

Geschichte des Breitbandausbaus in Leipzig. Akteure, Strukturen, Prozesse

Carl Alexander Munkwitz

Seminararbeit im Interdisziplinären Lehrangebot
des Instituts für Informatik

Leitung: Prof. Hans-Gert Gräbe, Ken Pierre Kleemann

<http://bis.informatik.uni-leipzig.de/de/Lehre/Graebe/Inter>

Leipzig, 30.09.2018

Inhaltsverzeichnis

Begriffsklärung und Technologien.....	3
Breitband.....	3
DSL-Technologien (Kupferdoppelader).....	4
HFC-Technologien (Koaxialkabel).....	5
Glasfasertechnologien (FTTB/FTTH).....	5
Funktechnologien.....	6
Frühere Akteure.....	6
Telekom.....	6
Kabel Deutschland.....	7
hl-komm.....	7
Primacom.....	8
Heutige Akteure.....	8
Telekom.....	8
Vodafone Kabel Deutschland.....	9
Pýur.....	9
Politisches Vorhaben, Handeln, Förderungen.....	9
Digitale Agenda 2020.....	9
Digitale Strategie 2025.....	13
Förderung zur Unterstützung des Breitbandausbaus in der BRD.....	16
Digitale Offensive Sachsen.....	16
Kommunales Breitbandnetz: Beispiel Grimma.....	19
Heutige Situation in Leipzig und Ziele.....	19
Allgemeines und Verlauf.....	19
Beispiel: Hohenheida.....	20
Beispiel: Großschocher.....	20
Ziele.....	21
Zusammenfassung.....	21
Literaturquellenverzeichnis.....	22
Abbildungsverzeichnis.....	24
Eidesstattliche Erklärung.....	25

Begriffsklärung und Technologien

Für einen breitbandigen Netzzugang gibt es zurzeit in Deutschland vier Technologiegruppen. Das sind DSL, Kabelnetze, Glasfaser und Funk. Innerhalb der Providernetze wird immer Glasfaser genutzt.¹ Dieses Kernnetz wird auch Backbone genannt und wird als „leistungsstarkes glasfaserbasiertes Kernnetz, das jedoch – im Gegensatz zum Zugangsnetz – nicht bis zum Endkunden reicht“², definiert.

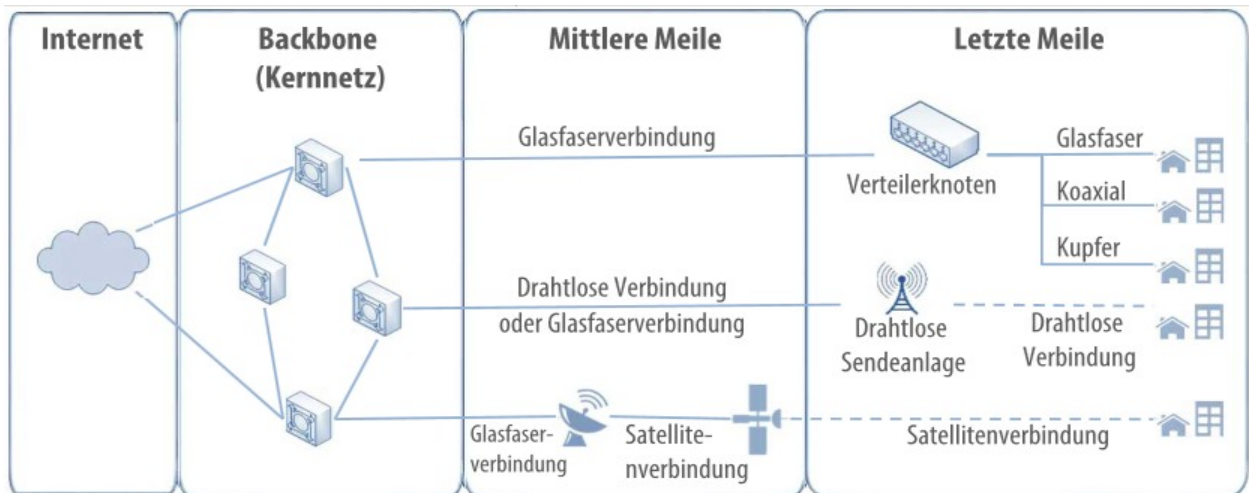


Abbildung 1: Segmente eines Breitbandnetzes

Voranehend versuche ich aber den Begriff „Breitband“ zu definieren, bevor ich mich genauer mit den einzelnen Technologien beschäftige.

Breitband

„Begriff der Nachrichtentechnik. Bezeichnet i.d.R. Übertragungskanäle mit einer hohen Übertragungsgeschwindigkeit. Als Datenübertragung im Breitband bezeichnet man die gleichzeitige und unabhängige Übertragung mehrerer Nachrichten über ein Medium.“³

„Ein Breitband-Internetzugang (auch Breitbandzugang, Breitbandanschluss) ist ein Zugang zum Internet mit verhältnismäßig hoher Datenübertragungsrate von einem Vielfachen der Geschwindigkeit älterer Zugangstechniken wie der Telefonmodem- oder ISDN-Einwahl, die im Unterschied als Schmalbandtechniken bezeichnet werden.“⁴

1 Fraunhofer Fokus: Netzinfrastrukturen für die Gigabitgesellschaft, S. 77

2 BMVI: Lokalmediengipfel Breitbandausbau – Glossar Breitband

3 Gabler Wirtschaftslexikon - „Breitband“

4 Wikipedia - Breitband-Internetzugang

Allgemein kann man also sagen, dass ein Breitbandnetz ein Telekommunikationsnetz ist, dass auf einer paketvermittelnden Architektur basiert. Das Netz ist unabhängig von dem Übertragungsmedium und der Anschlusstechnologie.⁵ Außerdem ist die Übertragungsgeschwindigkeit hoch. Wie hoch die Übertragungsgeschwindigkeit eines Breitbandanschlusses sein muss, wird aber unterschiedlich definiert. So legte die Federal Communications Commission für die USA 2015 fest, dass ein Breitbandanschluss eine Downloadgeschwindigkeit von mindestens 25MBit/s und eine Uploadgeschwindigkeit von mindestens 3MBit/s haben muss.⁶ 2009 legte die deutsche Bundesregierung in ihrer Breitbandstrategie als Definition für Breitband eine Übertragungsrate von mindestens 1 MBit/s fest.⁷

DSL-Technologien (Kupferdoppelader)

Für eine Internetversorgung wurden viele Technologien entwickelt, um die verdrillten Kupferdoppeladern, die schon für die analoge Telefonie gelegt wurden, zu nutzen. Dazu gehören ISDN, ADSL, VDSL1 und VDSL2. Höhere Datenübertragungsraten können durch die Verkürzung der Strecke vom Verteilerknoten zum Telefonanschluss in der Wohneinheit, der sogenannten Teilnehmeranschlussleitung oder auch der „letzten Meile“, gewährleistet werden. In Deutschland ist der FTTC (Fiber-to-the-curb) -Ausbau weit fortgeschritten. Das bedeutet, dass bis zum Kabelverzweiger eine Glasfaserleitung liegt, und von dort jedes Haus und jede Wohnung mittels Kupferadern erreicht wird. Je kürzer die mittels Kupferadern ausgebaute „letzte Meile“ ist, umso höher ist die Datenübertragungsrate.⁸

