TÜVRheinland®
Genau. Richtig.

LANDTAG
Rheinland-Pfalz
16/6308
VORLAGE

- zu Vorlage 16/6256 -

# Weichen stellen für die Anforderungen von morgen

## Ausbau der Breitbandinfrastruktur in Rheinland-Pfalz zur Versorgung mit Bandbreiten von mindestens 300 Mbit/s

RheinlandPfalz
MINISTERIUM DES INNERN, FÜR SPORT UND INFRASTRUKTUR

breitband
KOMPETENZZENTRUM
im Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur

AUFTRAGGEBER

MINISTERIUM DES INNERN, FÜR SPORT UND INFRASTRUKTUR RHEINLAND-PFALZ
Schillerplatz 3-5
55116 Mainz

DIENSTLEISTER

TÜV Rheinland Consulting GmbH
Bereich Telco Services & Solutions
Uhlandstraße 88-90
10717 Berlin

AUTOREN DER STUDIE

Harald Kawelke
Christiane Lehmann
Andreas Windolph

STAND

Oktober 2015

Auf die Differenzierung der weiblichen und der männlichen Form wurde in der Schriftform verzichtet. Der gewählte Ausdruck ist als neutrale Bezeichnung anzusehen und umfasst gleichberechtigt und gleichgestellt männliche als auch weibliche Personen.

URHEBERRECHTSVERMERK

Dieses Dokument und alle seine Inhalte sind urheberrechtlich geschützt. Der TÜV Rheinland Consulting GmbH sind alle Rechte vorbehalten. Urheberbezeichnung, Kennzeichen oder andere Hinweise dürfen weder verändert noch entfernt werden.

Dem Auftraggeber ist es gestattet, dieses Dokument vollständig und unverändert an Dritte weiterzugeben und zu veröffentlichen, wobei im Falle der elektronischen Form gewährleistet sein muss, dass die Inhalte des Dokuments nicht verändert und nicht kopiert werden können (z.B. pdf-Dokument mit entsprechendem Dokumentenschutz).

Übersetzung und Veränderung von jeglichen Teilen des Dokuments sowie die Weitergabe von nur Auszügen bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der TÜV Rheinland Consulting GmbH.

Die Grafiken zur Erläuterung der NGA-Technologien wurden durch das Gestaltungsbüro Elbzeichnung Dresden erstellt.

# Inhalt


Verzeichnis der Abkürzungen und Fachbegriffe 5

1. Executive Summary 8
2. Ausgangslage, Zielsetzung und Aufgabenstellung 15
3. Ist-Zustand der Hochgeschwindigkeitsnetze 18
   3.1 Infrastrukturanalyse – aktuelle Verfügbarkeit von NGA-Netzen 19
      3.1.1 Versorgungssituation im Überblick 19
      3.1.2 Versorgungssituation bis 100 Mbit/s 21
      3.1.3 Potentielle Versorgung mit mehr als 100 Mbit/s 25
   3.2 NGA-Netztechnologien 27
      3.2.1 Überblick Netzstruktur, -architektur, -topologie und -technologie 27
      3.2.2 Derzeit verfügbare Netztechnologien 31
      3.2.3 Potential zukünftiger technologischer Entwicklungen zur Erreichung von 300 Mbit/s 38
      3.2.4 Technologiebewertung 40
   3.3 Marktakteure und Ausbaustrategien in Rheinland-Pfalz 42
      3.3.1 Telekommunikationsunternehmen 42
      3.3.2 Kabelnetzbetreiber 43
      3.3.3 Versorgungsunternehmen 44
4. Anwendungsanalyse 46
   4.1 Anwendungsszenarien 47
      4.1.1 Private Anwendungsbeispiele 48
      4.1.2 Gewerbliche Anwendungsbeispiele 49
      4.1.3 Sektorspezifische Anwendungsbeispiele 50
   4.2 Abgeleitete Bedarfe an zukünftige Breitbandnetze (mehr als 100 Mbit/s) 55
      4.2.1 Anforderungen an die Bandbreite 55
      4.2.2 Ableitung des Technologiebedarfs 56
5. Netzplanung und Kostenrechnung 59
   5.1 Methodik und Annahmen 60
      5.1.1 Planungsansätze 61
      5.1.2 Definition der Ausbaugebiete 66
   5.2 Ergebnisse der Kostenrechnung 69
      5.2.1 Ergebnisse der FTTB-Netzplanung 69
      5.2.2 Ergebnisse der FTTH-Netzplanung 77
      5.2.3 Zwischenfazit 79
      5.2.4 Einsparpotentiale bei den Ausbaukosten 79
   5.3 Sensitivitätsanalyse der Investitionskosten 84
6. Träger- und Geschäftsmodelle 86
   6.1 Betreibermodelle 88

6.1.1 Öffentliche Träger 88
6.1.2 Privatwirtschaftliche Träger 90
6.2 Öffentlich-Private-Partnerschaften 93
6.3 Zuschussmodell – Förderung Wirtschaftlichkeitslücke 94
7. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 95
7.1 Berechnung Wirtschaftlichkeitslücke für den FTTB-Ausbau 96
7.1.1 Herangehensweise und Annahmen 96
7.1.2 Ergebnisse 98
7.2 Modellrechnung Betreibermodell am Beispiel des Landkreises Mainz-Bingen 102
7.2.1 Zielsetzung 102
7.2.2 Herangehensweise und Annahmen 103
7.2.3 Ergebnisse 105
7.2.4 Kombination der Modelle Förderung und Betreibermodell 107
7.3 Kosten-Nutzen-Analyse 109
8. Förderung und Finanzierung 113
8.1 Überblick verfügbare Förderinstrumente 114
8.1.1 Rahmenregelungen 114
8.1.2 Förderprogramme 115
8.2 Beispiele für unterschiedliche Förderansätze 118
8.3 Überblick der Finanzierungsinstrumente 120
8.3.1 Finanzierungsinstrumente auf EU- und Bundesebene 120
8.3.2 Rheinland-Pfalz spezifische Finanzierungsinstrumente 121
8.4 In Rheinland-Pfalz anwendbare Finanzierungsinstrumente 123
9. Handlungsempfehlungen 125
9.1 Netzplanung und Umsetzung 126
9.2 Marktakteure 129
9.3 Förderung 130
9.4 Kommunikation 132
9.5 Organisation und Steuerung 133
9.6 Verzahnung der Breitbandstrategie 133
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis 134
Anhang 137

© TÜV RHEINLAND 2015

# Verzeichnis der Abkürzungen und Fachbegriffe

| | |
|---|---|
| ATKIS | Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem |
| AON | Active Optical Network, architektonische Variante bei Glasfasernetzen |
| AöR | Anstalten des öffentlichen Rechts |
| APL | Abschlusspunkt Linientechnik (d.h. der Glasfaserleitung) |
| ARPU | Average Revenue per User, durchschnittlicher Erlös pro Kunde |
| BNetzA | Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen |
| CAPEX | Capital Expenditure - Investitionskosten |
| CATV | Cable Television - Kabelfernsehen |
| CPE | Customer Premises Equipment, Kundeneigene Geräte zum Anschluss an ein Daten- oder Telefonnetz |
| CuDA | Kupfer Doppel-Ader, Anschlusskabel der einzelnen Teilnehmer an den Kabelverzweiger |
| DOCSIS | Data Over Cable Service Interface Specification, Übertragungstechnologie |
| DSLAM | Digital Subscriber Line Access Multiplexer, Übertragungstechnologie |
| DVB-T | Digital Video Broadcasting Terrestrial, digitales Antennenfernsehen |
| EFRE | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung |
| EIB | Europäische Investitionsbank |
| ELER | Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums |
| EW | Einwohner |
| FmK | Fernmeldekabel |
| FTTB | Fiber to the Building, Glasfaserkabel bis zum Gebäude |
| FTTC | Fiber to the Curb, Glasfaserkabel bis zum Straßenrand/bis zum Kabelverzweiger |
| FTTH | Fiber to the Home, Glasfaserkabel bis zur Wohnung |
| GAK | Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutz |
| GB | Gigabyte, Technische Einheit zur Datengröße |
| GF | Glasfaser |
| GIS | Geoinformationssystem |
| GPON | Gigabit Passive Optical Network, Übertragungstechnologie |
| GRW | Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur |
| HD | High Definition, Videoauflösung |
| HFC | Hybrid Fiber Coax, leitungsgebundene Übertragungstechnologie basierend auf Glasfaser- und Koaxialkabel |
| HH | Haushalt |
| HVt | Hauptverteiler, Netzelement |
| IKT | Informations- und Kommunikationstechnik |
| IP | Internet Protocol |
| ISB | Investitions- und Strukturbank des Landes |
| KfW | Kreditanstalt für Wiederaufbau |
| KMU | Kleine und mittlere Unternehmen |
| KNB | Kabelnetzbetreiber |
| KVz | Kabelverzweiger, Netzelement |
| LTE | Long Term Evolution, Funkstandard |
| LWL | Lichtwellenleiter |

| | |
|---|---|
| M2M | Machine-to-Machine, Maschine zu Maschine |
| Mbit/s | Maßeinheit für die Datenübertragung, die Megabit pro Sekunde angibt |
| MFG | Multifunktionsgehäuse, Netzelement |
| MR | Marginal Revenue- Grenzerlös |
| MSAN | Multi-Service Access Node, Netzelement |
| NGA | Next Generation Access, meint hochleistungsfähige Breitbandnetze |
| NVt | Netzverteiler, Netzelement |
| OLT | Optical Line Terminal, übertragungstechnische Schnittstelle am Ende des passiven optischen Zugangsnetzes |
| OPEX | Operational Expenditures, Betriebsausgaben (laufende Ausgaben) |
| ÖPP | Öffentlich-Private-Partnerschaft |
| P2MP | Point-to-Multi-Point, Variante der Netztopologie |
| P2P | Point-to-Point, Variante der Netztopologie |
| PoC | Point of Concentration |
| PON | Passive Optical Network, optische Zugangsnetze, die im Bereich zwischen der Vermittlungsstelle und dem Kundenstandort aus passiven Bauelementen (ohne eigene Stromversorgung) bestehen |
| PoP | Point of Presence, Netzknotenpunkt |
| RFoG | Radio Frequency over Glass, Hochfrequenz über Glasfaser |
| TAE | Telekommunikationsanschlusseinheit (Teilnehmeranschlussdose) |
| TAL | Teilnehmeranschlussleitung |
| TB | Terabyte, Technische Einheit zur Datengröße |
| TKU | Telekommunikationsunternehmen |
| UHD | Ultra High Definition, Videoauflösung |
| VDSL | Very High Speed Digital Subscriber Line, Übertragungstechnologie |
| VSU | Versorgungsunternehmen |
| WiMAX | Worldwide Interoperability for Microwave Access, Drahtlose Übertragungstechnik |
| WLAN | Wireless Local Area Network, Drahtlose Übertragungstechnik |
| ZTV | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen |

# 1.

# Executive Summary

## ZIELSETZUNG DER STUDIE

Die Digitalisierung bestimmt alle Lebensbereiche; die Verfügbarkeit von Breitband ist deshalb zu einem entscheidenden Standortfaktor geworden. Um die Nachfrage nach ultraschnellen Datenverbindungen zu bedienen, müssen schon heute die digitalen Infrastrukturen geschaffen werden. Rheinland-Pfalz steht vor der Aufgabe, die Zugangsnetze der nächsten Generation (Next Generation Access, kurz NGA-Netze) mit Bandbreiten von mindestens 300 Mbit/s zu bauen.

TÜV Rheinland bewertet im Rahmen dieser Studie die netztechnischen, betriebswirtschaftlichen, fiskalischen und regulatorischen Rahmenbedingungen, die für die Realisierung solcher Breitbandnetze erforderlich sind. Auf Basis einer Netzplanung, Investitionskostenberechnung und Analyse der Umsetzungsmöglichkeiten werden Handlungsempfehlungen formuliert, wie eine flächendeckende Versorgung in Rheinland-Pfalz erreicht werden kann.

## ERGEBNISSE

### Gute Ausgangslage der Versorgung und Infrastrukturen

**In Rheinland-Pfalz existieren gute Voraussetzungen für den Ausbau von NGA-Netzen. In den letzten vier Jahren wurde die Versorgung mit Bandbreiten von bis zu 50 Mbit/s von 27,1 Prozent auf heute 65,9 Prozent verbessert.** Die bisherigen Fördermaßnahmen der öffentlichen Hand haben diese positive Entwicklung maßgeblich beschleunigt.

An diesem teilweise schon erfolgten Ausbau mit Glasfaser bis zum Verteilerkasten setzen die nächsten Ausbaustufen an und greifen auf vorhandene Netzstrukturen zurück: Erschließung der Gebäude mit Glasfaser (Fiber to the Building, FTTB) bzw. direkt der Wohn- oder Gewerbeeinheiten (Fiber to the Home, FTTH).

**Der bisherige Breitbandausbau ermöglicht schon jetzt 56,6 Prozent der Haushalte die potentielle Nutzung von Bandbreiten jenseits 100 Mbit/s.** Dieser Umstand ist vorrangig den schon ausgebauten Netzen der Kabelnetzbetreiber (CATV) zu verdanken. Die Gruppe der noch auszubauenden Haushalte reduziert sich dadurch auf 816.353 von ursprünglich über einer Million Haushalte.

**Die Netzbetreiber in Rheinland-Pfalz, ob Telekommunikations- (TKU) und Versorgungsunternehmen (VSU) oder Kabelnetzbetreiber (KBN), verfügen gemeinsam über umfangreiche Infrastrukturen** wie Leerrohre, Stromtrassen, ungenutzte Wasserleitungen oder Glasfaserkabel. Diese Trassen können für den Breitbandausbau genutzt und somit Synergiepotentiale gehoben werden. Diese liegen nicht nur in städtischen Lagen vor, sondern auch im ländlichen Raum.

Auch in nicht-urbanen Gebieten ist die Verfügbarkeit von ultraschnellen Breitbandnetzen von großer Bedeutung – **ganz Rheinland-Pfalz profitiert von einem an jedem Ort verfügbaren Angebot an digitalen Diensten:** Mit steigendem Alter der Bevölkerung vergrößert sich der Bedarf an telemedizinischen Diensten (Pflege und Versorgung) und flexiblen digitalen Angeboten der öffentlichen Verwaltung vor Ort. Gewerbetreibende nutzen auch außerhalb der Städte über ultraschnelles Internet Cloud-Computing-Dienste (d.h. externe, virtuelle Rechner- und Speicherkapazitäten), um ihre Produkte und Dienstleistungen herzustellen und anzubieten. Privathaushalte oder Touristen erwarten die Verfügbarkeit von Live-Streaming, Video-Uploads und Ultra-HD-Fernsehen auch in abgeschiedenen Tälern oder Waldgebieten.

### Nicht alle Technologien sind geeignet

Zur Realisierung eines Breitbandnetzes stehen unterschiedliche Technologien und Strukturen der Zugangsnetze zur Verfügung. **Angesichts der in der Studie definierten Zielerreichung einer flächendeckenden Versorgung von mindestens 300 Mbit/s reduzieren sich jedoch die nutzbaren Technologien.** Funktechnologien können die geforderten Bandbreiten

aus heutiger Sicht nicht zuverlässig bereitstellen. Die Netzstruktur Glasfaser bis zu den Verteilerkästen am Straßenrand, kurz FTTC (Fiber to the Curb), kann zwar über technologische Weiterentwicklung wie das sogenannte Super Vectoring theoretisch Bandbreiten von 300 Mbit/s erzielen, allerdings nicht flächendeckend. **Nur die Glasfaserstrukturen FTTB und FTTH können sehr hohe Bandbreiten für 100 Prozent der Haushalte bereitstellen. Auch die bestehenden CATV-Netze besitzen hierfür das technologische Potential.** In der Studie werden lediglich die Glasfaservarianten FTTB/FTTH im Sinne einer Zielnetzplanung simuliert und berechnet.

## Investitionen für 300 Mbit/s-Netzausbau im Milliardenbereich

Die Investitionskosten werden auf Basis einer adress- und lagegenauen Netzplanung berechnet, in der alle Adresspunkte, vorhandenen Infrastrukturen und Sondertrassen sowie das gesamte Straßen- und Wegenetz des Landes berücksichtigt sind. Die Festlegung der Kostenparameter erfolgt auf Basis regionaler Preisstrukturen, die sich aus marktüblichen Kosten für Technik und Leistung für Tiefbau und Montage ableiten. Eine detaillierte Netzplanung liegt nun im Rahmen dieser Studie auf Verbandsgemeindeebene vor.

**Die Netzplanung für den Anschluss der perspektivisch unversorgten 816.353 Haushalte an ein 300 Mbit/s-Netz berechnet ein notwendiges Investitionsvolumen von 2,83 Mrd. Euro für den Aufbau eines flächendeckenden FTTB-Netzes. Die Kosten ab einem FTTB-Netz für die nächste Ausbaustufe bis in die Wohneinheit (FTTH) belaufen sich auf 369,27 Mio. Euro.**

| KOSTEN FÜR DEN AUSBAU VON 816.353 UNVERSORGTEN HAUSHALTEN | | |
|---|---|---|
| | Gesamtkosten | Kosten pro Haushalt (Durchschnittswert) |
| FTTB-Vollausbau | 2,83 Mrd. Euro | 3.465 Euro |
| FTTH-Ausbau on top FTTB-Netzstrukturen | 369,27 Mio. Euro | 452 Euro |

Tabelle 1: Kostenübersicht FTTB- und FTTH-Ausbau in Rheinland-Pfalz

**Die Investitionssummen für FTTB würden in einem noch höheren Kostenrahmen liegen, wenn nicht über die Hälfte der Haushalte in Rheinland-Pfalz bereits heute schon so ausgebaut sind, dass sie zukünftig Bandbreiten ≥ 300 Mbit/s potentiell nutzen können. Die sehr gute Ausgangslage des Landes trägt von vornherein zu einer Kostenreduktion bei. Die dennoch hohen Investitionskosten ergeben sich aus den topografischen Bedingungen, den entsprechend langen Trassen und damit verbundenen hohen Tiefbaukosten.**

**Auf die Landkreise und kreisfreien Städte entfallen unterschiedliche Ausbaukosten.** Dies ist in den abweichenden topografischen und infrastrukturellen Voraussetzungen begründet. In bereits gut versorgten, eng besiedelten Gebieten, in denen die Kabeltrassen kurz sind, bewegt sich der Kostenrahmen je Haushalt für einen FTTB-Ausbau zwischen 1.123 und 2.500 Euro. Im Gegensatz dazu steigen die Investitionen in heute schlecht versorgten, dünn besiedelten Regionen, in denen lange Verkabelungen notwendig sind, auf 2.500 bis 5.345 Euro je Haushalt.

