mittelfristige Marktpotenziale im Kontext der Nachfrage nach hochbitratigen Breitbandanschlüssen in Deutschland. Autoren: Doose, A., Monti, A., Schäfer, R. In: WIK Diskussionsbeitrag Nr. 358, Bad Honnef.

Die Professur für Kommunikationswirtschaft beschäftigt sich mit ökonomischen und regulatorischen Aspekten von Telekommunikation, IT, Internet und Medien. Diese Märkte bedürfen aufgrund ihrer dynamischen Entwicklung und des hohen Innovationspotentials einer permanenten wissenschaftlichen Begleitforschung. Im Fokus von Lehre und Forschung stehen daher nationale und internationale Telekommunikationsmärkte mit Festnetz, Mobilfunk, Rundfunk, Breitband sowie den Angeboten im Internet. Im Kontext des verkehrswissenschaftlichen Umfelds konzentriert sich die Professur darüber hinaus auf die Verknüpfung von Informationswirtschaft und Mobilitätsdiensten.

Methodische Schwerpunkte:

- Gesetzmäßigkeiten der Netzwerkökonomie
- Angebots- und Nachfragestrukturen auf Kommunikationsmärkten
- Strategieentwicklung auf Basis von Marktfunktionsmodellen (Markteintritts- und Positionierungsstrategien)
- Adoptions- und Innovationsmechanismen
- Geschäftsmodelle und Wirtschaftlichkeitsrechnungen (Business Pläne und Cases)
- Marketing und Marktforschung, insbesondere für IuK-Dienstleistungen
- Kundenzufriedenheit und Kundenbindung
- Liberalisierung und Regulierung in der Telekommunikation

Kontakt:

TU Dresden

Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“

Institut für Wirtschaft und Verkehr

Professur für Kommunikationswirtschaft

Würzburger Str. 35

01187 Dresden

Tel.: + 49 351 463 36821

Fax: + 49 351 463 36854

E-Mail: kommunikationswirtschaft@mailbox.tu-dresden.de

www.kommunikationswirtschaft.tu-dresden.de

In der Bereitstellung von breitbandigen Internetanschlüssen liegt eine der großen aktuellen und zukünftigen Infrastrukturherausforderungen. Die positiven volkswirtschaftlichen Effekte und die hohe Nachfrage der Bevölkerung sprechen für einen zügigen Ausbau von Breitbandnetzen.

Der vorliegende Forschungsbericht setzt sich mit der Frage auseinander, welche breitbandigen Dienste im Prognosezeitraum bis zum Jahr 2030 am Markt existieren werden und wie deren Adoption durch Internetnutzer in Sachsen verlaufen wird. Darüber hinaus wird aufgezeigt, auf welche Art und Weise die Deckungslücke zwischen Breitbandinfrastruktur und ermitteltem Bedarf unter einem technologieutralen Blickwinkel geschlossen werden kann.

Die Studie gliedert sich in folgende Arbeitsschwerpunkte:

- Volkswirtschaftliche Aspekte der Breitbandversorgung
- Technologievergleich und Zukunftsfähigkeit
- Status Quo genutzter Internetanschlüsse
- Wunsch nach höherer Bandbreite und Nachfragetreiber
- Hinderungsgründe und Zahlungsbereitschaft
- Prognose des zukünftigen Dienstspektrums
- Abschätzung des Bandbreitenbedarfs für zukünftige Dienste
- Entwicklung von Bandbreiten
- Adoption und Akzeptanz von neuen Diensten
- Technologie- und Breitbandverfügbarkeit Sachsen
- Entwicklung der Preis-Leistungsverhältnisse
- Handlungsoptionen zur Behebung der Deckungslücke