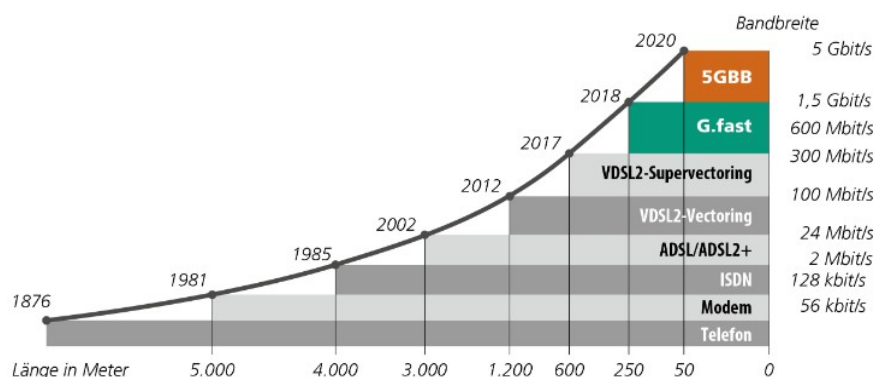


Abbildung 2: Entwicklung und Prognosen der DSL-Technologien

5 Stopka, Pessier, Flößel: Breitbandstudie Sachsen 2030, S. 27

6 FCC: FCC finds U.S. broadband deployment not keeping pace

7 Breitbandstrategie der Bundesregierung: Kräfte bündeln für Deutschlands Zukunft, S. 1

8 Fraunhofer Fokus: Netzinfrastrukturen für die Gigabitgesellschaft, S. 78 ff.

HFC-Technologien (Koaxialkabel)

Die Koaxialkabel wurden ursprünglich für die Übertragung des analogen Fernsehens verlegt. Die Übertragung auf dem Netz aus Koaxialkabeln wurde digitalisiert, erweitert und mit einem Rückkanal ausgestattet, der für eine Internetübertragung wichtig ist. Dies war notwendig, da das Fernsehen als Broadcast nur eine unidirektionale Übertragung benötigt hat, während das Internet auf einer bidirektionalen Kommunikation beruht. Koaxialkabel sind leistungsfähig, da sie gut abgeschirmt vor Störungen sind. Durch elektrische Verstärker ist die Datenübertragungsrate nicht so stark von der Leitungslänge abhängig, wie bei den DSL-Technologien. Auch beim HFC besteht das Netz nicht nur aus Koaxialkabeln, sondern auch bis auf die „letzte Meile“ aus Glasfasern. Die Übertragungsraten profitieren von der Umwidmung von Frequenzbereichen, die durch die Abschaltung von Radio- und Fernsehübertragungen frei werden. Der Nachteil an dieser Technologie ist, dass sich die Endkunden, die in Clustern zusammengefasst werden, die dort zur Verfügung stehende Bandbreite teilen müssen.⁹

Glasfasertechnologien (FTTB/FTTH)

Glasfasernetze sind die leistungsfähigste und zukunftssicherste Möglichkeit des Breitbandanschlusses. Sie ermöglichen sehr hohe Datenübertragungsraten und haben keine Längenbeschränkung. Sie sind unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störungen und sehr energieeffizient.¹⁰ Entweder sind die Glasfaserleitungen bis zum Verteilkasten im Keller des Gebäudes gelegt (FTTB – Fiber-to-the-building) oder sie reichen bis in die Wohneinheit (FTTH – Fiber-to-the-home).¹¹ Innerhalb der Glasfaser basiert die Übertragung auf Licht- und nicht wie bei Kupferleitungen oder Koaxialkabeln auf elektrischen Signalen. Die Nachteile an Glasfaserleitungen sind der hohe Anschaffungspreis, eine höhere Empfindlichkeit gegenüber mechanischen Belastungen und die Neuanschaffung, da Glasfaserleitungen neu gelegt werden müssen und nicht wie Koaxialkabel und Kupferleitungen schon anliegen und weitergenutzt werden können.¹²

9 Fraunhofer Fokus: Netzinfrastrukturen für die Gigabitgesellschaft, S. 80

10 Fraunhofer Fokus: Netzinfrastrukturen für die Gigabitgesellschaft, S. 81

11 Elektronik-Kompodium: Glasfaser-Netzarchitektur

12 Wikipedia - Glasfasernetz

Funktechnologien

Als wichtigste Funktechnologien sind die Übertragung über einen Satelliten und der Mobilfunk zu nennen. Beim Mobilfunk werden Daten von Mobilfunkstationen gesendet und empfangen. Diese Mobilfunkstationen sind dann, meistens mittels Glasfaserleitungen, an das Backbone angebunden. So kann man auch ländliche Gebiete, bei denen sich ein Festnetzanschluss wirtschaftlich nicht lohnen würde, mit schnellem Internet versorgen. Vor allem der neu entwickelte 5G-Standard wird hohe Datenübertragungsraten bieten können. Nachteile sind hierbei, dass nicht überall genügend Mobilfunkstationen sind und dass die Datenübertragungsrate sinkt, je mehr Geräte mit einer Station kommunizieren und je weiter sie von dieser Station entfernt ist. Die Datenübertragung über einen Satelliten ist fast überall in Deutschland möglich, benötigt aber spezielle Hardware beim Endkunden. Außerdem ergibt sich eine hohe Latenzzeit. Deshalb ist die Satellitentechnik nur eine Ergänzungstechnologie für Regionen, die sonst gar keinen Breitbandanschluss hätten.¹³

Frühere Akteure

Nachdem wir uns jetzt die verschiedenen technologischen Möglichkeiten eines Breitbandanschlusses angesehen haben, legen wir den Fokus auf Leipzig. Dort gab es früher vier Unternehmen, die das Leipziger Kabelnetz ausgebaut haben, die Telekom, Kabel Deutschland, hl-komm und Primacom.¹⁴

Telekom

1989 entstand die Deutsche Bundespost Telekom durch eine Aufspaltung der Deutschen Bundespost.¹⁵ Dabei erhielt das „öffentliche Unternehmen“ alle in der damaligen BRD gelegten Kabelnetze und Telefonnetze. Durch §27 des Einigungsvertrags wurde 1990 die Deutsche Post der DDR in die drei Teilunternehmen der ehemaligen Deutschen Bundespost eingegliedert. So erhielt die Deutsche Bundespost Telekom auch das Kabel- und Telefonnetz auf dem Gebiet der DDR.