Großen Einfluss auf die Ausbaukosten hat der angestrebte Grad der Flächendeckung. **Der Ausbau der teuersten fünf Prozent der Ausbaugebiete kostet ca. 710 Mio. Euro. Dies entspricht rund 25 Prozent der gesamten Kosten für einen hundertprozentigen FTTB-Ausbau.**

## Große Einsparpotentiale bei Netzausbaukosten

Angesichts der hohen Investitionssummen müssen Kosteneinsparpotentiale identifiziert werden: Diese ergeben sich zum einen durch **Nutzung von Synergietrassen, wodurch 234 Mio. Euro im Bereich Tiefbau sowie Kabel- und Rohrtrassenverlegung eingespart werden** können. Bedingung ist, dass die heutigen Trassen von 4.765 km zu 100 Prozent genutzt werden dürfen.

**Eine weitere Kostenreduktion wird durch eine Mitnutzung von bereits gebauten bzw. potentiell erweiterten FTTC-Trassen erreicht. Insgesamt können 461,8 Mio. Euro gespart werden**, wenn die für einen FTTB-Ausbau nutzbaren Netzelemente Kabelverzweiger (Verteiler am Straßenrand) mit Glasfaser erschlossen werden. **Ein solcher Stufenausbau berücksichtigt die bisher getätigten Investitionen und kann einen wichtigen Baustein im zukünftigen Breitbandausbau darstellen.**

Sofern die Einsparpotentiale vollumfänglich nutzbar sind, können die Gesamtkosten für einen FTTB-Vollausbau von 2,83 Mrd. Euro um 24,62 Prozent reduziert werden. **Die Gesamtkosten sinken auf rund 2,47 Mrd. Euro.**

| VERTEILUNG FIXKOSTEN UND EINSPARPOTENTIAL BEI FTTB-VOLLAUSBAU | | | |
|---|---|---|---|
| Feste Kosten für aktive und passive Infrastruktur | Einsparpotentiale | | |
| | Zukünftiges Einsparpotential | Aktuelles Einsparpotential | |
| Ca. 75 % Fixkosten | FTTC-Vollausbau 12,02 % | FTTC-Ist-Ausbauzustand 4,3 % | Synergietrassen 8,3 % |
| | potentielles Einsparpotential von 24,62 % **reduzierte Gesamtinvestitionen von 2,47 Mrd. Euro** | | |

Tabelle 2: Überblick der Einsparpotentiale bei einem FTTB-Vollausbau

Die Analyse der Synergiepotentiale zeigt, dass **der Ausbau in Rheinland-Pfalz schon heute die Weichen für den weiteren Netzausbau stellt**. Entscheidend ist, dass Ausbaumaßnahmen sich bereits jetzt an den zukünftig notwendigen Netzstrukturen orientieren und entsprechende Erweiterungskapazitäten berücksichtigen.

## Mehrere Trägermodelle für Ausbauvorhaben geeignet

Wenn kein rein privatwirtschaftlicher Ausbau durch Netzbetreiber erfolgt, sind die Kommunen gezwungen, andere Trägermodelle wie **Betreibermodell, öffentlich-private Partnerschaften (ÖPP) oder Zuschussmodell** für die Initiierung von Ausbauvorhaben zu identifizieren. Alle drei Modelle sind **geeignete Instrumente für den Breitbandausbau im Land**; für jeden Landkreis sind die spezifischen topografischen, fiskalischen und betriebswirtschaftlichen Gegebenheiten vor Ort vor der Wahl eines Trägermodells zu bewerten.

Ein starkes Engagement der Kommunen spricht für ein Betreibermodell, in dem die Kommune häufig Eigentümer des sogenannten passiven Netzes ist. Allerdings verbleibt dann ein Teil des wirtschaftlichen Risikos bei den Kommunen. Will die Kommune dieses nicht allein übernehmen, kann sie eine ÖPP gründen, bei der die Netzbetreiber einen Teil des Risikos tragen. Sofern ein privatwirtschaftlicher Ausbau stattfinden könnte, bietet das Zuschussmodell die Möglichkeit, dem Unternehmen über öffentliche Förderung die sogenannte Wirtschaftlichkeitslücke zu schließen. So wird die Differenz zwischen Investitionen und Einnahmen verringert, die einen wirtschaftlich tragfähigen Ausbau verhindert.

## Längere Finanzierungszeiträume für bessere Wirtschaftlichkeit

Neben einer reinen Kostenbetrachtung ist auch die Wirtschaftlichkeit der Investitionen aus Sicht der Infrastrukturgesellschaften und TKU zu prüfen. Eine solche Bewertung für einen Zeitraum von sieben Jahren verdeutlicht, dass ein **Großteil der Investitionen in FTTB-Netze für private Unternehmen nicht wirtschaftlich refinanzierbar** ist. Der Grund hierfür liegt in den zu erwartenden geringen Einnahmen im späteren Betrieb. Im Vollausbauszenario liegen die Wirtschaftlichkeitslücke und damit der theoretische Förderbedarf zwischen 84 und 94 Prozent der Investitionssumme. Werden die bestehenden Synergien im Ausbau genutzt, dann sinkt der Förderbedarf absolut um ca. 16 Prozentpunkte.

Ein wesentlicher **Hebel zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ist eine Verlängerung der Refinanzierungszeiträume in Richtung 20 bis 30 Jahre**, wie dies bereits heute bei Infrastrukturausbaumaßnahmen im Versorgungsbereich der Fall ist. Solche Betrachtungszeiträume können im Gegensatz zu Telekommunikationsunternehmen nur von Versorgungsunternehmen oder kommunalen Gesellschaften getragen werden.

Die Studie zeigt dies exemplarisch am Landkreis Mainz-Bingen, für den ein Betreibermodell simuliert wird, in dem die Kommune Eigentümer der Breitbandinfrastruktur bleibt (in Form einer Infrastrukturgesellschaft) und diese an einen Netzbetreiber verpachtet. In einem solchen Pachtmodell besteht die Herausforderung darin, dass die für eine Refinanzierung notwendige Höhe der Pacht nicht wirtschaftlich ist und ein Netzbetreiber in diesem Fall nur die Hälfte zahlen könnte. Das Betreibermodell funktioniert, wenn die Finanzierungssumme auf Seiten der kommunalen Infrastrukturgesellschaft über Synergieeffekte (rund 25 Prozent Kostenreduktion) sowie den Einsatz von Eigenkapital und Zuschüssen um mindestens 50 Prozent reduziert wird. Aus Fördersicht erscheint ein solches Betreibermodell attraktiv, allerdings müssen die wirtschaftlichen Risiken berücksichtigt werden, die bei Nichterreichung der notwendigen Planzahlen entstehen.

## Breitbandausbau als Instrument gegen Abwanderung

Bei Investitionen in die Infrastruktur ermöglicht eine Kosten-Nutzen-Analyse einen bedarfsorientierten und kosteneffizienten Ausbau. Die Ergebnisse der Netzplanung werden in Hinblick auf die demografischen Aspekte bewertet. **Ein Teil der Kommunen ist von negativen demografischen Entwicklung und Abwanderungstendenzen betroffen.** Dies beeinflusst die Höhe der Investitionen.

Die Studie stellt diesen Zusammenhang exemplarisch am Beispiel des Eifelkreises vor. Dort bedingt eine geringe Besiedelungsdichte höhere Ausbaukosten je Haushalt aufgrund der umfangreicheren Tiefbauarbeiten. Ein höheres Durchschnittsalter der Bevölkerung führt (bisher) zu einer geringeren Nachfrage nach Breitbandanschlüssen, wodurch sich die Wirtschaftlichkeitslücke aufgrund ausbleibender Einnahmen erhöht. Der Bedarf an öffentlicher Förderung wird entsprechend größer. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht sind dies schlechte Voraussetzungen für einen privatwirtschaftlichen Ausbau.

**Allerdings sollten diese Umstände nicht zum Ausschluss von einer Versorgung mit ultraschnellem Breitband führen. Denn der flächendeckende Ausbau auch im ländlichen Raum trägt zur Sicherung der Standortattraktivität und Wettbewerbsfähigkeit der Kommunen sowie der generellen Lebensqualität bei.** Schnelle Datenverbindungen sind entscheidend, um beispielsweise die Abwanderung von Unternehmen oder die Wohnortverlagerung von Erwerbstätigen zu verhindern und damit auch weiterhin geringe Arbeitslosenquoten zu gewährleisten.

## Kombinationsmöglichkeiten in Förderung und Finanzierung erlauben Flexibilität

Der Breitbandausbau wird durch Eigen- und Fremdkapital oder über öffentliche Fördergelder finanziert. **Kommunen in Rheinland-Pfalz können auf Fördergelder aus unterschiedlichen Programmen zurückgreifen:** Landesmittel u.a. im Rahmen der neuen Förderrichtlinie (inkl. der Erlöse aus der Versteigerung der Digitalen Dividende II), dem Kommunalinvesti-

tionsfonds des Bundes sowie dem neu geschaffenen Bundesförderprogramm Breitbandausbau. **Über diese Fördermaßnahmen erfolgt eine gezielte Erschließung von sowohl Privathaushalten als auch Gewerben**.

Neben diesen öffentlichen Geldern können Kommunen **Finanzierungsinstrumente der Kreditinstitute** nutzen. Darlehen speziell für den Breitbandausbau vergeben u.a. die Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz (ISB), die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) sowie die Europäische Investitionsbank (EIB). **Rheinland-Pfalz bietet zusätzlich über das Landesbürgschaftsprogramm z.B. für ÖPP die Möglichkeit Fremdkapital einzuwerben.**

Zwei Landkreise verdeutlichen exemplarisch diese Ansätze: Im Landkreis Cochem-Zell wurde eine ÖPP gegründet, die mit Eigen- und Fremdkapital den Breitbandausbaus finanziert. Im Rhein-Lahn-Kreis wird die Wirtschaftlichkeitslücke über Fördergelder aus dem „Kommunalen Investitionsprogramm 3.0" des Landes bezuschusst. Die Studie stellt weitere Finanzierungsmodelle vor.

## HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

**Rheinland-Pfalz kann die guten Voraussetzungen im Land nutzen und die Fördermaßnahmen der letzten Jahre fortführen, um den Ausbau der NGA-Netze voranzutreiben. Der Zeithorizont für die vollständige Realisierung eines flächendeckenden 300-Mbit/s-Netzes muss mit mindestens 15 Jahren angesetzt werden.**

### Stufenausbau, Netzverdichtung, Synergienutzung

**Der Netzausbau sollte angesichts des notwendigen hohen Investitionsvolumens über mehrere Stufen erfolgen sowie bedarfsorientiert und nach Prioritäten.** Die in der Studie erhobenen Daten und Berechnungen ermöglichen die Identifizierung erster Pilotprojekte.

**Im Rahmen eines Stufenausbaus, wie er in Rheinland-Pfalz bereits verfolgt wird, können über unlängst gebaute bzw. zukünftige FTTC-Trassen sowie eine Netzverdichtung bereits Elemente für ein späteres FTTB-Netz realisiert werden.** Ein Baustein des Aufbaus eines 300-Mbit/s-Netzes besteht darin, alle Verteiler in den Ortslagen an das Glasfasernetz anzuschließen sowie zusätzliche Kabelverzweiger zu setzen, um die technologisch nicht zukunftsfähigen Kupferleitungslängen zu reduzieren. Ein Technologiemix aus der Glasfaserstruktur FTTC unter Verwendung neuer Technologien wie Super Vectoring oder G.fast sowie die Glasfaservariante FTTB reduzieren die Investitionskosten.

**Einen weiteren wichtigen Baustein in der Kostenreduktion stellen die Nutzung von Synergietrassen sowie eine entsprechende Leerrohrplanung auf Kreisebene dar.** Die Bauämter sollten die Mitverlegung von Leerrohren koordinieren. Um Synergiepotentiale zu heben, können **Kabelnetzbetreiber strategische Partner** werden, da bei Rückgriff auf ihre Infrastrukturen kein kompletter Neubau eines FTTB-Netzes notwendig ist und die Zahl der auszubauenden Haushalte sich signifikant verringert. Zusätzlich sollten auch **Versorgungsunternehmen eine aktivere Rolle im Ausbau** einnehmen. Im Vergleich zu Telekommunikationsunternehmen besitzen diese bessere Voraussetzungen der Finanzierung aufgrund von vorhandenen Synergien in den Netzstrukturen und längeren Refinanzierungszeiträumen.

**Eine institutionalisierte Kooperation (Allianz) von Netzbetreibern, öffentlicher Hand, Diensteanbietern sowie Anwendergruppen (Wirtschaftsverbände, Städte- und Gemeindebund etc.) bildet ein wichtiges Element einer engeren und bedarfsorientierten strategischen Ausbauplanung.**

In Regionen mit vielen Synergietrassen und entsprechender Investitionsbereitschaft der Versorgungs- oder kommunalen Unternehmen können direkt FTTB-Netze ausgebaut werden. Diese Akteure sollten deshalb stärker in den Entscheidungspro-

zess eingebunden und über die wirtschaftlichen Chancen und Ausbaufördermöglichkeiten aufgeklärt werden. Dieser Ansatz ist jedoch nur erfolgreich, wenn auch Kooperationen mit TKU (Deutsche Telekom und alternativen Netzbetreibern) eingegangen werden.

## Ausrichtung der Förderprogramme auf zukunftssicheren Netzausbau

**Für die weitere Entwicklung der Breitbandnetze ist entscheidend, dass bereits jetzt Projekte zum Ausbau der Hochgeschwindigkeitsnetze jenseits von 50 Mbit/s unterstützt und in die Förderung eingeschlossen werden. Rheinland-Pfalz kann die NGA-Landesförderrichtlinie als Grundlage für den FTTB-/FTTH-Ausbau nutzen.** Diese greift die in der Studie vorgestellten Anforderungen an einen Stufenausbau sowie die Ausrichtung auf eine zukunftsorientierte Netzplanung bereits auf. Auch das neue Bundesförderprogramm honoriert über das Scoring-Modell den Ausbau bis 100 Mbit/s.

Die Förderung von Glasfaseranschlüssen für Gewerbe sowie prioritäre Nutzer wie öffentliche Einrichtungen (u.a. Bildung, Gesundheit, Verwaltung) und aus den Sektoren Verkehr und Energie kann dem Bedarf nach symmetrischen Anschlüssen (gleiche Bandbreiten im Up- und Downstream) gerecht werden. Die so entstehenden Netze bilden die Grundlage für einen späteren flächendeckenden Breitbandausbau.

Um die Refinanzierung eines Netzausbaus zu sichern, sind, wie auch in Rheinland-Pfalz vorgesehen, die **Trägermodelle Wirtschaftlichkeitslücke und Betreibermodell gleichberechtigt zu fördern.**

## Mobilisierung und Kooperation der Akteure in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft

**Der Erfolg des Breitbandausbaus hängt vom Engagement und dem Grad der Zusammenarbeit aller Beteiligten ab.** Um alle Akteure aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zusammenzubringen und Ausbauvorhaben zu initiieren, kann der durch das Breitbandkompetenzzentrum durchgeführte Dialog ausgebaut werden. Regelmäßige Dialogformate wie ein **halbjährlicher Runder Tisch in jedem Landkreis** verkürzen Entscheidungswege und fördern den Erfahrungsaustausch und Wissenstransfer.

Das **Breitbandkompetenzzentrum übernimmt als zentrale Projektstelle** eine entscheidende Rolle. Neben den regionalen Breitbandberatern des Landes **übernehmen Kreiskoordinatoren vor Ort die Projektsteuerung** und unterstützen Kommunen in der ressourcenintensiven Planungsphase eines Ausbauprojektes. Um alle Maßnahmen wieder zusammenzuführen, bietet sich der **Aufbau einer Projektstruktur bis in die kommunale Ebene** an. Auf Landesebene können zur Sicherstellung eines zukunftsorientierten Ausbaus **einheitliche Standards für Planung und Umsetzung** von Ausbauprojekten definiert sowie **Leitlinien für die Bereiche Technologiewahl und Beratungsleistungen** formuliert werden.

Um die Gruppe der Nutzer zu mobilisieren, müssen Netzbetreiber, öffentliche Hand und Entwickler von digitalen Diensten und Anwendungen deren **Nutzungsmöglichkeiten verstärkt über Informations- und Öffentlichkeitsarbeit vorstellen.** Das Verständnis für einen notwendigen Netzausbau muss geschaffen werden, um die **gesellschaftliche Akzeptanz für die hohen Investitionskosten** zu sichern. Politische Entscheider in Kreistagen und Gemeinderäten werden Haushaltsmittel für eine Förderung von Ausbauvorhaben bewilligen, wenn die Nachfrage in den Kommunen steigt.

Der Breitbandausbau sollte eng mit der grundsätzlichen **digitalen Strategie des Landes** verknüpft werden, da der **NGA-Ausbau Bestandteil des generellen Ausbaus von digitalen Infrastrukturen** ist. Diese umfassen auch die Vernetzung der Telekommunikationsnetze mit den Energie- und Verkehrsnetzen sowie den Logistik-, Verwaltungs-, Gesundheits- und Bildungsnetzen.

© TÜV RHEINLAND 2015

# 2.

# Ausgangslage, Zielsetzung und Aufgabenstellung

© TÜV RHEINLAND 2015

## AUSGANGSLAGE

Die Digitalisierung hat alle Bereiche der Gesellschaft und der Arbeitswelt erfasst. Die **Verfügbarkeit von schnellen Datenverbindungen ist ein Schlüsselfaktor im Standortwettbewerb** um Unternehmen und Fachkräfte geworden – nicht nur in urbanen Gebieten, sondern in besonderem Maße auch in ländlichen Räumen. Die Breitbandversorgung zählt mittlerweile zu den Voraussetzungen einer hohen Lebensqualität in Europa.

Rheinland-Pfalz besitzt heute eine nahezu flächendeckende Grundversorgung mit Bandbreiten von bis zu 6 Mbit/s. Die Netzbetreiber haben in den letzten Jahren, teilweise mit erheblicher Unterstützung der öffentlichen Hand, die Infrastruktur ausgebaut. Im Land wird seit Jahren die Basis für den Ausbau der Hochgeschwindigkeitsnetze gelegt. Im Vordergrund steht im ersten Schritt der bedarfsorientierte, flächendeckende Ausbau mit Bandbreiten von 50 Mbit/s. Zeitgleich und in einem weiteren Schritt werden diese Netze verdichtet, sodass Bandbreiten von bis zu 100 Mbit/s erreichbar werden. Als Zwischenziel wurde die Versorgung mit 50 Mbit/s innerhalb der letzten vier Jahre von 27,1 Prozent (Mitte 2011) auf 65,9 Prozent (Mitte 2015) gesteigert[1].

**Die aktuelle Versorgung mit Bandbreiten von 50 Mbit/s reicht jedoch nicht aus, um die Zahl der ständig wachsenden digitalen Anwendungen und Dienstleistungen zu bewältigen**. Dazu gehören das Streaming von Filmen in Echtzeit, die intelligente Vernetzung von Maschinen (Industrie 4.0), die Datenbearbeitung in der Cloud, die Online-Abwicklung von Behördengängen oder die Unterstützung der medizinischen Versorgung durch digitale Datenübertragung. Diese Dienste können nur funktionieren, wenn Privathaushalte und Gewerbe, aber auch öffentliche Einrichtungen und Dienste der Daseinsvorsorge an Hochgeschwindigkeitsnetze angeschlossen sind.

Manche Studien sprechen bereits von notwendigen Bandbreiten von mehreren Gbit/s[2]. Auch wenn diese Zahl zu hoch gegriffen sein sollte, führt kein Weg an ultraschnellen Zugangsnetzen mit mindestens 300 Mbit/s vorbei. Für die Hochgeschwindigkeitsnetze der Zukunft müssen schon heute die Weichen gestellt werden.

## ZIELSETZUNG

Um das Land auf die digitalen Anforderungen von morgen vorzubereiten, müssen die **bestehende Breitbandinfrastruktur ausgebaut und die technischen Voraussetzungen geschaffen werden, um perspektivisch Bandbreiten jenseits von 300 Mbit/s zu gewährleisten**. Nicht nur wirtschaftlich attraktive Regionen sollen von Hochgeschwindigkeitsbreitband profitieren. Auch strukturschwache Gemeinden in Rheinland-Pfalz sollen mit Glasfaseranschlüssen erschlossen werden. Der **Netzausbau soll flächendeckend über einen Technologie- und Maßnahmenmix erfolgen, um die spezifischen topografischen und fiskalischen Gegebenheiten in den Kommunen zu berücksichtigen.**

## AUFGABENSTELLUNG

Diese Studie untersucht, welche Rahmenbedingungen in Rheinland-Pfalz für den Netzausbau mit Glasfaser bis ins Gebäude (FTTB) bzw. in die Wohneinheit (FTTH) zu schaffen sind – netztechnisch, ökonomisch, fiskalisch und regulatorisch.

In einem ersten Schritt werden Voraussetzungen und Potentiale im Land untersucht. Die aktuelle und perspektivische **Breitbandversorgung** wird analysiert, um Gebiete mit dem höchsten Ausbaubedarf zu identifizieren. Eine Prüfung der vorhandenen **Infrastrukturen** und verfügbaren **Netztechnologien** erlaubt eine Bewertung, wie umfangreich und mit welchen Techno-

[1] Daten aus dem Breitbandatlas des Bundes sowie von TÜV Rheinland
[2] Vgl. Studie der Technischen Universität Dresden. Breitbandstudie Sachsen 2030. Zukünftige Dienste, Adaptionsprozesse und Bandbreitenbedarf. Studie im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr. S. 3.

logien die Glasfasernetze zu planen sind. Hierbei werden auch die Investitionspotentiale und **Strategien der Marktakteure** berücksichtigt.

Ein erfolgreicher Ausbau der Breitbandnetze ist abhängig von Akzeptanz und Nachfrage. Die Studie beschreibt, welche **Nutzungsmöglichkeiten durch die Verfügbarkeit von ultraschnellen Breitbandnetzen** bestehen und wie Bürger und Gewerbetreibende von digitalen Diensten profitieren können.

Auf Basis dieser Analyse wird eine **detaillierte Netzplanung für ein FTTB- bzw. FTTH-Netz** erstellt. Diese gibt Auskunft über zu verlegende Elemente der Glasfasernetze sowie die **Kosten auf Ebene des Landes, der Landkreise und Verbandsgemeinden** sowie pro Haushalt. Die **Einsparpotentiale** zur Kostenreduktion u.a. im Rahmen von Synergienutzung werden identifiziert.

Netzplanung und Kostenschätzung ermöglichen die Initiierung von Ausbauvorhaben, die durch die Kommunen erfolgen, wenn kein eigenwirtschaftlicher Ausbau stattfindet. Die Gemeinden verfügen über regulatorischen Spielraum bei der **Wahl des Trägermodells**, über das die Breitbandinfrastruktur aufgebaut und das Netz betrieben wird. Die Studie stellt die gängigsten Modelle vor: Betreibermodell, öffentlich-private Partnerschaften und Zuschussmodell zur Deckelung der Wirtschaftlichkeitslücke (die Differenz zwischen Investitionskosten und Einnahmen).

Da die Finanzierung des Breitbandausbaus eine der größten Herausforderungen darstellt, werden die ökonomischen und finanziellen Rahmenbedingungen betrachtet. Die **Wirtschaftlichkeitslücke** wird für ausgewählte Ausbauszenarien berechnet sowie die Modellrechnung eines Betreibermodells (Pachtmodell) erstellt. Der Kostenrahmen wird einer **Kosten-Nutzen-Analyse in Hinblick auf die demografische Entwicklung** unterzogen.

Die Berechnungen bilden die Grundlage für die **Wahl der Fördermittel und Finanzierungsinstrumente**. Förderrahmen und verfügbare Förderprogramme werden vorgestellt und Kombinationsmöglichkeiten der Finanzierung erläutert.

Die Ergebnisse der Studie können die Grundlage in der weiteren Planung und Gestaltung des Infrastrukturausbaus bilden. **Handlungsempfehlungen zeigen die Umsetzungsoptionen** eines Ausbaus der Zugangsnetze der nächsten Generationen mit Bandbreiten von mindestens 300 Mbit/s auf.

# 3.

# Ist-Zustand der Hochgeschwindigkeitsnetze

# 3.1 Infrastrukturanalyse – aktuelle Verfügbarkeit von NGA-Netzen

## 3.1.1 Versorgungssituation im Überblick

**Die bevölkerungs- und siedlungsstrukturellen Gegebenheiten in Rheinland-Pfalz haben spürbare Auswirkungen auf den Breitbandausbau und damit auf die Versorgungssituation.** Das Land gehört laut Daten des Statistischen Bundesamtes von 2013 mit einer Bevölkerungsdichte von 201 Einwohnern/km² zu den durchschnittlich dicht besiedelten Flächenländern und liegt leicht unter dem bundesweiten Durchschnitt von 226 Einwohner/km².

**Bevölkerungsverteilung und Siedlungsdichte sind regional sehr unterschiedlich ausgeprägt.** Die am dichtesten besiedelten Gebiete mit mehr als 200 Einwohnern/km² liegen mehrheitlich in den östlichen Regionen des Landes und dort in den städtischen Ballungsgebieten. Insgesamt leben etwa 30 Prozent der Bevölkerung in ländlichen Räumen, die ca. 60 Prozent der Landesfläche ausmachen. Einen weiteren Einflussfaktor stellt die Bevölkerungsentwicklung dar, die in Rheinland-Pfalz in den vergangenen Jahren leicht rückläufig ist – ein Trend, der sich nach aktuellen Prognosen mindestens bis ins Jahr 2060 fortsetzen wird. Dieser Umstand beeinflusst die Nachfrage nach Breitbandanschlüssen und damit die Höhe der Einnahmen der Netzbetreiber.

**Nicht zuletzt aufgrund der topografischen Gegebenheiten ist das Bundesland außerdem durch unterschiedliche Siedlungsformen mit diversen Straßen- und Bebauungsstrukturen geprägt.** Hierzu gehören im ländlichen Raum insbesondere lineare Siedlungsformen mit geradliniger, meist doppelzeiliger Aufreihung von Gebäudestrukturen entlang einer Hauptstraße mit einer dichten Anordnung der Einzelhäuser genauso wie radiale Siedlungsformen mit einer flächigen Bebauungsstruktur in gleichmäßigem Abstand zum Dorf- oder Stadtkern. Insbesondere in urbanen Räumen, von denen die Mehrzahl im Osten und Süden des Bundeslands liegen, findet man hybride Siedlungsformen mit einer heterogenen Bebauungsstruktur vor, die sich durch einen dicht bebauten Stadtkern und umgebende lineare Siedlungsstrukturen der zulaufenden Verkehrsinfrastrukturen auszeichnen. Die Studie zeigt, wie diese Faktoren die Umsetzung von Ausbauprojekten bestimmen.

**Grundsätzlich hat sich die Breitbandversorgung in Rheinland-Pfalz über die vergangenen Jahre stetig verbessert. Mittlerweile ist eine nahezu flächendeckende Versorgung der Haushalte mit Bandbreiten von bis zu 6 Mbit/s erreicht.** Auf dieser Grundversorgung setzt der Auf- und Ausbau von hochleistungsfähigen Breitbandnetzen an. Diese „Next Generation Access"-Netze, kurz NGA-Netze (Zugangsnetze der nächsten Generation), ermöglichen per Definition der Bundesregierung und der Europäischen Union mindestens 30 Mbit/s im Download für Privatpersonen und Gewerbetreibende[3].

Gegenwärtig sind Bandbreiten von 30 Mbit/s für einen Großteil der Anwendungen und Dienste im Netz noch ausreichend. **Allerdings werden mittelfristig und angesichts einer Zunahme der intelligenten, digital vernetzten Dienste und Produkte deutlich höhere Bandbreiten jenseits von 100 oder 300 Mbit/s benötigt.**

Im Vorfeld einer strategischen Netzplanung für Rheinland-Pfalz werden die derzeitige Verfügbarkeit einer Breitbandversorgung ab 30 Mbit/s sowie die potentielle Verfügbarkeit von 300 Mbit/s betrachtet. Die nachstehend dargestellten Versorgungssituationen wurden auf Basis der TÜV Rheinland verfügbaren Daten, den Angaben der regionalen und lokalen Marktteilnehmer und des Breitbandatlas von Rheinland-Pfalz ermittelt.

[3] Auf- und Ausbau von Zugangsnetzen der nächsten Generation (englisch Next Generation Access, NGA-Networks) sind laut Bundesregierung und EU förderfähig, vgl. Rahmenregelung der Bundesregierung zur Bereitstellung von Leerrohren (Kabelschutzrohren) durch die öffentliche Hand zur Herstellung einer flächendeckenden Breitbandversorgung. Link zur NGA-Rahmenregelung

**Grundsätzlich spiegelt die Breitbandversorgung die geografischen Gegebenheiten sowie die typischen städtischen und ländlichen Siedlungsstrukturen in Rheinland-Pfalz wider.** Laut gängiger Definition wird in der Breitbandverfügbarkeit zwischen weißen, grauen und schwarzen Flecken unterschieden. Diese beschreiben, ob und wie viele Technologien für eine 30 Mbit/s Versorgung vorhanden sind[4]. In Rheinland-Pfalz finden sich die überdurchschnittlich gut versorgten Gebiete in den städtischen Ballungszentren, insbesondere im Nord- und Südosten des Landes. **Die Tatsache, dass Rheinland-Pfalz als eines der waldreichsten Bundesländer mit teilweise stark ausgeprägter Topographie gilt, bedingt, dass ein Großteil der noch verbliebenen weißen Flecken in den ländlichen Regionen entlang der Wälder zu finden ist.**

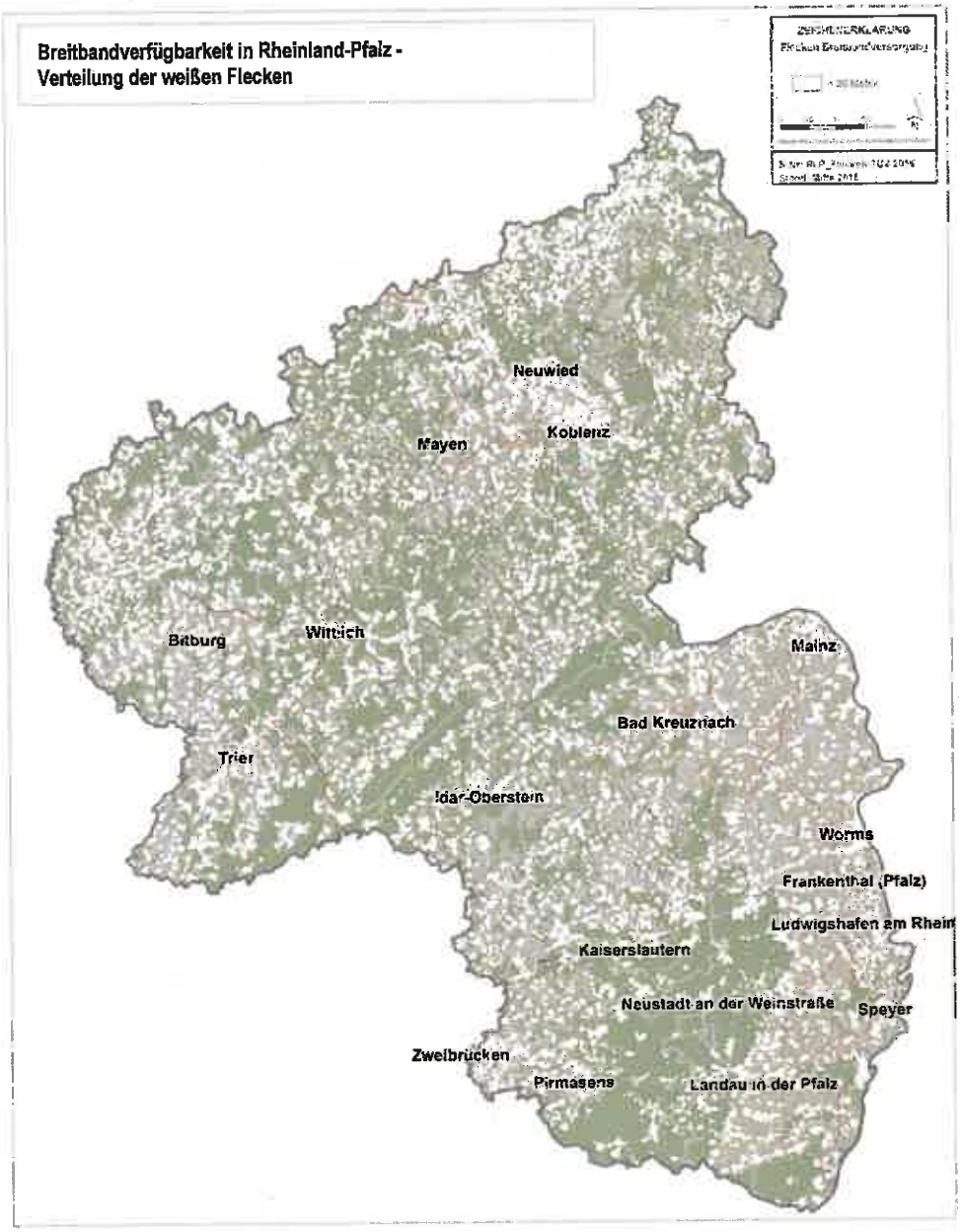



Abbildung 1: Verteilung der Breitbandverfügbarkeit

[4] Mitteilung der Kommission (2013): Leitlinien der EU für die Anwendung der Vorschriften über staatliche Beihilfen im Zusammenhang mit dem schnellen Breitbandausbau. (2013/C 25/01). Randnummern 66 ff. Link zu den Breitbandleitlinien der Kommission

### 3.1.2 Versorgungssituation bis 100 Mbit/s

**Die Breitbandversorgung in Rheinland-Pfalz liegt im Bundesdurchschnitt.** 65,9 Prozent der Haushalte können grundsätzlich auf Bandbreiten von ≥ 50 Mbit/s zurückgreifen. Auf Bundesebene liegt der Mittelwert knapp darüber bei 68,7 Prozent (Stand Mitte 2015). Im Bereich der Versorgung mit 30 Mbit/s liegt Rheinland-Pfalz hingegen leicht über dem Bundesdurchschnitt: 77 Prozent können grundsätzlich diese Bandbreiten nutzen, während der Mittelwert auf Bundesebene 76,7 Prozent beträgt.

| VERSORGUNGSRATEN (Stand August 2015) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Alle Technologien | | Leitungsgebundene Technologien | | Drahtlose Technologien | |
| | ≥ 30 Mbit/s | ≥ 50 Mbit/s | ≥ 30 Mbit/s | ≥ 50 Mbit/s | ≥ 30 Mbit/s | ≥ 50 Mbit/s |
| Rheinland-Pfalz | 77,0 % | 65,9 % | 75,9 % | 65,4 % | 2,9 % | 1,4 % |
| Deutschland | 76,7 % | 68,7 % | 76,1 % | 68,5 % | 2,2 % | 1,3 % |

Tabelle 3: Breitbandversorgung in Rheinland-Pfalz mit 30 Mbit/s und 50 Mbit/s nach Technologien

**Breitband wird Privathaushalten und Gewerben fast ausschließlich über leitungsgebundene Technologien wie Kupferkabel, Kabel-TV und Glasfaser bereitgestellt.** Dabei beruht die weiträumige Verfügbarkeit insbesondere auf dem umfassenden Ausbau des Kabelfernsehnetzes. Drahtlose Technologien spielen in der flächendeckenden Versorgung mit 50 Mbit/s dagegen – ähnlich wie im bundesweiten Mittel – mit 1,4 Prozent nur eine untergeordnete Rolle.

**Der Grad der Breitbandversorgung unterscheidet sich je nach Siedlungsstrukturen. Dies ist teilweise in der Topografie des Landes sowie in den mehrheitlich dünn besiedelten Landesteilen begründet. Beide Umstände stellen für Netzbetreiber entscheidende Faktoren dar, ob ein Ausbau der Telekommunikationsinfrastruktur in einer bestimmten Region wirtschaftlich vertretbar ist.** Diese Gebiete werden häufig nicht durch einen privatwirtschaftlich getriebenen Breitbandausbau erschlossen. Die Versorgungssituation verbessert sich entsprechend nur langsam bzw. nur durch Engagement der öffentlichen Hand und unter Einsatz von Fördermitteln.