„Das Eigentum und alle sonstigen Vermögensrechte, die zum Sondervermögen Deutsche Post gehören, werden Vermögen der Bundesrepublik Deutschland. Sie

13 Fraunhofer Fokus: Netzinfrastrukturen für die Gigabitgesellschaft, S. 82 ff.

14 Gräbe: Anmerkungen zu „Die deutsche Bundesregierung und ihre Digitalpolitik“

15 Wikipedia – Deutsche Bundespost

werden mit dem Sondervermögen Deutsche Bundespost vereinigt. Dabei gehen mit den Vermögensrechten gleichzeitig die mit ihnen im Zusammenhang stehenden Verbindlichkeiten und Forderungen auf das Sondervermögen Deutsche Bundespost über.“¹⁶

Die Deutsche Telekom AG entstand 1995 durch die Privatisierung, die durch die zweite Postreform angestoßen wurden, aus der Deutschen Bundespost Telekom. 1998 trat ein Telekommunikationsgesetz in Kraft, welches der Deutschen Telekom AG das staatlich garantierte Monopol für den Telefondienst entzog und einen Wettbewerb und Chancengleichheit für alle Wettbewerber forderte.¹⁷ Bis 2003 verkaufte die Telekom ihr Kabelfernsehnetz an andere private Unternehmen, da sie sich der Forderung im Rahmen der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes und auf Druck der EU beugte.¹⁸

Kabel Deutschland

Kabel Deutschland entstand 2003 durch den Verkauf der Kabelnetze der Telekom. Eine Investorengruppe erwarb sechs Regionalgesellschaften und fasste sie in der Kabel Deutschland Gruppe zusammen. Im Dezember des gleichen Jahres gab es in Berlin ein Pilotprojekt, um Internetzugang über das Fernsehkabel zu ermöglichen. 2004 wurde das Projekt auf vier weitere Städte, darunter auch Leipzig, ausgeweitet. 2014 wurde Kabel Deutschland durch Verkauf ein Tochterunternehmen von Vodafone. 2015 wurde der Name Kabel Deutschland abgelegt.¹⁹

hl-komm

2000 entstand die hl-komm durch eine Fusion von drei lokalen Kabelnetzbetreibern. Zwei davon kamen aus Halle und einer aus Leipzig. Ab 2007 gehörte die hl-komm zu 100% den Stadtwerken Leipzig und war damit ein kommunaler Kabelnetzbetreiber. 2010 besaß das Unternehmen ein 1800km langes Glasfasernetz in Leipzig, Halle, Dresden, Chemnitz, Erfurt und Magdeburg²⁰ und erwirtschaftete jahrelang Gewinne. 2012 wurde es nach langen und emotional geführten Diskussionen privatisiert und an die pepcom verkauft mit der Begründung des Schuldenabbaus der

16 Einigungsvertrag §27 Sondervermögen Deutsche Post

17 Wikipedia – Deutsche Bundespost

18 Wikipedia – Kabelfernsehnetz

19 Wikipedia – Vodafone Kabel Deutschland

20 Internetanbieter.de - hl-komm

Stadtwerke und des funktionierenden Wettbewerbs der Telekommunikationsunternehmen in Leipzig. Seit 2015 gehört die hl-komm zu Tele Columbus und seit 2018 zu Pjür.²¹

Primacom

Primacom wurde durch eine Zusammenlegung von Kabelmedia und Süweda 1998 gegründet und hatte seine Kerngebiete in den östlichen Bundesländern und im Dreieck Hessen, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Nachdem die Kabelnetze in den westlichen Bundesländern 2008 und 2010 verkauft wurden, wurde das alleinige Kerngebiet auf die östlichen Bundesländer und der Sitz nach Leipzig verlegt. 2015 wurde die Primacom von Tele Columbus übernommen. Seit 2017 sind die Unternehmen in Pjür zusammengefasst.²²

Heutige Akteure

Wie man sehen kann, hat sich bei den Unternehmen, die in das Leipziger Breitbandnetz investierten, durch Verkäufe und Übernahmen einiges verändert. Deshalb stelle ich nun die heutigen Internetanbieter vor.

Telekom

Die Telekom setze nach dem Verkauf ihrer Kabelnetze auf DSL und dessen Weiterentwicklung. Durch Vectoring und Super-Vectoring können Downloadraten von 250 MBit/s und Uploadraten von 40 MBit/s erreicht werden.²³ Die Telekom will verstärkt auch in Glasfasernetze investieren. Wie man sieht, verliert die Telekom zurzeit aber Kunden an Kabelnetzbetreiber.

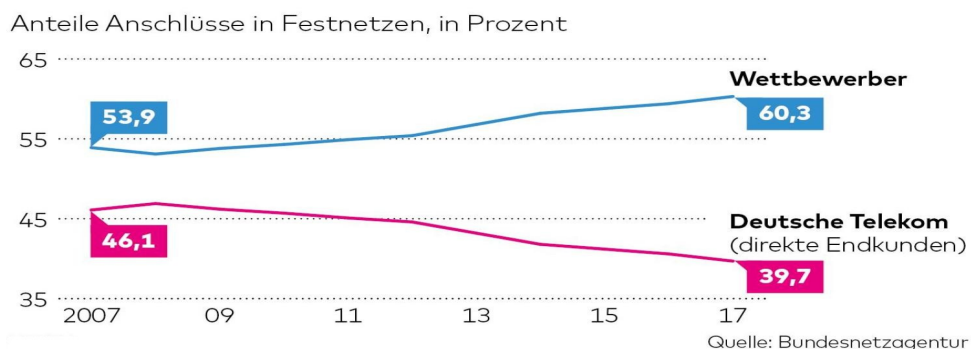


Abbildung 3: Deutsche Telekom verliert im Breitbandsektor an Kunden

21 Leipzig-Netz – hl-komm

22 Wikipedia – Primacom

23 Telekom - Supervectoring

Vodafone Kabel Deutschland

Vodafone Kabel Deutschland hat in Leipzig ein großes Kabelnetz. Anfang August 2018 wurden alle analogen Signale abgeschaltet, um mehr Frequenzen für das Kabelinternet zu erhalten.²⁴ Im nächsten dreiviertel Jahr will Vodafone Kabel Deutschland durch eine neue Technologie einem Fünftel aller Haushalte einen Internetanschluss mit 1000MBit/s als Downloadrate anbieten.²⁵ In den Wohnungen der LWB wird beispielsweise Internet über Kabel von Vodafone angeboten.

Pÿur

Auch Pÿur, das 22 Einzelmarken der Tele Columbus Gruppe vereinigt, besitzt Kabelnetz in Leipzig. Das Unternehmen versorgte im April 2018 damit 102000 Leipziger Haushalte. Außerdem ist die Stadt auch, neben Berlin, der zweite Hauptsitz der Gruppe. In der Talstraße wird zurzeit eine neue Firmenzentrale gebaut.²⁶ Pÿur wird beispielsweise in den Wohnungen der Unitas-Wohnungsgesellschaft angeboten.

Politisches Vorhaben, Handeln, Förderungen

Natürlich wird der Breitbandausbau aber nicht ausschließlich von Telekommunikationsanbietern vorangetrieben. Die Bundesregierung und das Land Sachsen haben für den Breitbandausbau verschiedene Handlungskonzepte erstellt, die auch Leipzig betreffen.