**In den städtisch geprägten Gebieten wird eine nahezu zweieinhalb Mal so hohe Versorgungsrate bei 50 Mbit/s erreicht wie in ländlichen Regionen:** 84,7 im Vergleich zu 33,9 Prozent. Auch der Abstand zu den halbstädtischen Gebieten ist deutlich – in diesen werden nur 58,2 Prozent der Haushalte erreicht.

| VERSORGUNGSRATE IN RHEINLAND-PFALZ FÜR ALLE TECHNOLOGIEN (Stand August 2015) | | |
|---|---|---|
| | ≥ 30 Mbit/s | ≥ 50 Mbit/s |
| Städtisch | 90,5 % | 84,7 % |
| Halbstädtisch | 72,2 % | 58,2 % |
| Ländlich | 51,1 % | 33,9 % |

Tabelle 4: Breitbandversorgung 30 und 50 Mbit/s nach Siedlungsstrukturen

**Mit Blick auf die geographische Verteilung der Breitbandversorgung zeigt sich ein deutliches Gefälle zwischen dem westlichen Landesteil und den anderen Regionen von Rheinland-Pfalz.**

Der Westen verzeichnet aufgrund der topografischen Gegebenheiten (Mittelgebirge) und einer sehr ländlichen Prägung niedrigere Versorgungsraten. Im Nord- und Südosten werden hingegen gute Versorgungsgrade mit Bandbreiten von bis zu 30 Mbit/s erreicht. Die höchste Abdeckung mit ≥ 50 Mbit/s erzielen die zentral gelegenen und östlichen Landkreise und kreisfreien Städte von Rheinland-Pfalz, unter anderem die Regionen um Koblenz, Mainz, Ludwigshafen, Neustadt a.d. Weinstraße und Kaiserslautern. Die Versorgung der einzelnen Landesteile ist auf den folgenden Abbildungen dargestellt.

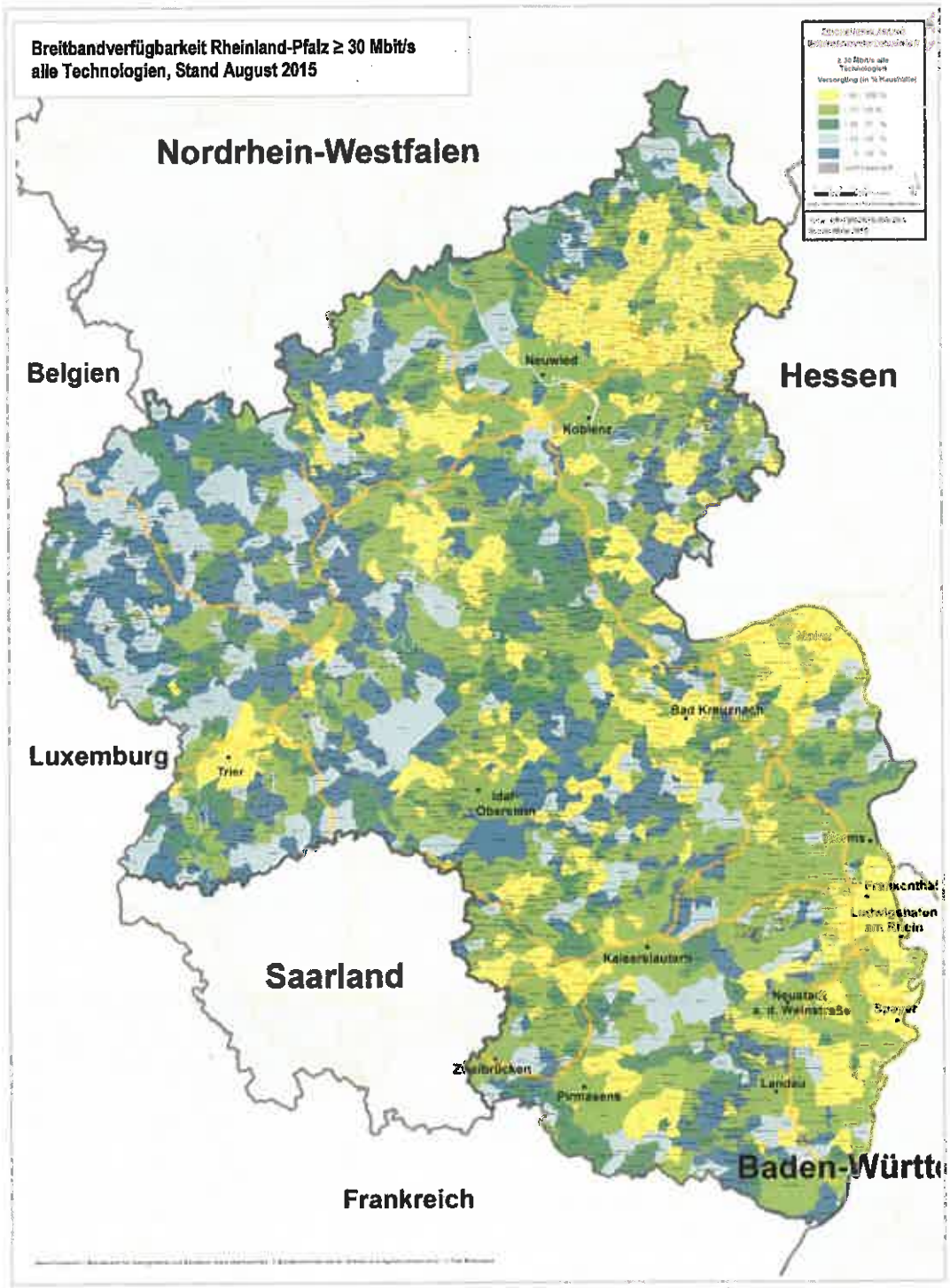



Abbildung 2: Breitbandverfügbarkeit Rheinland-Pfalz ≥ 30 Mbit/s

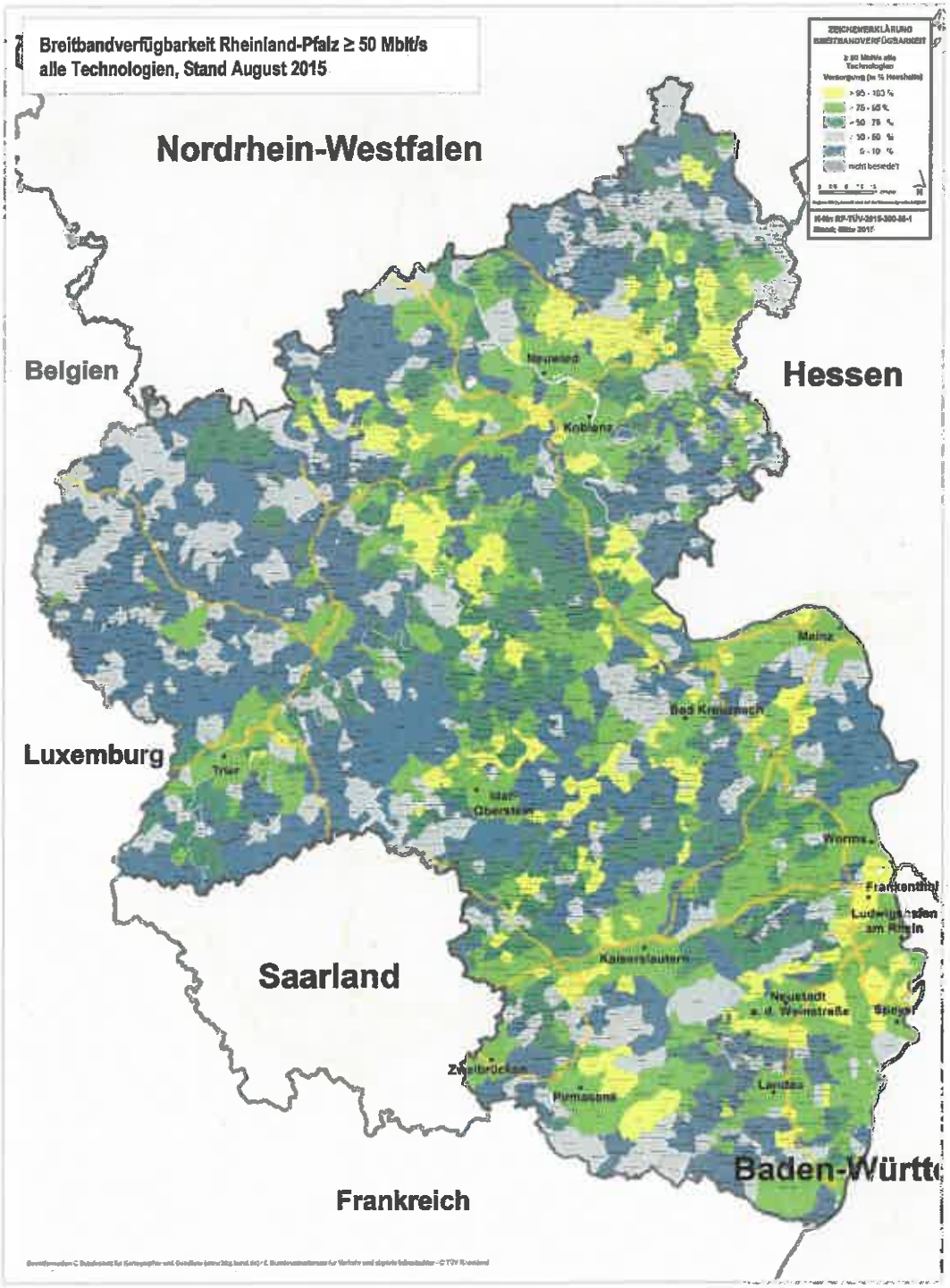



Abbildung 3: Breitbandverfügbarkeit Rheinland-Pfalz ≥ 50 Mbit/s

Die Versorgungsraten sind nachfolgend für jeden Landkreis dargestellt.

| | VERSORGUNGSRATE FÜR ALLE TECHNOLOGIEN (Stand August 2015) | |
|---|---|---|
| LANDKREISE UND KREISFREIE STÄDTE | ≥ 30 Mbit/s | ≥ 50 Mbit/s |
| Ahrweiler | 65,3 % | 52,3 % |
| Altenkirchen (Westerwald) | 57,1 % | 35,2 % |
| Alzey-Worms | 81,2 % | 62 % |
| Bad Dürkheim | 74,2 % | 63,9 % |
| Bad Kreuznach | 76,8 % | 66,5 % |
| Bernkastel-Wittlich | 49 % | 39,5 % |
| Birkenfeld | 69,2 % | 57,6 % |
| Cochem-Zell | 79,3 % | 67,4 % |
| Donnersbergkreis | 67,1 % | 56,5 % |
| Eifelkreis Bitburg-Prüm | 38,3 % | 19,3 % |
| Frankenthal (Pfalz) | 98 % | 95,2 % |
| Germersheim | 73,4 % | 61,3 % |
| Kaiserslautern (Landkreis) | 68,6 % | 62,2 % |
| Kaiserslautern (Stadt) | 91,5 % | 90,8 % |
| Koblenz | 78,6 % | 77,5 % |
| Kusel | 78 % | 63,1 % |
| Landau in der Pfalz | 86 % | 81,2 % |
| Ludwigshafen am Rhein | 97,3 % | 94 % |
| Mainz | 95,4 % | 87,1 % |
| Mainz-Bingen | 76 % | 46,6 % |
| Mayen-Koblenz | 78,5 % | 75,5 % |
| Neustadt an der Weinstraße | 77,6 % | 77,6 % |
| Neuwied | 78,2 % | 61,2 % |
| Pirmasens | 83,4 % | 83,4 % |
| Rhein-Hunsrück-Kreis | 79,1 % | 71,6 % |
| Rhein-Lahn-Kreis | 64,5 % | 52,4 % |
| Rhein-Pfalz-Kreis | 93,1 % | 84,7 % |
| Speyer | 97,7 % | 94,3 % |
| Südliche Weinstraße | 61,6 % | 51,5 % |
| Südwestpfalz | 68,7 % | 50,2 % |
| Trier (Stadt) | 95,2 % | 84,5 % |
| Trier-Saarburg | 53,6 % | 40,5 % |
| Vulkaneifel | 35,4 % | 23,9 % |
| Westerwaldkreis | 92,5 % | 74,2 % |
| Worms | 91,9 % | 86,9 % |
| Zweibrücken | 90,4 % | 76,5 % |

Tabelle 5: Versorgungssituation in Landkreisen und kreisfreien Städte

### 3.1.3 Potentielle Versorgung mit mehr als 100 Mbit/s

**Trotz der schwierigen Rahmenbedingungen in Hinblick auf die Siedlungsstrukturen besitzt Rheinland-Pfalz dennoch eine gute Ausgangslage für eine Breitbandversorgung mit mehr als 100 Mbit/s.** Auf solche Bandbreiten können bereits heute über die Hälfte der Haushalte potentiell zurückgreifen (56,8 Prozent)[5].

| VERSORGUNGSRATE ≥ 100 MBIT/S (Stand August 2015) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Alle Technologien | Leitungs-gebundene Technologien | Drahtlose Tech-nologien | FTTB/FTTH | CATV |
| Rheinland-Pfalz | 56,8 % | 56,8 % | 0,0 % | 1,7 % | 56,6 % |

Tabelle 6: Breitbandversorgung ≥ 100 Mbit/s

Die Glasfasernetzinfrastrukturen (FTTB und FTTH, siehe nächstes Kapitel) werden bisher bei Privathaushalten durch Netzbetreiber zurückhaltend ausgebaut: **Zukunftssichere Breitbandnetze werden vorrangig von Gewerben genutzt. Das Ausbaupotential ist dementsprechend groß.** Derzeit können lediglich 1,7 Prozent der Haushalte über Glasfasernetze Bandbreiten ≥ 100 Mbit/s potentiell nutzen.

**Die Versorgung mit höheren Bandbreiten leisten überwiegend die Kabelnetzbetreiber über Kabelfernsehnetze (CATV).** Sie bieten über die regulären Kabelanschlüsse ihren Kunden zusätzlich Breitband an; insgesamt ist dies in 272 von 2.306 Gemeinden und kreisfreien Städten der Fall. Dort können über 90 Prozent der Haushalte potentiell auf Bandbreiten ≥ 100 Mbit/s zurückgreifen. Von den vorhandenen Kabel-TV-Netzen in Rheinland-Pfalz profitieren vor allem die städtischen und halbstädtischen Gebiete. In diesen Regionen gibt es häufig einen NGA-Infrastrukturwettbewerb der Kabelfernsehnetze mit den Glasfaserstrukturen. Durch zukünftige technologische Entwicklungen verfügen insbesondere Kabel-TV-Netze über das Potential für wesentlich höhere Bandbreiten jenseits von 100 Mbit/s.

| VERSORGUNGSRATE ÜBER CATV (Stand August 2015) | | |
|---|---|---|
| | mind. 50 % | mind. 90 % |
| Anzahl der Gemeinden | 499 | 272 |

Tabelle 7: Breitbandversorgung über CATV

Grundsätzlich zeigt sich, dass sich teilweise die Gebiete überschneiden, in denen sowohl CATV als auch FTTB/FTTH die Breitbandversorgung mit Bandbreiten ≥ 100 Mbit/s übernehmen.

[5] Die Versorgungsperspektive ≥ 100 Mbit/s wurde auf Basis von Daten der Netzbetreiber ermittelt, die im Rahmen der Erstellung dieser Studie befragt wurden.

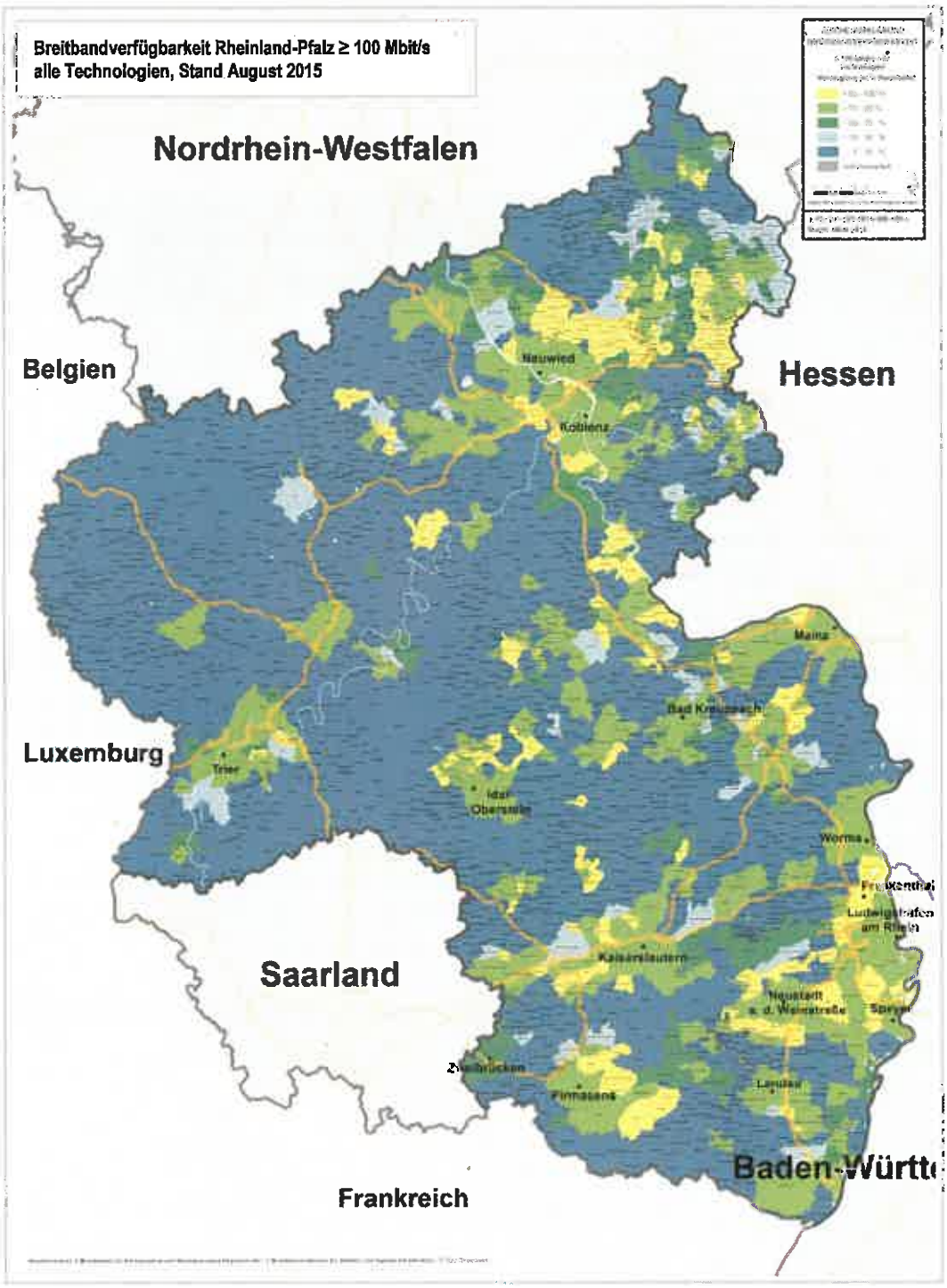



Abbildung 4: Breitbandverfügbarkeit Rheinland-Pfalz ≥ 100 Mbit/s

# 3.2 NGA-Netztechnologien

Die Versorgungssituation zeigt, dass unterschiedliche Technologien von den Netzbetreibern eingesetzt werden. **Breitbandnetze werden auch in Zukunft über verschiedene Netzstrukturen und Technologien aufgebaut.** Um die Planung eines 300 Mbit/s-Netzes für eine flächendeckende Versorgung in Rheinland-Pfalz zu erstellen, werden zuvor derzeit verfügbare Technologien und ihre Leistungsfähigkeit bewertet. Auch zukünftige Technologien und ihr Beitrag für die Erreichung der flächendeckenden Versorgung von Übertragungsraten von bis zu 300 Mbit/s sind zu prüfen. Im Vorfeld dieser Evaluierung werden die Bestandteile von Breitbandnetzen vorgestellt, um auf dieser Basis die für Rheinland-Pfalz beste Lösung zu identifizieren.

## 3.2.1 Überblick Netzstruktur, -architektur, -topologie und -technologie

**Bei der Netzplanung unterscheidet man zwischen vier Kategorien zur Beschreibung eines Telekommunikationsnetzes: Netzstruktur, Netzarchitektur, Netztopologie sowie Netztechnologie.** Die Netzstruktur gibt dabei die Lage der aktiven Komponenten sowie der passiven Netzabschnitte und -elemente vor. Die Netzarchitektur beschreibt die Art der Anbindung des Teilnehmers an das Netz. Diese bildet die Grundlage für die Wahl der geeigneten Netztechnologie. Die Netztopologie bestimmt die räumliche Lage der Netzknoten, wie beispielsweise die Start-, Verteiler- und Endpunkte beim Kundenanschluss sowie die sie verbindenden Netzstrukturen.

### Netzstruktur

Die Netzstruktur teilt sich in passives optisches Netz (PON) und aktive Komponenten (aktives optisches Netz, AON). PON ist ein mit Glasfaserkabel und passiven Verbindungselementen errichtetes Glasfasernetz. In Verbindung mit den aktiven Komponenten ermöglicht es den Transport von digitalen Signalen mittels Lichtwellen.

**Beim Ausbau des PON summieren sich die Kosten des Tiefbaus auf ca. 80 Prozent der Gesamtausbaukosten und machen damit einen Großteil der Investitionen aus. Strukturunterschiede zwischen städtischen und ländlichen Räumen führen zu deutlich abweichenden Ausbaukosten zwischen den Kommunen.** Hier können alternative Verlegungsmethoden erhebliche Kosteneinsparungen bringen.

Die Reichweite eines PON liegt derzeit zwischen 15 und 20 km aufgrund der Dämpfung im Glasfaserkabel. Die dieser Studie zugrundeliegende Netzplanung geht von einem Radius vom 15 km aus. Mit dem Ziel, die Technologieneutralität zu gewährleisten, wird vom Einsatz des aktiven Ethernet (s. unten) ausgegangen.

In der PON-Netzplanung werden vier Netzabschnitte unterschieden: Backbone, Hauptkabelbereich, Anschluss- und Verteilbereich sowie Hausanschluss.

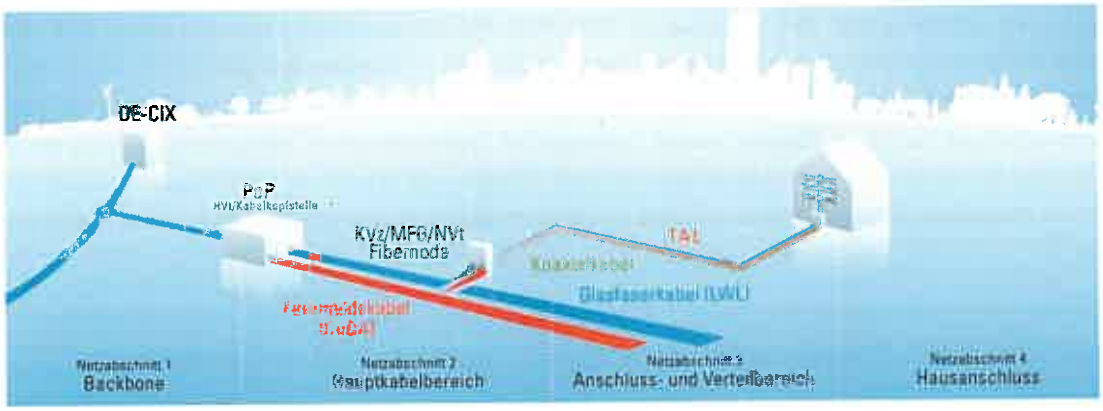



Abbildung 5: Netzabschnitte

## Netzabschnitt 1: Backbone

**Grundlage jedes Breitbandnetzes ist der sogenannte Backbone, der aus Glasfaserkabeln besteht.** Darunter versteht man das technische Basisnetz für den digitalen Datenaustausch über Lichtwellen. Das Backbone-Netz ist in zwei verschiedenen Ebenen strukturiert: Level 1: international und Level 2: national.

Der Level-2-Backbone ist der Weg aller angeschlossenen Teilnehmer in das Internet, z.B. über den in Frankfurt gelegenen Internetknoten DE-CIX, der weiträumig den Internetverkehr bündelt, weiterleitet und koordiniert. Der Backbone verbindet die einzelnen zentralen Knotenpunkte des Netzes, die PoP (Points of Presence), auf regionaler Ebene miteinander. Diese PoP führen in Form von Hauptverteilern (HVt) sämtliche Verbindungen für den Daten- und Sprachverkehr zusammen. Aus Gründen der Ausfallsicherheit (Redundanz) werden diese PoP vorzugsweise in Ringstrukturen miteinander verbunden.

Abbildung 6: Netzabschnitt 1 – Backbone

© TÜV RHEINLAND 2015

## Netzabschnitt 2: Hauptkabelbereich

Der Hauptkabelbereich beginnt am PoP als zentralem Schaltpunkt der einzelnen Netzsegmente und endet am Kabelverzweiger (KVz). Der KVz ist im Straßenbild oft als grauer Kasten am Straßenrand erkennbar. **Ein Netzknotenpunkt, PoP, hat einen Versorgungsradius von 10 km bis 20 km (in der Studie 15 km); seine Lage bestimmt deshalb den Zuschnitt des Erschließungsgebiets (Cluster) für einen Netzausbau.**

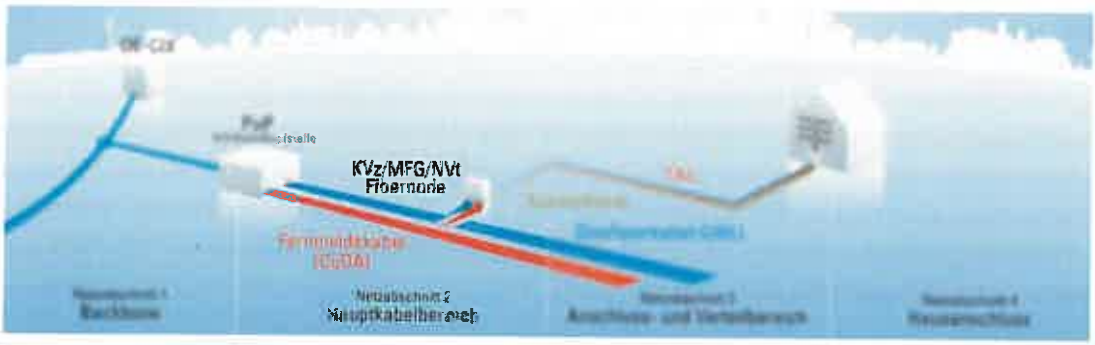



Abbildung 7: Netzabschnitt 2 – Hauptkabelbereich

Vom KVz, also dem Endpunkt des Hauptkabelbereichs, wird die Leitung in Richtung Kundenanschluss geführt. In der umgekehrten Richtung wird im KVz gleichzeitig das Verzweigernetz in Richtung PoP konzentriert. **Der Aufstellort des Kabelverzweigers, d.h. dessen Entfernung zum Endkunden, sowie dessen technische Ausstattung haben entscheidenden Einfluss auf die Funktions- und Leistungsfähigkeit des Netzes.**

## Netzabschnitt 3 und 4: Anschlussbereich und Hausanschluss

Der Anschlussbereich beginnt am KVz und umfasst das Verteilernetz und den Hausanschluss. Der Abschnitt zwischen KVz und dem Endkunden wird Teilnehmeranschlussleitung (TAL) oder umgangssprachlich „letzte Meile" genannt. Der KVz verbindet dabei das vom HVt kommende Hauptkabel mit den Verzweigerkabeln.

Abbildung 8: Netzabschnitt 3 – Anschluss- und Verteilbereich und Netzabschnitt 4 – Hausanschluss

Bei einem Glasfaseranschluss, der bis ins Gebäude reicht, besteht die „letzte Meile" aus zwei Teilabschnitten. Im ersten Teilabschnitt werden die Rohre und Glasfaserkabel entlang der Straßen vorbei an den anzuschließenden Gebäuden verlegt (bezeichnet als *homes passed*), bei erweitertem Ausbau auch bis an die Gebäude heran. Erst im zweiten Teilabschnitt erfolgen der Zugang ins Gebäude (bezeichnet als *homes connected*) und damit der Abschluss des Verteilerkabels am Glasfaser-Abschlusspunkt (Gf-APL). Dieser befindet sich ortsnah zum Wanddurchbruch, an dem der Gebäudezugang durchgeführt

wurde. Hier ist zugleich die Schnittstelle zwischen den Netzabschnitten 3 und 4, an welcher der Übergang von der Außen- zur Innenverkabelung erfolgt.

## Netzarchitektur

Unter der Netzarchitektur versteht man die Art und Weise, wie die Glasfaseranbindung des jeweiligen Teilnehmers erfolgt. Dabei kann es sich um eine direkte oder eine gesplittete Glasfaseranbindung handeln.

Bei Point-to-Point-Architekturen (P2P) werden die Teilnehmer mit einer dedizierten Glasfaseranbindung direkt an den Glasfaserhauptverteiler im Knotenpunkt PoP angebunden. Mittels des Active Ethernet können auf diesem Wege hohe Bandbreiten nicht nur im Down-, sondern auch im Upstream über eine große Entfernung erreicht werden. Dabei nutzt jeder Teilnehmeranschluss ein separates Glasfaserpaar. Im Unterschied dazu teilen sich bei Point-to-Multi-Point-Architekturen (P2MP) mehrere Teilnehmer eine Glasfaseranbindung; dabei werden sie mit einer fest definierten Bandbreite versorgt – z.B. mittels eines passiven optischen Netzwerks (z.B. GPON, s. unten).

Anders als bei P2MP ergibt sich bei einer P2P-Architektur eine hohe Anzahl angeschlossener Teilnehmer (Ports) in den Netzknoten. Dies führt zu umfangreichem Materialaufwand und hohem Platzbedarf, ermöglicht aber auch höhere Bandbreiten bei den einzelnen Nutzern. P2P wird vor allem in Neubaugebieten und bei Gewerbeanschlüssen verwendet; P2MP kommt hingegen mehrheitlich bei bereits bestehenden Ausbaugebieten und Privatkunden zum Einsatz.

## Netztopologie

Die Netztopologie beschreibt die räumliche Lage der Start- und Endpunkte des Netzes, d.h. des PoP und des abschließenden Anschlusspunktes, sowie Aufbau und Struktur des Netzes, das Start- und Endpunkte miteinander verbindet. Dabei unterscheidet man verschiedene topologische Strukturen, unter anderem Stern-, Baum-, Ring- und vermaschte Strukturen.

Die Wahl der Struktur hat Einfluss auf die Ausfallsicherheit der Netze. Bei der Ring- und Baumstruktur kann der Ausfall einzelner Leitungsteile zum Ausfall des kompletten Netzes führen. Stern- und vermaschte Strukturen sind dagegen redundant aufgebaut. Allerdings erfordert diese Art der Vernetzung zusätzliche Verkabelung.

© TÜV RHEINLAND 2015

## Netztechnologie

Für den topologischen Aufbau von NGA-Netzen können unterschiedliche Technologien genutzt werden – je nachdem welche lokalen Gegebenheiten man beim Ausbau vorfindet, z.B. in Bezug auf Topographie, Bevölkerungs- und Siedlungsstrukturen, vorhandene Infrastrukturen und mehr. Grundsätzlich wird anhand des Übertragungsweges und des Anschlusses der Teilnehmer zwischen kabelgebundenen und drahtlosen Technologien unterschieden.

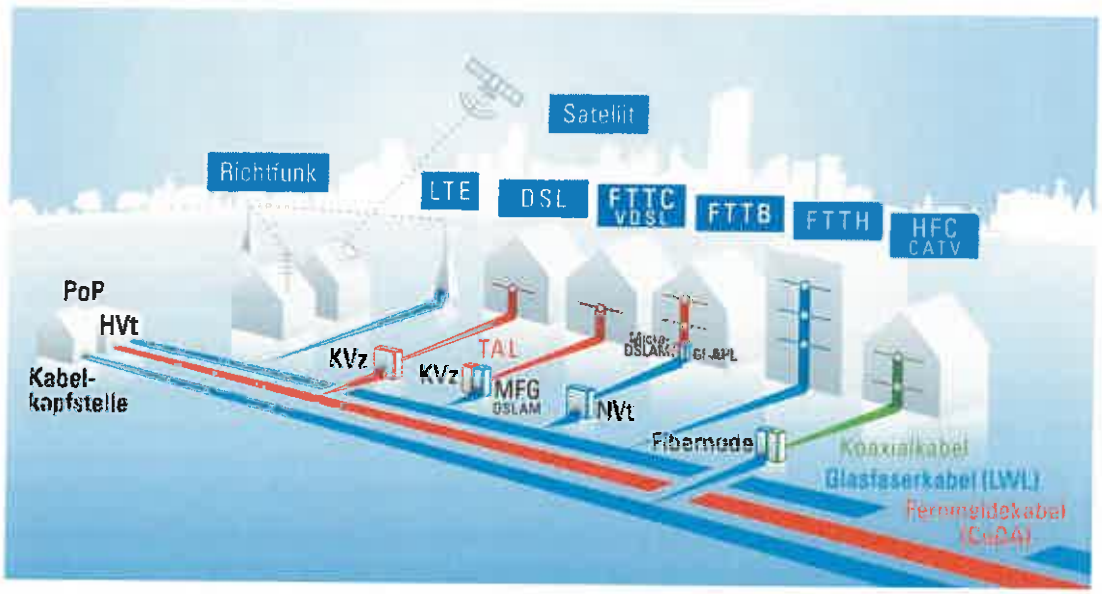



Abbildung 9: Grundsätzlich verfügbare Technologien

Mit Blick auf die zukünftigen Bedarfe an Bandbreiten jenseits von 100 Mbit/s müssen diese Netztechnologien auf ihre Kapazitäten hinsichtlich der notwendigen Übertragungsraten sowie einer flächendeckenden Versorgung betrachtet werden. Denn nicht alle Technologien sind gleichermaßen für die Vielzahl von Ansprüchen geeignet. In den folgenden Kapiteln werden deshalb die Technologien im Detail vorgestellt.

## 3.2.2 Derzeit verfügbare Netztechnologien

### 3.2.2.1 Kabelgebundene Technologien

Kabelgebundene Breitbandverbindungen umfassen alle Technologien, bei denen Signale mittels kupfer- oder glasfaserbasierten Kabeln gesendet und empfangen werden. Dazu zählen unter anderem:

- DSL (Fernmeldekabel)
- Kabel-TV (Koaxialkabel)
- Glasfaserkabel

Glasfasernetze werden auch als FTTx-Netze bezeichnet. Man unterscheidet dabei u.a. zwischen FTTC (Fiber to the Curb), FTTB (Fiber to the Building) und FTTH (Fiber to the Home). Bei FTTC sind die Glasfaserkabel nur bis zum Kabelverzweiger auf der Straße verlegt. Von diesem Punkt aus laufen die existierenden Fernmeldekabel (CuDA) des Verteilernetzes bis zu den Empfängern. Ein FTTC-Ausbau kann zugleich als Vorstufe für einen späteren Netzausbau zu FTTB gesehen werden, wo die Glasfaser bis ins Gebäude verlegt werden. Die vorhandene Gebäudeverkabelung wie Kupferdoppelader und Koaxialkabel kann dabei genutzt und ggf. durch technische Beschleunigungsverfahren wie z.B. G.fast (s. unten) weiter ausgereizt wer-

den. Bei FTTH wird das Glasfaserkabel bis in die Wohnung bzw. Gewerbeeinheit verlegt. Die Grafik stellt für die Netzbestandteile vor.