Digitale Agenda 2020

Die „Digitale Agenda 2020“ wurde von dem Bundesinnenministerium, dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2014 veröffentlicht. Sie gibt Leitfäden und Grundsätze der Digitalpolitik vor, aus denen Entwicklungsmöglichkeiten abgeleitet werden können. Sie stellt fest, dass „ein leistungsstarkes und offenes Internet [...] flächendeckend den Zugang zur digitalen Welt“ eröffnet.²⁷ Die „Digitale Agenda 2020“ verspricht jedem Bürger bis 2018 einen Internetanschluss mit einer

24 LVZ: Vodafone stellt Leipziger Kabelnetz Anfang August um

25 Welt: Vodafone greift Telekom mit Gigabit-Offensive an

26 LVZ: Kabelnetz-Betreiber Tele Columbus baut in Leipzig Zentrale für 470 Mitarbeiter

27 Bundesregierung: Digitale Agenda 2020, S. 3

Downloadgeschwindigkeit von mindestens 50MBit/s.

„Die Bundesregierung bekennt sich zur Notwendigkeit flächendeckend verfügbarer leistungsstarker Breitbandnetze. Sie sind die Voraussetzung für gleichwertige Lebensverhältnisse und eine umfassende Teilhabe an den Chancen der Digitalisierung, die neue Handlungs-, Gestaltungs- und Qualifizierungsmöglichkeiten für alle Menschen eröffnet.“²⁸

„Deshalb braucht unser Land flächendeckend Hochgeschwindigkeitsnetze. Das Ziel der Bundesregierung ist es, dass mittels eines effizienten Technologiemicx eine flächendeckende Breitbandinfrastruktur mit einer Downloadgeschwindigkeit von mind. 50 Mbit/s bis 2018 entsteht. Damit schaffen wir zugleich die Voraussetzung für gleichwertige Lebensbedingungen in Stadt und Land.“²⁹

Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass die Bundesregierung vorgibt, dieses Ziel mit einem Technologiemicx zu erreichen. DSL und Breitband sind hierfür zwar günstiger und es ist durchaus möglich Downloadraten von 50 MBit/s mit diesen Technologien zu erreichen, aber trotzdem wäre der Ausbau mittels Glasfasertechnologie der deutlich zukunftssicherere Weg. Beachtlich ist auch, dass die Bundesregierung auf einen flächendeckenden Ausbau zielt, da somit auch sich wirtschaftlich nicht lohnende Gebiete, wenn nötig mit Förderprogrammen, erschlossen werden müssen. Im Rahmen der „Digitalen Agenda 2020“ wurde die sogenannte Netzallianz Digitales Deutschland gegründet.

„Die Netzallianz Digitales Deutschland, eine von Bundesminister Alexander Dobrindt initiierte Initiative aus Telekommunikationswirtschaft und Politik, hat sich zum Ziel gesetzt, dass Deutschland bis Ende 2025 über die notwendige Infrastruktur für den Einsatz von Gigabit-Anwendungen verfügt.“³⁰

„Die Netzinfrastrukturen der Gigabit-Gesellschaft müssen den Transport massiv anwachsender Datenmengen ermöglichen. Hierfür werden auch im Anschlusssegment Übertragungsraten von einem bis zu mehreren Gigabit/s erforderlich.“³¹

Die Netzallianz Deutschland setzt sich als Ziel bis 2025 den deutlichen Ausbau des Breitbandnetzes.

28 Bundesregierung: Digitale Agenda 2020, S. 3

29 Bundesregierung: Digitale Agenda 2020, S. 9

30 Netzallianz Digitales Deutschland: Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland, S. 6

31 Netzallianz Digitales Deutschland: Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland, S. 6

Im Gegensatz zu den Zielen der „Digitalen Agenda 2020“ bekommt die Glasfasertechnologie hier eine erhöhte Beachtung. Trotzdem nehmen die Akteure sich nicht vor, ausschließlich auf die Glasfasertechnologie zu setzen.

„Um diesen Markt der Gigabit-Anwendungen zu entwickeln und optimal zu unterstützen, ist unabhängig von der jeweils eingesetzten Anschlussstechnologie ein massiver Ausbau von Glasfaserleitungen unerlässlich.“³²

„Bis Ende 2025 wollen wir eine gigabitfähige konvergente Infrastruktur in Deutschland. Wir fördern die Gigabit-Gesellschaft. Der Begriff „Gigabit-Gesellschaft“ beschreibt eine hochvernetzte Gesellschaft.“³³

Die Netzallianz bekennt sich eindeutig zur Glasfasertechnologie. Auch wird festgelegt, dass der Wettbewerb weiterhin im Vordergrund stehen soll. Der Staat soll trotzdem Anreize und Fördermaßnahmen schaffen, um den Ausbau in wirtschaftlich ungünstigen Gebieten zu unterstützen.

„Schon heute muss der Ausbau von gigabitfähigen glasfaserbasierten Netzen vorangetrieben werden. An erster Stelle stehen dabei Anreize für zusätzliche privatwirtschaftliche Netzinvestitionen im Wettbewerb. Der Bund wird daher ein Umfeld schaffen, in dem TK-Unternehmen Ihre Investitionen bedarfsgerecht erhöhen können. Kooperationen können den Ausbau von Gigabit-Netzen zusätzlich voranbringen. [...] Schließlich gibt es Gebiete, in denen Wettbewerb alleine nicht zum Ausbau neuer Netze führt. Hier müssen Förder- und andere Unterstützungsmaßnahmen greifen.“³⁴

„Die in der Netzallianz repräsentierten Unternehmen wirken im Rahmen der Breitbandförderung daran mit, dass staatlich geförderte Projekte den privaten Ausbau sinnvoll ergänzen und hierzu unterversorgte Gebiete möglichst präzise abgegrenzt werden können. [...] Zusätzlich zu den bereits initiierten Maßnahmen wird der Bund weitere Maßnahmen auf den Weg bringen, um den Aufbau der Gigabit-Netze substantiell zu unterstützen.“³⁵

32 Netzallianz Digitales Deutschland: Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland, S. 7

33 Netzallianz Digitales Deutschland: Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland, S. 9

34 Netzallianz Digitales Deutschland: Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland, S. 11

35 Netzallianz Digitales Deutschland: Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland, S. 19

In der „Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland“ werden die Investitionskosten des Staates für den Breitbandausbau auch eindeutig beziffert. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur stellt sich klar hinter die Förderungen. Dabei werden aber auch Forderungen an die Unternehmen gestellt. Die Unternehmen versprechen auch mehr Geld für den Breitbandausbau in die Hand zu nehmen.