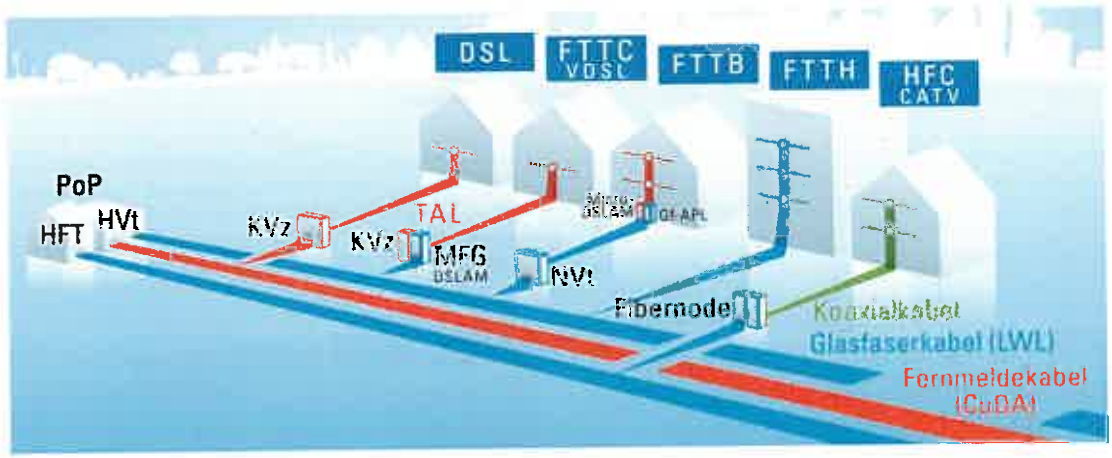



Abbildung 10: Kabelgebunde Technologien

## FTTC – allgemein

Die FTTC-Architektur kombiniert Glasfasertechnologie mit den klassischen Kupferleitungen des Telefonnetzes. Bei dieser Netzvariante sammelt bzw. verteilt der MSAN (Multi-Service Access Node) – oder der DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) als dessen technologischer Vorgänger – auf der „letzten Meile" den Internetverkehr von mehreren Endkunden. Der MSAN befindet sich im sogenannten Multifunktionsgehäuse (MFG) in unmittelbarer Nähe zum Kabelverzweiger am Straßenrand (engl. curb). Eine typische FTTC-Installation ist beispielsweise die VDSL2-Infrastruktur.

Der Netzaufbau sieht wie folgt aus: Das Glasfaserkabel endet im Kabelverzweiger. Von dort aus werden die vorhandenen CuDA in den Fernmeldekabeln (FmK) bis zum Teilnehmer weiter verwendet. Im DSLAM erfolgt die Umsetzung der optischen Signale in elektrische. Die Übertragung dieser hochfrequenten Signale erfolgt über Kupferdoppelader bis zur Teilnehmeranschlusseinheit (TAE) in der Wohnung.

## FTTC – VDSL2 und Vectoring

Mit der Einführung von VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line) wurde es möglich, einen Anschluss zu virtualisieren und die Übertragungsrate zu erhöhen. Hierbei werden die unterschiedlichen Anwendungen, die auf eine Internetleitung zugreifen, voneinander getrennt und nutzen dadurch de facto verschiedene Anschlüsse. Die für die Anwendungen zu übertragenden Datenpakete können auf diese Weise je nach Bedarf und Umfang mit Hilfe der virtuellen Anschlüsse priorisiert werden. Dies stellt die Grundlage zur Erweiterung des Funktionsumfangs der Internetleitung dar und ermöglicht eine stabile Verfügbarkeit von Dienstleistungen wie Voice over IP (VoIP) oder IPTV, der Übermittlung von Sprache und TV auf Basis des Internet Protocol (IP).

Der Einsatz von Vectoring erlaubt es bei VDSL2 den sogenannten Nebensprecheffekt[8], der die Übertragungsgeschwindigkeit reduziert, zu minimieren. Vectoring kann mittels geringer technischer Anpassungen in die vorhandenen Strukturen integriert werden und ermöglicht so, höhere Übertragungsraten bereitzustellen und eine größere Anzahl an Haushalten innerhalb wei-

[8] Unter Nebensprechen versteht man die unerwünschte gegenseitige Beeinflussung von parallel verlaufenden Übertragungskanälen. Der Effekt entsteht durch kapazitive und induktive Kopplungen zwischen stromführenden Leitungen wie z.B. Kupferdoppeladerkabeln. Dadurch stören sich benachbarte Leiterpaare bei der Datenübertragung in überlappenden Frequenzbereichen gegenseitig. Die Folge ist, dass sich bei Datenübertragungen die Übertragungsrate reduziert.

© TÜV RHEINLAND 2015

terer Radien um die KVz zu versorgen als mit einfachem VDSL. Aufgrund der physikalisch bedingten Dämpfung der Kupferleitung mit zunehmender Leitungslänge kann VDSL2 mit Vectoring allerdings nicht die Bandbreiten und Reichweiten von Glasfaserlösungen erreichen. Zwar ist es technisch möglich, mittels Vectoring Bandbreiten von über 100 Mbit/s zu erzielen. Allerdings kann dies lediglich auf einer Entfernung von wenigen hundert Metern, ausgehend vom KVz, realisiert werden.

Eine Besonderheit von Vectoring gegenüber herkömmlichem VDSL ist, dass beim Vectoring alle zusammenlaufenden Verzweigerkabel gemeinsam durch einen MSAN gesteuert werden müssen, um den gewünschten Effekt zu erzielen. Daher kann nur ein Anbieter je KVz Vectoring einsetzen. **Damit steht Vectoring der Entbündelung von Breitbandzugängen entgegen, mit der der Gesetzgeber aus Wettbewerbsgründen auch anderen Netzbetreibern Zugang zur letzten Meile gewähren möchte.**

### Koaxial-Breitbandkabelnetz

Koaxial-Breitbandkabelnetze sind Kabelfernsehnetze. Als sogenannte Hybrid-Fibre-Coax-Systeme (HFC) nutzen sie heutzutage in der Fernebene Lichtwellenleiter, um den PoP, der hier als Kabelkopfstelle ausgeführt ist, mit dem Endverzweiger (auch als Fibernode bezeichnet) zu verbinden.

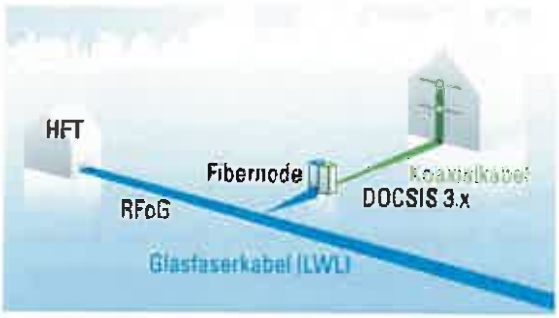


Abbildung 11: Kabelfernsehnetz/Hybrid Fibre Coax

Im Teilnehmerbereich, d.h. im Anschluss- und Verteilbereich zwischen Fibernode und der Antennensteckdose im Haus, kommen schließlich hochwertige Koaxialkabel zur Anwendung. Deshalb ist diese Variante als Hybridlösung gekennzeichnet. Durch einen integrierten Rückkanal im Koaxial-Breitbandkabelnetz ist die Nutzung zur NGA-Breitbandversorgung auch bei über 300 Mbit/s gegeben. Mit der beim Protokoll DOCSIS 3.x (s.u.) realisierten Bündelung von Kanälen sind Bandbreiten von einigen hundert Mbit/s möglich. Neue Übertragungsprotokolle in der Versuchsphase sind darüber hinaus in der Lage, die Versorgungsansprüche an die Breitbandversorgung der übernächsten Generation im Gbit/s-Bereich zu erfüllen. In Hinblick auf die Zielerreichung 100%-Flächendeckung bieten Kabelnetze das Potential, über ein relativ weitreichendes CATV-Netz zum Aufbau eines 300 Mbit/s-Netzes beizutragen.

Allerdings gewähren Kabelnetzbetreiber derzeit anderen Telekommunikationsanbietern nur vereinzelt Zugang zu den eigenen Netzen (sogenanntes Open Access), wenngleich sie dies nicht grundsätzlich ausschließen. Ein Ausbau des Kabelnetzes im Rahmen des Breitbandausbaus kann nur dann gefördert werden, wenn Open Access durch den Förderempfänger zugesichert wird. Vor diesem Hintergrund ist auch zu verstehen, weshalb sich die Kabelnetzbetreiber bisher bei geförderten Breitbandprojekten nur begrenzt an Ausschreibungen beteiligt haben. Aus diesem Grund werden die Kabelnetze bei der Betrachtung der Versorgung und lediglich bei eigenwirtschaftlichem Ausbau berücksichtigt. Wie dieser Umstand verändert werden kann, wird im Kapitel 3.3 Marktakteure sowie in den Handlungsempfehlungen (Kapitel 9) vorgestellt.

### FTTB/FTTH – allgemein

Bei FTTB/FTTH-Netzen handelt es sich um reine Glasfaserinfrastrukturen, die aus zwei klar voneinander getrennten Bereichen bestehen: dem passiven optischen Netz und den aktiven Komponenten, den Lichtwellenleiterelementen. Bei der FTTB-Technologie endet das Glasfaserkabel nicht wie bei FTTC am KVz, sondern innerhalb des Gebäudes im Glasfaserabschlusspunkt, der sich meist im Keller befindet (siehe Abbildung 10: Kabelgebundene Technologien).

Innerhalb des Gebäudes wird die vorhandene Kupferverkabelung bis in die Wohnungen zum Teilnehmeranschluss verwendet. Dessen Bandbreite kann durch technologische Aufwertungen weiter erhöht werden (z.B. G.fast, siehe nachfolgend).

Die FTTB-Architektur ist Voraussetzung für den nachfolgenden bzw. weiterführenden Ausbau zu FTTH, dem Glasfaseranschluss bis in die Wohnung. Die Schnittstelle zwischen den Netzabschnitten 3 (außen) und 4 (innen) ist gleichzeitig auch die Trennlinie zwischen FTTB- und FTTH-Netzstrukturen. **Bei Neubauten sollte grundsätzlich eine Installation von Glasfaserkabeln oder Leerrohren im Haus (Netzabschnitt 4) erwogen werden, in denen bei Bedarf nachträglich Glasfaserkabel verlegt werden können.** So wird das jeweilige Gebäude „*fiber-ready*" und für eine spätere Umrüstung von FTTB auf FTTH vorbereitet.

Aus technischer Sicht ist die Versorgung mit einer Faser je Teilnehmeranschluss ausreichend. Die zusätzlichen Fasern bleiben zunächst ungenutzt. Sie bilden eine Reserve für eine zukünftige Erweiterung der Netze und gewährleisten die Netzneutralität, d.h. den diskriminierungsfreien Zugang zum Datennetz.

## FTTB/FTTH – Anschlussoptionen

### *GPON*

Mit Hilfe von Gigabit Passive Optical Network (GPON), einem Standard für passive optische Netze, teilen sich mehrere Teilnehmer einen Breitbandanschluss (Port) im DSLAM. Durch passive optische Splitter werden so die Teilnehmeranschlüsse von einem Port aus im Rahmen einer P2MP-Architektur mit einer fest definierten Bandbreite versorgt. Zurzeit wird standardmäßig ein Splitterverhältnis von 1:32 verwendet. Auf diese Weise wird der Up- und Downstream über den Hauptkabelstrang für alle Teilnehmer übertragen.

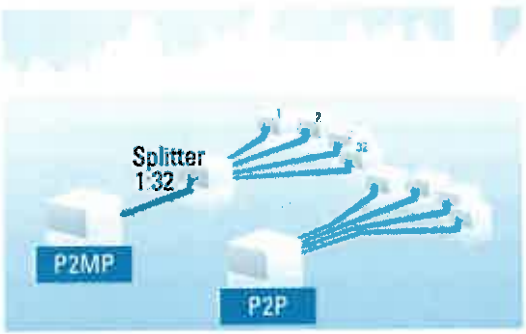


Abbildung 12: P2P und P2MP (GPON)

Die gesamte verfügbare Bandbreite beschränkt sich aktuell auf 2,5 Gibt/s im Downstream und rund 1,25 Gibt/s im Upstream. Das ergibt je Teilnehmer ca. 78 Mbit/s im Downstream bzw. 39 Mbit/s im Upstream.

### *P2P*

Eine Point-to-Point-Architektur ist Grundlage für aktives Ethernet, d.h. die intelligente Verteilung der Anfragen im Netzwerk. Dies ist die bevorzugte Anschlusstechnologie für Gewerbekunden mit einem hohen Bedarf im Upstream. Es können für Down- und Upstream Übertragungsraten von bis zu 1.000 Mbit/s über eine Entfernung bis ca. 15 km sichergestellt werden. FTTB mit aktivem Ethernet nutzt für jeden Teilnehmeranschluss ein separates Glasfaserpaar und bietet damit eine hohe technologische Flexibilität und maximale symmetrische Bandbreite je Anschluss.

© TÜV RHEINLAND 2015

## Zusammenfassung

**Nachfolgender Vergleich zeigt die Vor- und Nachteile der verschiedenen Netztechnologien.**

| NETZ-TECHNOLOGIEN | VORTEILE | NACHTEILE |
|---|---|---|
| FTTH | • Zukunftssichere Realisierung hoher Bandbreiten von mehr als 300 Mbit/s und weitere Anhebungen bis in den Gbit-Bereich möglich<br>• Reine Einfasertechnologie, kein Wechsel mehr zu kupferbasierten Technologien<br>• Keine aktiven Netzelemente erforderlich, daher entfallen zusätzliche Investitionskosten für weitere Hardware, gleichzeitig minimieren sich potentielle Fehlerquellen | • Sehr hohe Investitionskosten im Innenhausbereich durch Kabelverlegung<br>• Vorhandene kupferbasierte Verkabelungen können nicht genutzt werden<br>• Höhere Investitionskosten als FTTC, da bauliche Erschließung des Grundstücks mit Glasfaser erforderlich<br>• Hoher Komplexitätsgrad in der Umsetzung (z B Grundstückseigentümererklärung für den Hausanschluss notwendig) |
| FTTB | • Zukunftssichere Realisierung hoher Bandbreiten von mehr als 300 Mbit/s und weitere Anhebungen bis in den Gbit-Bereich möglich<br>• FTTB erfüllt die steigenden Bandbreitenanforderungen für Hochgeschwindigkeitsnetze | • Höhere Investitionskosten als FTTC, da bauliche Erschließung des Grundstücks mit Glasfaser erforderlich<br>• Hoher Komplexitätsgrad in der Umsetzung (z B Grundstückseigentümererklärung für den Hausanschluss notwendig) |
| FTTC | • Geringere Investitionskosten als bei FTTB/FTTH<br>• In Nahbereichen Versorgung mit bis zu 100 Mbit/s möglich, bei Nutzung technologischer Weiterentwicklungen wie Super Vectoring und G fast auch darüber hinaus<br>• Glasfaser wird näher an die Ortschaften herangeführt – kann Ausgangspunkt für späteren FTTB/FTTH Ausbau sein und ermöglicht so bedarfsgerechten stufenweisen Breitbandausbau | • Wegen der technisch bedingten begrenzten Leistungsfähigkeit von Kupferkabeln nur als Übergangstechnologie zu betrachten<br>• Bis zur vollständigen Errichtung des Netzes möglicherweise gestiegene Anforderungen an Bandbreite<br>• Spätere Umrüstung auf Glasfasertechnologie nur möglich, wenn eine spätere Nachrüstung schon bei der Planung der Netze vorgesehen wird<br>• Komplexe Ausbauvariante bei Umrüstung auf FTTB<br>• Aktive Technik wird überflüssig, wodurch Kosten für zusätzliche Hardware entfallen |

Tabelle 8: Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Netztechnologien

### 3.2.2.2 Drahtlose Technologien

Im Unterschied zu den leitungsgebundenen Technologien basieren drahtlose Breitbandanschlüsse auf Funkverbindungen, bei denen die Signale auf bestimmten Funkfrequenzen übertragen werden. Hierzu gehören Mobilfunkverbindungen und andere Funklösungen, darunter:

- LTE (Mobilfunk)
- Satellit (Funklösung)
- Richtfunk (Point-to-Multi-Point-Funklösung)

#### LTE & LTE-Advanced

Long Term Evolution (LTE) ist ein Mobilfunkstandard der vierten Generation, der – allerdings nur unter Laborbedingungen – Bandbreiten von bis zu 100 Mbit/s erlaubt. LTE-Advanced, eine Weiterentwicklung, lässt theoretisch sogar noch höhere Bandbreiten zu und besitzt außerdem größere Nutzerkapazitäten innerhalb einer Funkzelle.

Als Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung bieten LTE und LTE-Advanced die Möglichkeit, mit wenigen Funkmasten zahlreiche Haushalte zu erschließen und diesen die entsprechende Bandbreite bereitzustellen.