„Im Rahmen eines Gesamtkonzepts wird die nationale Förderkulisse so ausgestattet werden, dass der Aufbau gigabitfähiger konvergenter Netze substantiell unterstützt werden kann. Das BMVI strebt daher an, die Investitionen des Bundes in die digitale Infrastruktur ab dem Jahr 2018 bei 10 Prozent der Bundesnettoinvestitionen zu verstetigen. Dies bedeutet konkret die Bereitstellung von Bundesfördermitteln in Höhe von rund 3 Mrd. Euro pro Jahr ab 2018. Gemeinsames Ziel der Netzallianz ist es, dass die Unternehmen mit Unterstützung des Bundes im Zeitraum 2014 bis 2023 100 Milliarden Euro in den Netzausbau investieren, um bis 2025 gigabitfähige konvergente Netze zu realisieren.“³⁶

„Wir werden unser finanzielles Engagement ausbauen. Die in der Netzallianz repräsentierten Unternehmen haben in 2015 und 2016 wie angekündigt jeweils 8 Mrd. EUR in den Breitbandausbau investiert. Ab 2017 werden sie ihre Investitionen bedarfsgerecht steigern. Der Bund stellt bislang insgesamt 4 Mrd. EUR durch flankierende Fördermaßnahmen bereit. Nach den bisherigen Erfahrungen mit dem Bundesförderprogramm werden dadurch Investitionen von annähernd 10 Mrd. EUR in Gebieten ausgelöst, in denen ein Ausbau der Unternehmen wegen fehlender Wirtschaftlichkeit absehbar nicht erfolgen kann. Technologie- und Anbieterneutralität werden gewahrt, Wettbewerbsverzerrungen und Mitnahmeeffekte vermieden. Der Bund wird angesichts der Bedeutung der digitalen Infrastruktur für die Zukunfts- und Innovationsfähigkeit Deutschlands die Fördermittel bedarfsgerecht weiter erhöhen.“³⁷

Den Fahrplan für den Ausbau stellt sich die Netzallianz wie folgt vor. Im ersten Schritt soll allen Haushalten eine Downloadgeschwindigkeit von mindestens 50 MBit/s bis 2018 zur Verfügung stehen. Alle neugebauten Wohngebiete sollen mit FTTB oder FTTH angeschlossen werden. In Phase 2 sollen alle unterversorgten Gewerbegebiete bis 2019 mit Glasfasertechnologie ans

36 Netzallianz Digitales Deutschland: Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland, S. 19

37 BMVI: Eckpunkte Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland

Internet angeschlossen werden. Die dritte Phase ist die Schaffung der Voraussetzung für ein flächendeckendes 5G bis 2020. In der vierten Phase soll bis 2025 eine gigabitfähige Infrastruktur geschaffen worden sein.³⁸ Im DigiNetz-Gesetz werden durch die Ausbaupflicht die Voraussetzungen dafür geschaffen. Bei jedem öffentlich finanzierten Verkehrsprojekt, dessen geplante Dauer um acht Wochen überschritten wird, muss bedarfsgerecht Glasfaserkabel mitverlegt werden. Auch bei der Erschließung von Neubaugebieten muss Glasfaserkabel verlegt werden. Bei umfangreichen Renovierungen an Gebäuden müssen Leitungen, die einen schnellen Datentransport zulassen, vom Netzabschlusspunkt zu den Zugangspunkten in den Wohnungen eingebaut werden.³⁹

Digitale Strategie 2025

2016 veröffentlichte das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie die „Digitale Strategie 2025“. Darin werden ernüchternd erste Schlüsse gezogen.

„Deutschland hat kein schnelles Internet. [...] Die durchschnittliche Übertragungsgeschwindigkeit in Deutschland betrug im zweiten Quartal 2015 rund 10,7 Mbit/s, die Spitzenübertragungsraten lagen bei 46,8 Mbit/s. Nur etwa 15 Prozent der genutzten Internetzugänge erreichen in Deutschland Übertragungsraten von mehr als 15 Mbit/s. Lediglich für 7 Prozent der Haushalte steht ein Glasfaseranschluss zur Verfügung und nur gut 1 Prozent der Breitbandkunden nutzt in Deutschland einen solchen Anschluss.“⁴⁰

Nach dieser Bestandsaufnahme wird darauf hingewiesen, dass man nun so schnell wie möglich beginnen muss, das Glasfasernetz auszubauen.

„Hochleistungsfähige Breitbandnetze sind Basis und Treiber der Digitalisierung und damit für die digitale Zukunftsfähigkeit Deutschlands unverzichtbar. Ohne die richtigen Datenautobahnen kann Deutschland die immer schneller voranschreitende Digitalisierung nicht erfolgreich bewältigen.“ (Seite 13)⁴¹

„Wir müssen deshalb rasch damit beginnen, ein breit verfügbares Glasfasernetz in

38 BMVI: Eckpunkte Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland

39 Netzallianz Digitales Deutschland: Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland, S. 14

40 BMWI: Digitale Strategie 2025, S. 13

41 BMWI: Digitale Strategie 2025, S. 13

*Deutschland aufzubauen*⁴²

Im Gegensatz zu der Netzallianz und der „Digitalen Agenda 2020“ wird hier eindeutig der Ausbau von Glasfaserkabeln gefordert, da Kupfer- und Koaxialkabel nicht zukunftssicher sind.

*„Es sind Breitbandanschlüsse erforderlich, die Geschwindigkeiten im Bereich mehrerer Gigabit pro Sekunde symmetrisch sowohl im Downstream als auch im Upstream bieten, zuverlässige echtzeitfähige Übertragung sicherstellen und Internetdienste hoher Qualität ermöglichen. Dafür muss die aktuelle deutsche Breitbandstrategie, die im Wesentlichen auf die Bereitstellung asymmetrischer Anschlüsse für Privatkundinnen und Privatkunden abzielt, schon jetzt um einen Glasfaseransatz über das Jahr 2018 hinaus ergänzt werden.“*⁴³

*„Für die Bewältigung dieser dreifachen Aufgabe [Anmerkung: hohe Kapazität und Verfügbarkeit und geringe Latenz] müssen wir in Deutschland bis zum Jahr 2025 ein Gigabit-Glasfasernetz aufbauen. Klassische Telefonleitungen oder TV-Koaxialkabel aus Metall führen dazu, dass sich mehrere gleichzeitig übertragende Signale gegenseitig stören können. Die optische Übertragung der Daten über Glasfaserkabel ist gegen solche Beeinträchtigungen weitgehend unempfindlich. Zudem weist eine Glasfaserinfrastruktur bis zu den Endkundinnen und Endkunden einen signifikant geringeren Energieverbrauch auf als ein hochleistungsfähiges Kupfernetz.“*⁴⁴

Die „Digitale Strategie“ liefert auch eine Schätzung über die Kosten des Breitbandausbaus mittels Glasfasertechnologie. In Ballungsgebieten soll man den Ausbau dem Wettbewerb überlassen, in ländlichen Regionen sei das aber wegen fehlender Wirtschaftlichkeit manchmal nicht sinnvoll.

„Ein flächendeckender Glasfaserausbau Fiber-to-the-Home (FttH) in Deutschland erfordert Investitionen in Höhe von bis zu 100 Milliarden Euro. Rund drei Viertel der deutschen Bevölkerung leben in Ballungsgebieten, wo der deutsche Breitbandmarkt eine hohe Wettbewerbsintensität aufweist und ein marktgetriebener Ausbau von Gigabitnetzen zu erwarten ist. Auch im ländlichen Raum gibt es durchaus vorhandene positive Marktaktivitäten mit einer systematischen Nutzung von Kosteneinsparmöglichkeiten und sektorübergreifenden Synergien. In manchen Gebieten

42 BMWI: Digitale Strategie 2025, S. 8

43 BMWI: Digitale Strategie 2025, S. 14

44 BMWI: Digitale Strategie 2025, S. 14

findet jedoch kein Netzaufbau statt, weil er sich betriebswirtschaftlich nicht rechnet.“⁴⁵

Die „Digitale Strategie 2025“ liefert Maßnahmen zum Erreichen der geforderten Ziele. Dazu gehören Investitionsfonds, eine schnellere und unkompliziertere Planung und Verwaltung und eine Erhöhung der Anreize zum Investieren.