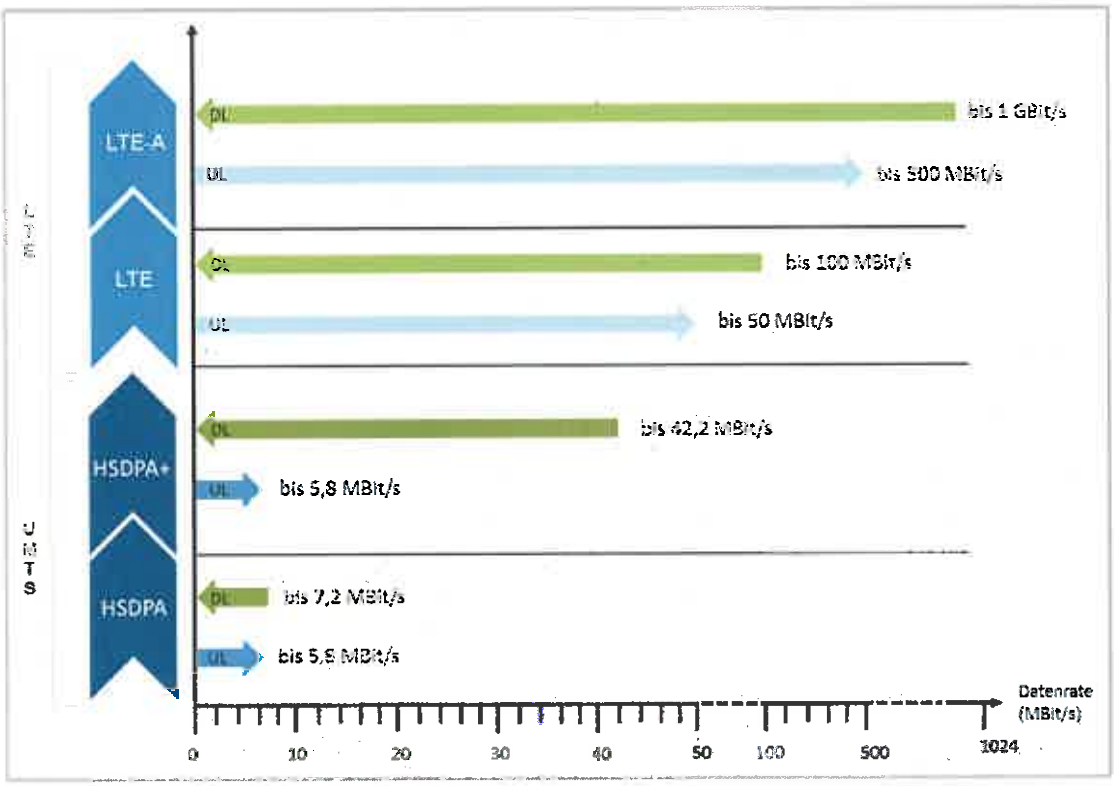



Abbildung 13: Theoretisch erreichbare Bandbreiten von Mobilfunkstandards

Gemäß der Breitbandstrategie des Bundes soll LTE – gemeinsam mit Kabelnetzen, VDSL, Glasfasernetzen – die Basis für den flächendeckenden Breitbandausbau in Deutschland bilden. Im Rahmen der so genannten Digitalen Dividende II wurden bislang für andere Zwecke wie z.B. Rundfunk genutzte kurz- und langwellige Funkfrequenzen umgewidmet. Hierzu gehören u.a. Frequenzen in den Bereichen 700 MHz, 900 MHz, 1500 MHz sowie 1800 MHz, die die Bundesnetzagentur (BNetzA) im Jahr 2015 versteigert hat. Zugleich wurden Vorgaben erlassen, die von den Mobilfunkanbietern zu erfüllen sind:

- Flächendeckende Breitbandversorgung von mindestens 97 Prozent der Haushalte in jedem Bundesland und 98 Prozent der Haushalte bundesweit innerhalb von drei Jahren sicherstellen
- Übertragungsraten von mindestens 50 Mbit/s pro Antennensektor gewährleisten
- Haushalten in der Regel Übertragungsraten von 10 Mbit/s und mehr zur Verfügung stellen
- Versorgung mit mobilem Breitband entlang der Bundesautobahnen und der ICE-Strecken sicherstellen

Für die Frequenzen gilt: je kürzer die Wellenlängen, desto kleiner die Abdeckungsradien. Gleichzeitig können mehr Daten in einer kürzeren Zeiteinheit transferiert werden. Im Gegenzug bieten langwelligere Frequenzen einen höheren Zellradius. Für die Erschließung ländlicher Regionen eignet sich besonders das Frequenzspektrum von 800 MHz, welches einen Umkreis von ca. zehn Kilometern um die Basisstation abdecken kann. Diese langwelligen LTE-Frequenzen besitzen eine gute Ausbreitung und können großflächig – neben der eigentlich vorgesehenen Versorgung von mobilen Endgeräten – grundsätzlich auch als DSL-Ersatz genutzt werden. Für den Ausbau von LTE in Ballungsgebieten werden vor allem die kurzwelligen Frequenzen mit 1800 und 2600 MHz genutzt. Diese Frequenzen decken einen kleineren Umkreis von etwa zwei bis fünf Kilometern um die Basisstation ab, erlauben dafür aber die Anbindung einer Vielzahl von Teilnehmer und eigenen sich deshalb besonders für städtische Gebiete.

**Zu beachten ist, dass LTE ein *shared medium* ist, d.h. alle Nutzer innerhalb einer Funkzelle müssen sich die verfügbare Bandbreite teilen.** Zusätzlich entscheiden für jeden einzelnen Teilnehmer die Signalstärke und die Signalqualität über die effektiv erreichbare Datenrate. Dadurch werden in der Praxis weitaus geringere Bandbreiten je Nutzer erreicht als die o.g. Werte. **LTE gewährleistet daher keine stabile flächendeckende Breitbandversorgung.**

### Richtfunk

Richtfunk bietet als Punkt-zu-Punkt-Verbindung die Möglichkeit, Bandbreiten ab 50 Mbit/s zur Verfügung zu stellen. Diese Lösung wird bereits von lokalen Anbietern umgesetzt, ist jedoch nur beschränkt dafür geeignet, ein flächendeckendes Breitbandnetz der nächsten Generation zu errichten. Über Richtfunk können jedoch Lücken in den Übertragungswegen abgedeckt werden und so z.B. als Backbone für NGA-Netze dienen. Funktechnologien auf Basis von WiMAX oder WLAN können aus technologischen Gründen nicht die Bandbreiten und Reichweiten von NGA-Technologien erreichen.

## 3.2.3 Potential zukünftiger technologischer Entwicklungen zur Erreichung von 300 Mbit/s

### 3.2.3.1 Kabelgebunden

#### Super Vectoring

Unter technologischen Aspekten sollte die Weiterentwicklung des VDSL2-Vectorings auf die Super-Vectoring-Technologie betrachtet werden, welche in der Lage ist, Bandbreiten von 200-300 Mbit/s im Downstream zu liefern. Derartige Geschwindigkeiten werden allerdings nur in einem Radius von wenigen hundert Metern um den KVz erreicht. Über diese Entfernungen hinaus fällt die Dämpfung so stark aus, dass es zu keinem Leistungszuwachs im Vergleich zu VDSL2 mit Vectoring mehr kommt.

Verschiedene Telekommunikationsausrüster haben Super-Vectoring-Prototypen führenden europäischen Netzbetreibern für Labortests zur Verfügung gestellt. Die Testergebnisse zeigen, dass Super Vectoring Bandbreiten von bis zu 400 Mbit/s bis 300 m unterstützt, was dreimal schneller als VDSL2-Vectoring ist. Die höhere Übertragungsrate wird dabei durch zusätzlich genutzte Frequenzbänder erreicht. Zugleich ist die eingesetzte Technologie abwärtskompatibel zu Anlagen für VDSL2-Vectoring. Welche Bandbreiten in der Praxis jedoch erreicht werden, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht genau ermittelt werden.

#### G.fast

Eine weitere Möglichkeit, die Übertragungsrate bei den bestehenden Leitungen zu erhöhen, stellt G.fast dar. Mögliche Anwendungsgebiete sind zum einen der Verzweigerbereich an der Straße, zum anderen der direkte Hausanschluss. Aufgrund der Weiternutzung der bestehenden Infrastrukturen können mit G.fast bei vergleichsweise geringen Investitionskosten spürbare Effekte erzielt werden. Die Dämpfung ist im Vergleich allerdings wesentlich stärker als beim Vectoring. So sind Übertragungen von bis zu 1 Gbit/s für Anschlussteilnehmer innerhalb eines Radius unter 100 m um einen KVz möglich. Bei Entfernungen von 100 m zum Kvz werden noch bis zu 500 Mbit/s erreicht und 150 Mbit/s bei bis zu 250 m[7]. Um eine flächendeckende Versorgung mit Hilfe von G.fast zu erreichen, werden zusätzliche Verteiler benötigt, die über Glasfaserleitungen angebunden werden müssen.

#### DOCSIS 3.x

Bei der Verwendung der Koaxialkabeltechnologien für die Breitbandversorgung kommt derzeit der Übertragungsstandard DOCSIS 3.0 (Data Over Cable Service Interface Specification) zum Einsatz. Er erlaubt, mehrere Kanäle sowohl beim Downstream als auch beim Upstream zu bündeln und so potentiell Bandbreiten bis zu 400 Mbit/s im Downstream zur Verfügung zu stellen. Die Einführung des Standards DOCSIS 3.1 stellt die nächste Entwicklungsstufe dar. Durch Anhebung der Modulation soll DOCSIS 3.1 mittelfristig Kabelnetze mit bis zu 10 Gbit/s im Downstream und bis zu 1 Gbit/s um Upstream ausstatten. Die Systeme bauen auf dem DOCSIS-3.0-Standard und den existierenden HFC-Systemen auf und sind abwärtskompatibel.

**Aufgrund ihrer Potentiale in der Datenübertragung und der bereits existierenden Infrastruktur bietet DOCSIS 3.1 enormes Zukunftspotential und stellt zunehmend eine Alternative zu den noch über Fernmeldekabel geführten Verbindungen dar.**

[7] Entfernungsangaben laut offizieller Herstellerangaben von Alcatel Lucent: http://www.alcatel-lucent.com/solutions/g.fast

### Kombination FTTC/FTTB

**Eine Alternative unter den kabelgebundenen Technologien ist die Kombination von FTTC und FTTB als Zwischenschritt zu einem FTTB-Vollausbau.** Dabei wird die unmittelbare Umgebung existierender KVz-Standorte in einem definierten Radius mit Hilfe von FTTC-Technologien und bestehenden Fernmeldekabeln erschlossen. Auf diese Weise kann im Nahbereich eine Versorgung mit hohen Bandbreiten gewährleistet werden. Außerhalb dieser Nahbereiche, wo mit der Kombination aus FTTC und Kupferkabeln wegen der Reichweitenlimitierung keine hohen Bandbreiten mehr erreicht werden können, müssen Anschlüsse direkt über FTTB-Technologien versorgt werden, um eine Flächendeckung sicherzustellen.

Die Errichtung einer homogenen und zukunftssicheren Glasfaserstruktur kann so langfristig im Rahmen anderer Infrastrukturausbaumaßnahmen erfolgen und als zusätzliches Szenario zu den kurz- bis mittelfristig geplanten Alternativen betrachtet werden. Ziel hierbei ist ein flächendeckender FTTB-Ausbau.

## 3.2.3.2 Funktechnologie

### LTE-Advanced

Das 700 MHz-Band wird heute für DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial, digitales Antennenfernsehen) verwendet und muss in den nächsten Jahren sukzessive auf die Nutzung von Mobilfunk umgestellt werden[8]. **Aufgrund seiner Eigenschaft als *shared medium* ist die Leistungsfähigkeit von LTE-Advanced limitiert; als Ergänzung zu festnetzgebundenen Lösungen kann es jedoch in Betracht gezogen werden.** Nach Expertengesprächen wird LTE-Advanced in der Studie mit einer Reichweite von bis zu 5 km und zehn Haushalten je Antennensektor (maximal drei) berücksichtigt.

### 5G

Die Leistungsfähigkeit der Mobilfunktechnologie scheint mit LTE-Advanced bei weitem noch nicht ausgeschöpft zu sein. **Der Mobilfunkstandard der fünften Generation (5G) ermöglicht eine Bandbreite am Endgerät von bis zu 300 Mbit/s.** Allerdings soll dieser erst in 2020 eingeführt werden. In diesem Zusammenhang wird auch die Bündelung verschiedener Übertragungskanäle diskutiert. **Doch in der Praxis sind auch die erreichbaren Datenraten von Mobilfunknetzen der fünften Generation erheblich geringer als in der Theorie.** Dies ist auf unterschiedliche Umstände zurückzuführen: Gewählte Frequenzbänder, Sendeleistung, topografische Gegebenheiten, Aufstelldichte der Sendemasten, Anzahl der gleichzeitigen Nutzer etc. beeinflussen die tatsächliche Datenrate erheblich.

### Hybride Anschlüsse

Unter dem Begriff hybrider Anschluss erfolgt bei Anbietern eine intelligente Zusammenführung eines konventionellen DSL-Anschlusses mit einem Mobilfunkanschluss auf LTE-Basis, um die Bandbreite eines konventionellen Festnetzanschlusses signifikant zu erhöhen. **Dieser Ansatz ist für Verbraucher im ländlichen Raum eine Alternative zum kabelgebundenen Anschluss, sofern LTE verfügbar ist.** Aktuell wird die Förderfähigkeit der hybriden Produkte allerdings als nicht gegeben bewertet, da keine Vorleistungsprodukte hierfür vorhanden sind.

[8] Erst zum 31. Dezember 2018 soll das Frequenzband aus heutiger Sicht komplett vom Rundfunk geräumt sein – von grenznahen Gebieten abgesehen.

### 3.2.4 Technologiebewertung

Die beschriebenen kabelgebundenen und drahtlosen Übertragungstechnologien unterscheiden sich zum Teil deutlich hinsichtlich ihrer maximal möglichen Bandbreite und Reichweite. Bei den FTTC-Varianten kommt es mit steigender Leitungslänge zu einer zunehmenden Dämpfung im Kupferkabel, die mit einer Abnahme der Bandbreiten einhergeht. Auf kurzen Leitungslängen sind mittels VDSL2-Vectoring auch höhere Bandbreiten als 50 Mbit/s möglich. Folgende eigene Darstellung verdeutlicht dies.

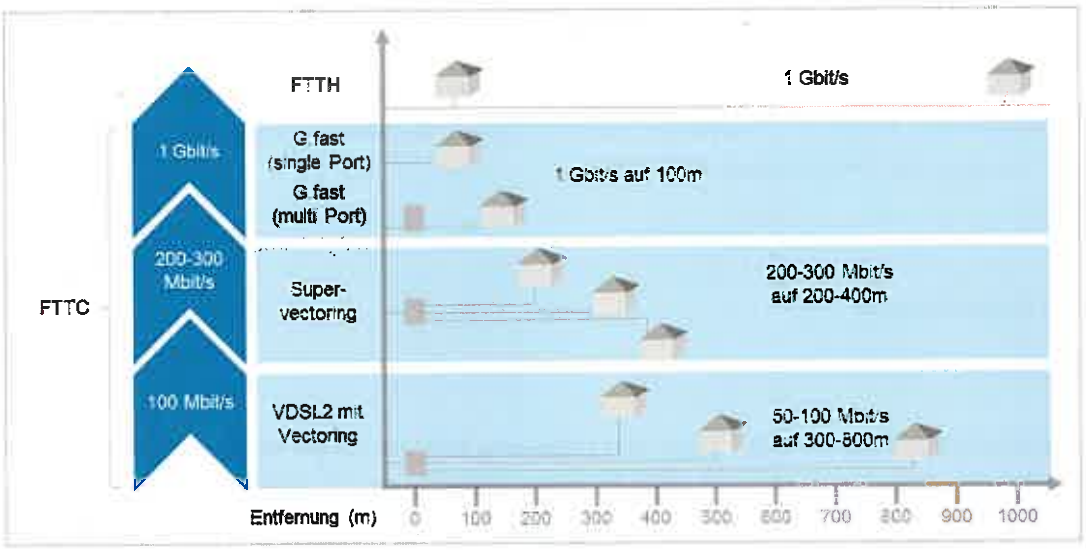



Abbildung 14: Kabelgebundene Technologien – Reichweiten und Übertragungsraten

Bei der Betrachtung und Bewertung der unterschiedlichen Übertragungstechniken ist es nicht nur wichtig, die aktuellen Breitbandausbauziele zu berücksichtigen, sondern auch den zukünftigen Bedarf im Blick zu haben. **Bei der heutigen Planung ist auf die Nachrüstbarkeit der Netzte zu achten, um nachträglich notwendige Erweiterungen zu berücksichtigen und Folgeinvestitionen in Form von Technologie-Upgrades gering zu halten.**

Jede Technologie erlaubt aufgrund ihrer Funktionsweise unterschiedliche Reichweiten je nach Bandbreite. **Die Wahl der Technologie sollte von den konkreten Zielen des jeweiligen Ausbauprojektes abhängen (Bandbreitenhöhe und Grad der Versorgung). Von der gewählten Technologie werden die Höhe der Ausbaukosten, Wirtschaftlichkeit des Vorhabens sowie Förderbedarf bestimmt.**

© TÜV RHEINLAND 2015

| TECHNIK | FTTC | | | | FTTB/H | | HFC | FUNK | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Protokoll | VDSL2 | Vectoring | Super Vectoring | G.Fast | P2P | GPON | DOCSIS 3.0 + 3.1 | LTE | LTE Advanced | 5G |
| 30 Mbit/s | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | + | ++ | / |
| 50 Mbit/s | ++ | ++ | ++ | ++ | +++ | +++ | +++ | - | + | / |
| 100 Mbit/s | - | + | + | + | +++ | +++ | +++ | - | - | / |
| 300 Mbit/s | - | - | + | + | +++ | +++ | +++ | - | - | / |

Reichweite
Große Reichweite +++
Mittlere Reichweite ++
Geringe Reichweite +
Keine Verfügbarkeit -

Tabelle 9: Vergleichsübersicht der Technologiebewertung

**Grundsätzlich unterliegen alle Funktechnologien der Problematik des *shared medium* – je größer die gleichzeitige Nutzerzahl je Funkzelle, desto geringer die allen Zellennutzern zur Verfügung stehende Bandbreite. Daher kommen sie nicht für eine flächendeckende Versorgung mit 50 Mbit/s oder höher in Betracht.** Einzig LTE-Advanced kann unter bestimmten Annahmen (z.B. bei sehr geringer Zellauslastung) für eine NGA-Versorgung genutzt werden. Aus diesem Grund sind LTE-Advanced und auch 5G nur als Ergänzung zu einer kabelgebundenen Infrastruktur zu sehen, zumal auch Funkstandorte entsprechend mit Glasfaser angebunden werden müssen. Hauptaufgabe dieser Mobilfunkstandards bleibt die Versorgung mobiler Endgeräte mit hohen Datenraten.

**Für den Ausbau von 300 Mbit/s kommen nur kabelgebundene Technologien in Betracht.** Durch Weiterentwicklungen ermöglichen FTTC-Technologien in Zukunft Bandbreiten jenseits von 100 Mbit/s. Allerdings können die hohen Bandbreiten wegen der technisch bedingten Entfernungsproblematik, die sich durch das bestehende Kupfernetz ergibt, nicht flächendeckend erreicht werden. Zwar kann durch die Errichtung neuer Netzelemente wie MSAN-Standorte (KVz, MFG, DSLAM) die Reichweitenverkürzung ausgeglichen werden. **Allerdings lässt sich netz- und betriebstechnisch keine hundertprozentige Abdeckung mit den geforderten Bandbreiten über FTTC erreichen.**

**Für den flächendeckenden Ausbau von NGA-Breitbandnetzen ist der Einsatz von FTTB(H)-Technologien unumgänglich. Ein kompletter Infrastrukturwechsel ist notwendig – weg von kupferbasierten Technologien hin zur Glasfaser.** Der landesweite Ausbau von 300 Mbit/s ist somit mit einem Technologiewandel verbunden. Darüber hinaus bieten Kabelnetze das technologische Potential für 300 Mbit/s. Über Kabelnetze lassen sich bereits heute Bandbreiten über 100 Mbit/s realisieren. **Die Bestandsnetze der Kabelnetzbetreiber sind daher in Förderung und Clusterbildung zu berücksichtigen.**

**Denkbar ist auch eine Kombination von FTTC- mit FTTB-Technologien als grundlegende Ausbaustrategie.** Sie gewährleistet einerseits die Erreichung der Breitbandziele. Andererseits werden neue, zukunftssichere Infrastrukturen errichtet. So können im Nahbereich der KVz-Standorte mit den FTTC-Technologien hohe Bandbreiten über 100 Mbit/s erreicht werden. Außerhalb dieser Bereiche sind Anschlüsse direkt über FTTB-Technologien zu versorgen, um eine hundertprozentige Abdeckung sicherzustellen.