„Ein Zukunftsinvestitionsfonds für Gigabitnetze in ländlichen Räumen. Mit einem Fondsvolumen von rund 10 Milliarden Euro sollen weitere Investitionen bis 2025 ausgelöst werden.“⁴⁶

„Die Erleichterung der Planung und des Baus von Gigabitnetzen: Um den Ausbau des Gigabitnetzes zu forcieren, müssen Verfahren vereinfacht, langwierige Planungen beschleunigt und Baukosten reduziert werden können.“⁴⁷

„Eine investitions- und innovationsfreundliche Ausgestaltung des Rechtsrahmens und der Regulierungspraxis: Die der Regulierung zugrunde liegende Wettbewerbskonzeption muss stärker als bisher auf Investitionen, Innovation und Wachstum ausgerichtet werden. Unternehmen müssen Anreize erhalten, um Investitionsrisiken einzugehen. Hierfür müssen neue Ansätze der Zugangs- und Entgeltregulierung entwickelt und angewandt werden.“⁴⁸

Außerdem soll die Nachfrage nach schnellem Internet durch Informationen zu den Vorteilen der Digitalisierung erhöht werden.

„Die Unterstützung der vorhandenen positiven Marktaktivitäten in ländlichen Räumen, zum Beispiel durch bessere Information von Bürgerinnen und Bürgern, Unternehmen und Verwaltung vor Ort zu den Chancen der Digitalisierung.“⁴⁹

Als Forderung an die Netzbetreiber wird die Erschließung der „letzten Meile“ mit Glasfaserkabeln genannt.

„Die schrittweise Erschließung der „letzten Meile“ mit günstig und schnell skalierbaren Gigabitnetzen.“⁵⁰

45 BMWI: Digitale Strategie 2025, S. 14

46 BMWI: Digitale Strategie 2025, S. 14

47 BMWI: Digitale Strategie 2025, S. 15

48 BMWI: Digitale Strategie 2025, S. 15

49 BMWI: Digitale Strategie 2025, S. 15

50 BMWI: Digitale Strategie 2025, S. 15

Förderung zur Unterstützung des Breitbandausbaus in der BRD

Die Richtlinie zur Förderung zur Unterstützung des Breitbandausbaus in der BRD schreibt vor, dass nur Gebiete förderfähig sind, die nicht schon mit mindestens 30 MBit/s im Download erschlossen sind.⁵¹ Außerdem beträgt der Fördersatz in der Regel 50% des Gesamtbetrags.⁵² Am 1.8.2018 wurde die Förderrichtlinie zur Unterstützung des Breitbandausbaus in der BRD geändert. Somit wird auch der Breitbandausbau mit Glasfasertechnologie stärker forciert.

„Kommunen, die bislang auf eine Kupfertechnologie gesetzt haben, bekommen die Möglichkeit eines Technik-Upgrades: Sie können ihr Projekt noch bis Jahresende auf Glasfaser umstellen. Der Bund stockt hierfür den Bundesanteil entsprechend auf. Den Ländern ist es dabei freigestellt, den höheren Eigenmittelbeitrag der Kommune zu übernehmen.“⁵³

Digitale Offensive Sachsen

Auch Sachsen hat mit „Sachsen Digital 2017“ ein Konzept zur Digitalisierung vorgebracht. Dabei wird das Ziel der „Digitalen Agenda 2020“ bekräftigt, aber nur als Zwischenschritt genannt.

„Damit Sachsen die vielfältigen Chancen nutzen kann, die sich durch den digitalen Wandel und die digitale Vernetzung ergeben, brauchen Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen sowie die Verwaltung einen flächendeckenden Zugang zum schnellen Internet. Die Sächsische Staatsregierung misst daher dem landesweiten NGA-Ausbau höchste Priorität bei. Das Ausbauziel der Bundesregierung, bis 2018 eine flächendeckende Versorgung mit NGA-Breitbandnetzen von mindestens 50 Mbit/s zu erreichen, wird durch „Sachsen Digital“ bekräftigt, stellt im Verständnis der Sächsischen Staatsregierung aber nur einen Zwischenschritt dar. Für eine nachhaltige Verfügbarkeit von NGA-Breitband werden darüber hinaus deutlich höhere Datenübertragungsraten angestrebt, die insbesondere die Bedürfnisse der Wirtschaft in Sachsen aufgreifen. Hier hat „Sachsen Digital“ neben den Zielen auf Bundesebene auch die Vorstellungen der Europäischen Kommission im Blick. Bis 2020 sollen demnach

51 BMVI: Richtlinie - Förderung zur Unterstützung des Breitbandausbaus in der BRD, S. 8

52 BMVI: Richtlinie - Förderung zur Unterstützung des Breitbandausbaus in der BRD, S. 9

53 BMVI: Relaunch des Breitbandförderprogramms

nicht weniger als die Hälfte aller Haushalte in Europa mit Bandbreiten von mindestens 100 Mbit/s versorgt sein. Für das Jahr 2025 hat die Bundesregierung für Deutschland im Rahmen der „Netzallianz Digitales Deutschland“ bereits das flächendeckende Ausbauziel von 100 Mbit/s ausgegeben und die Ausbaufähigkeit hin zu Gigabitnetzen gefordert.“⁵⁴

Danach wird auch hier etwas wehmütig auf die bis jetzt vorangegangene, eher schleppende Entwicklung geschaut. Auch in Sachsen gibt es von der Breitbandanbindung einen großen Unterschied von Stadt und Land. Sachsen gebe aber auch selber Fördermittel.

„Allerdings ist die aktuelle digitale Infrastruktur den technischen Anforderungen, die mit der breiten Anwendung einer Vielzahl von Diensten aus diesen oder anderen Bereichen einhergehen, nur bedingt gewachsen. Technisch gesehen bestehen für den flächendeckenden NGA-Breitbandausbau keine Hindernisse. Die Herausforderung liegt vielmehr in den Ausbaurkosten. Da der marktgetriebene NGA-Ausbau durch die Telekommunikationsanbieter nicht überall in Sachsen im gewünschten Tempo vorangeht, ist die Sächsische Staatsregierung fest entschlossen, die flächendeckende NGA-Erschließung des Freistaates zu unterstützen, und zwar in Stadt und Land. Dazu stellt sie in erheblichem Umfang Landesmittel bereit und flankiert diese durch die Mobilisierung von EU-Fördergeldern sowie Bundesprogrammen.“⁵⁵

Die Sächsische Landesregierung versucht mit ihrem Förderprogramm DiOS auch den Breitbandanschluss auf dem Land zu fördern. Die Kommunen werden insgesamt bis zu 100% gefördert, müssen also für den Ausbau selbst im besten Fall kein Geld mehr verwenden.

„Für Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen sowie öffentliche Einrichtungen, wie zum Beispiel Schulen, ist die Verfügbarkeit von schnellen Internetverbindungen enorm wichtig, um am digitalen Wandel teilhaben zu können. Eine flächendeckende Breitbandverfügbarkeit von Hochleistungsanschlüssen mit mindestens 50 Mbit/s ist in Sachsen jedoch nur für 57,6 Prozent der Haushalte gegeben (Stand: Ende 2016). Damit liegt Sachsen fast 18 Prozentpunkte unter dem Bundesdurchschnitt. Im Bundesländerranking nimmt der Freistaat mit dieser Versorgung den 14. Platz ein. Es besteht also weiterhin akuter Aufholbedarf zur Erreichung einer Flächendeckung. Damit

54 Freistaat Sachsen: Sachsen Digital 2017, S. 18

55 Freistaat Sachsen: Sachsen Digital 2017, S. 19

die betroffenen Gebiete die Möglichkeit zum Anschluss an den NGA-Ausbau erhalten, sind außerordentliche Anstrengungen aller beteiligten Akteure, also der Staatsregierung, der Kommunen und nicht zuletzt der Wirtschaft notwendig. Insbesondere im ländlichen Raum findet ein marktgetriebener Ausbau der Telekommunikationsnetze oft nicht in ausreichendem Maße statt. Deshalb wird die Sächsische Staatsregierung den flächendeckenden NGA-Ausbau im Freistaat vorantreiben, unter anderem über verschiedene Förderrichtlinien, die sich an die sächsischen Kommunen oder die LEADER-Regionen in Sachsen richten. Mit Hilfe dieser Förderprogramme ist es den Verantwortlichen möglich, für den spezifischen Bedarf der vor Ort ansässigen Wirtschaft und der privaten Haushalte die geeignete Erschließungslösung zu finden. Unter Wahrung des sehr strikten rechtlichen Rahmens für staatliche Beihilfen ist es der Staatsregierung gelungen, in Bezug auf Technologien und Ausbaumodelle größtmögliche Freiheiten einzuräumen. Die Förderung ist jedoch an klare Ausbauziele gebunden, die es unbedingt zu erreichen gilt. Was zählt, ist das Ergebnis. Kernelement der NGA-Breitbandförderung des Freistaates Sachsen ist das NGA-Förderprogramm Digitale Offensive Sachsen (DiOS). Die Staatsregierung stellt für dieses Förderprogramm Landesmittel in erheblichem Umfang zu Verfügung und flankiert damit das Breitbandförderprogramm des Bundes. Zusätzlich hat der Freistaat Sachsen weitere Mittel aus den europäischen Strukturfonds für den Breitbandausbau mobilisiert. Der Freistaat Sachsen hat mit DiOS eines der höchstdotierten NGA-Förderprogramme in Deutschland in der Umsetzung. Darüber hinaus wird Sachsen auch die infrastrukturellen Herausforderungen und sämtliche Chancen einer Gigabit-Gesellschaft thematisieren.“⁵⁶

Außerdem beauftragte die Sächsische Landesregierung die TU Dresden, um eine Studie durchzuführen. Diese verdeutlichte nochmal die unbefriedigende jetzige Situation und untersuchte den Standortvorteil einer guten Breitbandanbindung.

„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

56 Freistaat Sachsen: Sachsen Digital 2017, S. 120

Bandbreiten. Es ist abzusehen, dass sich diese Diskrepanz zukünftig verstärken wird.“⁵⁷

„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.“⁵⁸

Kommunales Breitbandnetz: Beispiel Grimma

Grimma hat sich am 24. August 2018 gegen den Wettbewerb der privaten Netzbetreiber entschieden und will nun ein kommunales Glasfasernetz aufbauen. Dieses Glasfasernetz soll danach verpachtet werden. Dies ist mit der oben genannten Änderung der Förderrichtlinie möglich geworden. Die Kosten von 51 Millionen € werden mittels Bundes- und Landesfördermittel (DiOS) (38 Millionen €) und einem Darlehen (13 Millionen €) bezahlt. Der Vorteil daran sei, dass so kein Fleckenteppich entstehe, sondern eine gleichmäßige Versorgung gesichert sei.⁵⁹

Heutige Situation in Leipzig und Ziele

Nachdem wir uns jetzt zuerst die technischen Möglichkeiten des Breitbandausbaus, die Telekommunikationsunternehmen und die politischen Rahmenvoraussetzungen angesehen haben, schauen wir nun auf die heutige Situation in Leipzig.

Allgemeines und Verlauf

Schon in den 90er Jahren wurde in Leipzig, wie in vielen anderen Städten im Gebiet der DDR, ein sogenanntes OPAL-Glasfasernetz aufgebaut. Leider ist dieses Netz nicht mit den heutigen FTTX-Netzen vergleichbar, da die verlegte Glasfasertechnologie nicht für einen schnellen Internetzugang nutzbar ist.⁶⁰ Seit Februar 2010 hat sich die Breitbandverfügbarkeit in Leipzig um 10-50% erhöht. Heutzutage könnten über 95% der Leipziger Haushalte einen Internetanschluss mit einer Downloadgeschwindigkeit von über 30 MBit/s und 75 – 95% einen Internetanschluss mit

⁵⁷ Stopka, Pessier, Flößel: Breitbandstudie Sachsen 2030, S.2

⁵⁸ Stopka, Pessier, Flößel: Breitbandstudie Sachsen 2030, S.23

⁵⁹ Medienportal Grimma: Grimma beschließt Breitbandausbau für 51 Millionen Euro

⁶⁰ Telepolis: Die Glasfaser in ihrem Lauf ... hält DSL im Osten auf

einer Downloadgeschwindigkeit von mindestens 50 MBit/s haben. Besonders gut ans Breitband angeschlossen sind beispielsweise die Stadtteile Lindenau, Plagwitz, Schleusig, Mockau-Nord, Thekla, Reudnitz und die Südvorstadt. Dort gibt es einen Breitbandanschluss von 50 MBit/s bei über 95% der Haushalte. Besonders schlecht sind eher ländliche Gebiete von Leipzig, wie beispielsweise Gottscheina, Seegeritz und Plaußig.⁶¹ Im Amt für Wirtschaftsförderung im Rathaus gibt es in der Abteilung Messe, Medien, Logistik und Gesundheit ein Projektteam, dass sich mit dem Breitbandausbau beschäftigt. Durch eine Bestandsanalyse wurde herausgefunden, wie viel noch ausgebaut werden muss, um unten genannte Ziele zu erreichen. Beachtlich ist hierbei, dass 90% der Kosten durch Förderprogramme, wie DiOS, übernommen werden können. Durch ein Gespräch mit den Mitarbeitern habe ich herausgefunden, dass für die Gebiete, die allein durch den Wettbewerb nicht an das Breitband angeschlossen werden, sogenannte Lose gebildet werden. Diese Lose verbinden wirtschaftlich profitable Gebiete mit Gebieten, die sonst nicht angeschlossen werden würden. Die Telekommunikationsunternehmen können dann nur die gesamten Lose ausbauen oder eben nicht. In baldiger Zeit sollen vier bis sechs solcher Lose ausgeschrieben werden.

Beispiel: Hohenheida

Ich habe das Beispiel Hohenheida gewählt, um eine schlechte Versorgung mit Breitband zu zeigen. Mit leitungsgebundener Technik, also DSL, Koaxialkabel oder Glasfaser ist laut Breitbandatlas nicht einmal 1 MBit/s erreichbar. Mit Funktechnologien sind Bandbreiten zwischen 6 und 16 MBit/s erreichbar. Wie ich aber oben festgestellt habe, haben Funktechnologien erhebliche Nachteile gegenüber leitungsgebundener Technologien. Als Beispieladresse wähle ich „An der Hauptstraße 13“ in „04356 Leipzig“ (Hohenheida). Beim Verfügbarkeitscheck der Telekom wird mir mitgeteilt, dass an der Adresse kein DSL verfügbar ist und ich mit Mobilfunk 2G, also bis zu 260 kBit/s, nutzen könnte. Das finde ich für eine Stadt wie Leipzig erschreckend.

Beispiel: Großschocher

Großschocher habe ich als positives Beispiel ausgewählt, weil dort in Leipzig auf der Verfügbarkeitskarte der Telekom der größte gebündelte Bereich zu sehen war, in dem ein direkter Glasfaseranschluss mit bis zu 1000 MBit/s Downloadgeschwindigkeit anliegt.

61 BMVI: Breitbandatlas



Abbildung 4: Glasfaser - bis zu 1000 MBit/s

Für die Adresse „Dieskaustraße 220“ in „04249 Leipzig“ kann ich laut Telekom Verfügbarkeitscheck einen Anschluss mit einer Downloadrate von bis zu 1000 MBit/s und einer Uploadrate von bis zu 500 MBit/s buchen.

Ziele

Leipzig möchte das Breitbandnetz weiter in der Fläche ausbauen. Ziel ist auch hier das Erfüllen der Ziele der „Digitalen Agenda 2020“, also in allen Haushalten mindestens eine Bandbreite von 50 MBit/s im Download. Alle Schulen und Gewerbegebiete sollen so mit Glasfasertechnologie ausgestattet werden, dass die minimale Downloadgeschwindigkeit bei 500 MBit/s liegt. Diese Ziele sollen spätestens bis 2020 erreicht sein.

Weitere Ziele sind die schnelle Verfügbarkeit von 5G, ein voranschreitender Glasfaserausbau und eine Vorreiterrolle bei der Digitalisierung.⁶²

Zusammenfassung

Der Breitbandausbau ist sehr ungerecht verteilt. Während manche Regionen im „Schneckentempo“ surfen, haben andere schon das „Netz der Zukunft“. Ich weiß nicht genau, wie Deutschland es schaffen will, trotz diverser politischer Programme und Förderungen diesen Misstand auszugleichen, da er schon seit spätestens 2014 mit der „Digitalen Agenda“ benannt wurde. Meiner Meinung nach ist es äußerst wichtig, verstärkt auf Glasfasertechnologie zu setzen, damit Deutschland nicht komplett abgehängt wird. Glasfasertechnologie ist am zukunftssichersten. Deshalb denke ich, dass man, um in der Zukunft ein Wirtschaftsstandort bleiben zu können, an der Glasfaser nicht vorbeikommt.

62 Stadt Leipzig: Infrastruktur für Telekommunikation und Internet

Literaturquellenverzeichnis

- BMVI: Lokalmediengipfel Breitbandausbau – Glossar Breitband, 2018
<https://bit.ly/2IsT9uT>
- Fraunhofer Fokus: Netzinfrastrukturen für die Gigabitgesellschaft, 2016
<https://bit.ly/2NcBF6w>
- Gabler Wirtschaftslexikon - „Breitband“, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2NRxSB9>
- Wikipedia – Breitband-Internetzugang, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2zH1eJM>
- Stopka, Pessier, Flößel: Breitbandstudie Sachsen 2030, 2013
<https://bit.ly/2QktZ4b>
- FCC: FCC finds U.S. broadband deployment not keeping pace, 2015
<https://bit.ly/1HHsKpE>
- Breitbandstrategie der Bundesregierung - Kräfte bündeln für Deutschlands Zukunft: Wege zu einem schnellen Internetzugang bis in jedes Haus, 2009
<https://bit.ly/2xYIMdq>
- Elektronik-Kompodium: Glasfaser-Netzarchitektur, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2y5a1mr>
- Wikipedia – Glasfasernetz, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/1SPSZO2>
- Wikipedia – Deutsche Bundespost, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2r905Yn>
- Einigungsvertrag §27 Sondervermögen Deutsche Post, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2zGsubl>
- Wikipedia – Kabelfernsehnetz, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2y1nOKU>
- Wikipedia – Vodafone Kabel Deutschland , zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2Qj8osO>
- Gräbe: Anmerkungen zu „Die deutsche Bundesregierung und ihre Digitalpolitik“, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018

<https://bit.ly/2RdLwfW>

- Wikipedia – Primacom, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2y1jFGO>
- Internetanbieter.de – hl-komm, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2Ncpg2K>
- Leipzig-Netz – hl-komm , zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2OpzHVv>
- Telekom – Supervectoring, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2xNGdeW>
- LVZ: Vodafone stellt Leipziger Kabelnetz Anfang August um, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2y0eeYT>
- Welt: Vodafone greift Telekom mit Gigabit-Offensive an, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2LUaKMA>
- LVZ: Kabelnetz-Betreiber Tele Columbus baut in Leipzig Zentrale für 470 Mitarbeiter, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2DH1pZk>
- Bundesregierung: Digitale Agenda 2020, 2014
<https://bit.ly/2RdFRpT>
- Netzallianz Digitales Deutschland: Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland, 2017
<https://bit.ly/2zHLYx0>
- BMVI: Eckpunkte Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2P0f2UO>
- BMWI: Digitale Strategie 2025, 2016
<https://bit.ly/2Rb5vvz>
- BMVI: Kursbuch Netzausbau 2016, 2014
<https://bit.ly/2NeTiTD>
- BMVI: Relaunch des Breitbandförderprogramms, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2P3SMtn>
- BMVI: Richtlinie - Förderung zur Unterstützung des Breitbandausbaus in der BRD, 2015
<https://bit.ly/2AQDn8l>

- Freistaat Sachsen: Sachsen Digital 2017, 2017
<https://bit.ly/2xXY7uK>
- Medienportal Grimma: Grimma beschließt Breitbandausbau für 51 Millionen Euro, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2NcAAvu>
- BMVI: Breitbandatlas, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2fB2GSN>
- Stadt Leipzig: Infrastruktur für Telekommunikation und Internet, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2DE6Ubg>
- Telepolis: Die Glasfaser in ihrem Lauf ... hält DSL im Osten auf , zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2On24TY>
- Telekom-Verfügbarkeitskarte, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
<https://bit.ly/2wGVfRN>

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Segmente eines Breitbandnetzes:
<https://bit.ly/2NSPrR1>, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
- Abbildung 2: Entwicklung und Prognosen der DSL-Technologien:
Fraunhofer Fokus: Netzinfrastrukturen für die Gigabitgesellschaft, S. 78
- Abbildung 3: Deutsche Telekom verliert im Breitbandsektor an Kunden
<https://bit.ly/2y2mmli>, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018
- Abbildung 4: Glasfaser - bis zu 1000 MBit/s
<https://bit.ly/2wGVfRN>, zuletzt aufgerufen am 30.09.2018