**Diese Herangehensweise verfolgt mehrere Ziele: Zum einen soll die effiziente Nutzung der existierenden Kupferstrukturen ermöglicht, zum anderen soll der schrittweise Ausbau der zukunftsweisenden FTTB-Architektur vorbereitet werden.** Schließlich sollen die durch den Ausbau entstehenden Kosten über mehrere Realisierungsphasen über einen

langen Zeitraum verteilt werden. Bei dieser Variante sind im Bereich der KVz keine oder nur minimale Änderungen bzw. Erweiterungen der Netzstrukturen notwendig. **Deshalb bildet die Kombination von FTTC/FTTB-Netzstrukturen die Basis für eine Reduzierung der Tiefbaukosten und ermöglicht gleichzeitig, vorgegebene NGA-Breitbandziele zu erreichen.** Darüber hinaus können über die Glasfasernetze Mobilfunknetze wie LTE-Advanced oder 5G versorgt werden, um so die Netzabdeckung weiter zu erhöhen. Dieses Vorgehen wird in Rheinland-Pfalz bereits umgesetzt.

Eine Betrachtung der Technologien ist um eine Evaluierung der Ausbaustrategien der Marktakteure zu ergänzen. Wettbewerb und Marktanforderungen bestimmen die Wahl der Technologien. Diese Aspekte werden im folgenden Abschnitt vorgestellt.

# 3.3 Marktakteure und Ausbaustrategien in Rheinland-Pfalz

Im Zuge der Bewertung der unterschiedlichen Ausbaustrategien wurden intensive Gespräche mit Telekommunikationsanbietern, Kabelnetzbetreibern und Versorgungsunternehmen geführt. Der aktuelle Stand der Technik wurde erhoben, der zukünftige Bedarf abgeschätzt und Maßnahmen zur besseren Ausschöpfung der Potentiale ermittelt.

## 3.3.1 Telekommunikationsunternehmen

Die in Rheinland-Pfalz aktiven Telekommunikationsunternehmen (TKU) sind sowohl regionale als auch überregionale Unternehmen, die allesamt gewinnorientiert arbeiten – darunter Marktführer Deutsche Telekom sowie alternative Netzbetreiber wie KEVAG Telekom oder Inexio. Im Vordergrund stehen für solche Unternehmen kurze Refinanzierungszeiträume von rund fünf Jahren, welche gleichzeitig den Rahmen für den Entscheidungshorizont über Ausbauvorhaben vorgeben.

**FTTB- und FTTH-Technologien stehen derzeit nicht im Fokus von TKU; konkrete Pläne zum Auf- und Ausbau solcher Netze liegen nicht vor. Stattdessen orientieren sich TKU am gegenwärtigen Bedarf und der Nachfrage von Privat- und Geschäftskunden.** Diese können aktuell teilweise über FTTC bedient werden, da Bandbreiten jenseits 300 Mbit/s noch nicht von der Mehrheit der Privathaushalte nachgefragt werden. Die Unterschiede in der Nachfrage sind laut TKU ein Grund dafür, warum je nach Bedarf andere Technologien zum Einsatz kommen.

### Privatkunden

Privatkunden fragen bisher noch nicht die technisch maximal verfügbaren Bandbreiten von FTTC ab. Zwar berichten TKU aktuell von einer Zunahme der Nachfrage nach Bandbreiten. Allerdings liegt der durchschnittliche Bedarf der privaten Endnutzer derzeit bei weniger als 25 Mbit/s. Gerade einmal 25 Prozent der Kunden buchen laut Aussage von TKU mindestens 50 Mbit/s. Den Anbietern fällt es schwer, in Gebieten, in denen Anschlüsse mit mehr als 6 Mbit/s verfügbar sind, neue Kunden zu gewinnen, da die Wechselbereitschaft der Kunden generell und zu kostenintensiven Tarifen für die Bereitstellung höherer Bandbreiten gering ist.

Aus Sicht von TKU ist noch nicht abschätzbar, wann die Nachfrage nach Bandbreiten das technologische Potential von FTTC überschreiten wird. Entsprechend liegen keine Ausbauplanungen für flächendeckende FTTB-Netze vor. FTTC stellt aktuell eine aus Betreibersicht kosteneffiziente Netztechnologie dar, um die Nachfrage von Privatkunden ausreichend zu bedienen. Die Notwendigkeit der Ausrichtung der TKU auf die Wirtschaftlichkeit ihrer Aktivitäten lässt einen kostenintensiven Infrastruk-

turausbau in Richtung FTTB nicht zu. Vielmehr setzen TKU auf eine stufenweise Erhöhung der Bandbreite dieser FTTC-Netze über die Einführung von Vectoring über Super-Vectoring bis hin zu G.fast, um die künftige Nachfrage zu bedienen. Auf diese Weise können TKU vorhandene Strukturen nutzen und zusätzliche Investitionskosten gering halten.

#### Geschäftskunden

Bei Geschäftskunden ergibt sich durch die höheren Kundenanforderungen an Latenz oder Symmetrie der Anschlüsse ein anderes Bild. Sie teilen sich in zwei Gruppen auf:

- Gruppe 1 ist charakterisiert durch hohe Spitzenbelastungen mit einem zeitlich begrenzten Bedarf an hohen Bandbreiten.
- Gruppe 2 zeichnet sich durch einen konstanten Bedarf an hohen Bandbreiten sowohl im Upload als auch im Download aus.

Letztere werden heute bereits über den zukunftssicheren FTTB/FTTH-Anschluss versorgt. Diese Art des Anschlusses ermöglicht nicht nur hohe Übertragungsraten, sondern auch eine symmetrische Anbindung, welche die hohen Übertragungsraten sowohl im Download als auch im Upload erreicht. Dies ist nur über FTTB/FTTH zu leisten, woraus eine technologische Abhängigkeit folgt. **Die größere Zahlungsbereitschaft der Geschäftskunden erlaubt TKU, die Mehrkosten der Investitionen für neue Glasfasernetze auf den Kunden umzulegen.**

**Mit Blick auf die Nutzung von Synergiepotentialen sehen TKU die Möglichkeit einer engeren Zusammenarbeit mit Versorgern.** Bei der Erneuerung der Infrastruktur im Bereich Strom, Wasser und Gas sollten gleichzeitig Leerrohre verlegt werden, um so die Kosten für nachträgliche Ausbauvorhaben zu verringern. Im Rahmen der Gespräche mit TKU wurde ebenfalls deutlich, dass durch eine Koordination der unterschiedlichen TKU investives Einsparpotential erreicht werden kann, diese jedoch aus wirtschaftlichen und strategischen Gründen zurzeit nicht erfolgt.

### 3.3.2 Kabelnetzbetreiber

Bei der Versorgung über das Kabel-TV-Netz (HFC) gibt es alternativ zum Marktführer Kabel Deutschland auch vereinzelte Gebiete, in denen das Angebot über Tele Columbus bezogen wird. Neben den überregionalen Unternehmen existieren aber auch lokale Anbieter wie KEVAG Telekom, welche die HFC-Technologie zur Breitbandübertragung nutzen.

Die Kabelnetzbetreiber (KNB) setzen technologisch auf den Übertragungsstandard DOCSIS 3.0 (bzw. 3.1) und erreichen damit eine Abdeckung von 56,6 Prozent der Haushalte in Rheinland-Pfalz. Innerhalb dieses mit DOCSIS 3.x erschlossenen Versorgungsgebiets sind 80 Prozent der Anschlüsse auf 100 Mbit/s ausgelegt; die restlichen 20 Prozent der Anschlüsse erreichen sogar Bandbreiten von über 200 Mbit/s.

**Geplant ist der vollständige Ausbau einer Versorgung mit 200 Mbit/s in den vorhandenen Strukturen bis 2020.** Das Upgrade erfolgt dabei per Softwareupdate sowie durch Netzknotenverdichtung und greift auf die bereits installierte Technologie zurück. Langfristig ist angedacht, die Bandbreite auf 400 Mbit/s anzuheben, wobei auch diese Datenraten mit dem aktuellen System erreicht werden können. Mit der technischen Umstellung von DOCSIS 3.0 auf DOCSIS 3.1 können schließlich auch Bandbreiten im Gbit/s-Bereich abgedeckt werden. Das DOCSIS-Protokoll kann im Rahmen des Upgrades Stück für Stück in die existierenden HFC-Strukturen integriert werden.

Der Ausbau der Kabelnetze erfolgt marktgetrieben. Je nach Auslastung werden die bereits erschlossenen Gebiete mit zusätzlichen Glasfaserleitungen versorgt, um den steigenden Bedarf zu decken. **In neu zu erschließenden Gebieten wird ebenfalls auf die Glasfasertechnologie gesetzt, um ein Höchstmaß an Zukunftsfähigkeit zu garantieren.**

KNB unterstützen einen offenen Wettbewerb und eine größere Chancengleichheit im Markt. Die Anmietung von passiven Glasfasernetzen, welche gemeinsam mit anderen Teilnehmern erfolgen kann, soll zur Kostensenkung beitragen. Aktuell werden bereits passive Netze angemietet, mit aktiver Technik ausgestattet und von KNB betrieben.

**Kabelnetzbetreiber sind bereit, die Kapazitäten ihrer Backbone-Strukturen allen Netzbetreibern zur Verfügung zu stellen.** Es bleibt trotz dessen festzuhalten, dass KNB den Ausbaufokus auf ihre bestehenden Versorgungsgebiete legen und eigenwirtschaftlich den Ausbau in der Fläche nicht vorantreiben.

### 3.3.3 Versorgungsunternehmen

Neben der Bereitsteilung von klassischen Versorgungsleistungen wie Gas, Wasser und Strom nutzen die Versorgungsunternehmen (VSU) ihre Infrastruktur auch, um zusätzlich Breitbandzugänge zur Verfügung zu stellen. Sowohl überregionale Versorger wie RWE als auch regionale Stadtwerke wie die SWT Trilan oder Pfalzkom besitzen Breitbandstrukturen, welche alternativ zu den Angeboten von TKU und KNB genutzt werden können.

**Beim Breitbandausbau setzen VSU den Schwerpunkt auf FTTC-Technologien. Jedoch wird im Planungsstadium eine spätere kostengünstige Erweiterung auf FTTB/FTTH berücksichtigt.** Beim Anschluss von Gewerbegebieten kommt bereits FTTB-Technologie zum Einsatz. **VSU verfolgen den Aufbau eines vollständigen eigenen Netzes**, welches auf der Open-Access-Strategie beruht und jedem Mitbewerber prinzipiell zugänglich ist.

Zur Planung der neuen Netze konzentrieren sich VSU auf das Zuschussmodell Wirtschaftlichkeitslücke, wobei auch Betreibermodelle denkbar sind. Mit der Aufstellung von Strategieplänen mit einem Planungshorizont von 40 Jahren können sie nach eigener Auskunft langfristige Ausbaupläne verfolgen. Im Gegensatz zu reinen TKU können VSU Investitionen über längere Zeiträume refinanzieren. **Die Refinanzierungszeiträume von über 20 Jahren orientieren sich zum Teil an denen der Versorgungsnetze und ermöglichen VSU in größerem Maße Investitionen in Glasfasertechnologien zu tätigen.**

Grundsätzlich besitzen VSU eine Vielzahl von Synergien durch die potentiell enge Kopplung mit Ausbauplänen in den Bereichen Gas, Wasser und Strom. Bei anstehenden Wartungs- und Ausbauarbeiten werden zusätzliche Leerrohre verlegt, welche so zu einem flächendeckenden Leerrohrnetz zusammenwachsen. **In Rheinland-Pfalz werden solche Synergieprojekte erprobt:** In den Verbandsgemeinden Adenau und Altenahr im Landkreis Ahrweiler erfolgt beispielsweise der Glasfaserausbau auf Basis der Nutzung des Leerrohrnetzes des Zweckverbandes Wasserversorgung Eifel-Ahr (ZVWV)[9]. Kostenintensive Tiefbaumaßnahmen lassen sich so drastisch reduzieren.

Telekommunikationsnetze werden von VSU synergetisch mit Energietrassen geplant. In Vorbereitung von Smart-Grid-Strukturen werden z.B. Trafogebäude mit Glasfaserkabeln angebunden und somit LWL-Zugänge in die Anschlussbereiche gebracht. Im Vergleich zu TKU ergeben sich so größere Investitionspotentiale in ultraschnelle Netze wie FTTB.

#### Fazit: Gemeinsame Herausforderungen der Betreiber

**Alle drei Gruppen von Betreibern – von Telekommunikationsunternehmen über Kabelnetzbetreiber bis zu Versorgungsunternehmen – sprechen sich für eine Ausbauplanung mindestens auf Kreisebene aus.** Durch die Größe des Erschließungsgebietes sei es möglich, den Ausbau effizienter zu planen und die Netzstrukturen wirtschaftlicher auszulegen. Die Ausbau-Cluster (entsprechen den Landkreisen) erlauben einen schrittweisen Ausbau.

[9] Informationen zum Ausbauprojekt stellt die Kreisverwaltung Ahrweiler bereit.

Als ein treibender Kostenfaktor gelten die Ausbaukosten im Tiefbau. **Alle Marktakteure sehen großes Einsparpotential durch die Absprache bei der Ausbauplanung von Infrastrukturen – gleich ob Gas, Wasser, Strom oder Telekommunikation.** Darüber hinaus gibt es neue Technologien, die einen kostengünstigeren Ausbau von Glasfasernetzen gestatten. Die Bewertung ist jedoch vielfältig: Auf der einen Seite wird erwartet, durch Mirco-Trenching und Überlandleitungen die Ausbaukosten stark reduzieren zu können. Auf der anderen Seite werden genau diese Technologien jedoch wegen der Verlegetiefe bzw. der Anfälligkeit gegenüber Umwelteinflüssen als nicht geeignet bewertet, um ausfallsichere flächendeckende Infrastrukturen zu errichten. Höhere Wartungs- und Instandsetzungskosten gehen damit einher.

Neben den identifizierten Synergien bei der Ausbauplanung gilt es insbesondere die Potentiale bei der Zusammenarbeit der unterschiedlichen Marktakteure zu berücksichtigen.

| UNTERNEHMEN | TELEKOMMUNIKA-TIONSUNTERNEHMEN | KABELNETZBETREIBER | VERSORGUNGS-UNTERNEHMEN |
|---|---|---|---|
| Investitions-betrachtung | kurzfristig | kurzfristig | langfristig |
| Geschäftsbereich | überregional | regional | regional |

Tabelle 10: Geschäftsbereiche und Planungshorizonte der unterschiedlichen Unternehmenskategorien

Während TKU auf überregionaler Ebene häufig mit verhältnismäßig kurzen Investitionszeiträumen zwischen fünf und zehn Jahren operieren, investieren VSU (bis auf überregionale Versorger wie RWE) auf lokaler Ebene in Refinanzierungszeiträumen von über 20 Jahren. Durch die langfristige Investitionsplanung im Bereich der Stromnetze besitzen VSU umfassende Erfahrungen und können Synergien nutzen. **Aus heutiger Sicht lässt sich festhalten, dass VSU die besseren Investitionsvorrausetzungen in FTTB-Netze besitzen als reine TKU.** Diese haben aufgrund der sich durch die Gewinnerwartung ergebenden Rahmenbedingungen keine Möglichkeiten, die hohen und langfristigen Investitionskosten zu tragen. **Großes Potential, die zukünftigen Infrastrukturinvestitionen zu stemmen, bietet sich durch Kooperationsmodelle zwischen TKU und VSU.** Als Beispiel dient das ÖPP-Projekt in Cochem-Zell (siehe Kapitel 8.2.3).

KNB besitzen aktuell ein Netz, welches in den bereits angeschlossenen Gebieten eine potentielle Versorgung in den angestrebten Bandbreiten über 300 Mbit/s erlaubt. **Nach derzeitigem Stand werden KNB nicht flächendeckend weitere Netze ausbauen, sondern die bestehenden Netze aufrüsten. Eine Möglichkeit besteht ebenfalls in der Kooperation mit VSU oder Infrastrukturgesellschaften.** Hierfür gibt es derzeit in Rheinland-Pfalz allerdings noch keine Beispiele.

**Trotz der derzeit überwiegend auf FTTC basierenden Ausbaupläne sieht kein Anbieter auf lange Sicht Alternativen zu einem FTTB/FTTH-Ausbau.** Der Schlüssel zum Ausbau dieser Netze ist die Kooperation aller Telekommunikations- und Versorgungsunternehmen sowie Kabelnetzbetreiber. Ein wesentliches Element bilden dabei die Versorgungsunternehmen sowie kommunale Unternehmen.

# 4.

# Anwendungsanalyse

© TÜV RHEINLAND 2015

# 4.1 Anwendungsszenarien

Zahlreiche digitale Dienste sind bereits verfügbar – sei es im gewerblichen und Dienstleistungsbereich mit Blick auf die Übertragung von Sensordaten oder 3-D-Bildern in Echtzeit in den Bereichen Verkehr, der Landwirtschaft oder im Gesundheitswesen, oder in der Unterhaltungsindustrie im Rahmen von zeitversetztem Fernsehen oder Streaming von HD-Filmen.

Laut einer Prognose von Cisco Systems[10] wird sich der weltweite IP-basierte Datenverkehr bis 2019 gegenüber 2014 verdreifachen und dann 64-mal so hoch sein wie im Jahr 2005. Dabei werden immer größere Datenmengen zu „Smart Data" verknüpft, um intelligent vernetzte Dienstleistungen und Produkte für private, gewerbliche und industrielle Anwendungen anzubieten. **Die Nachfrage nach digitalen Diensten steigt stetig, womit ein zunehmender Bedarf an Bandbreiten jenseits von 50 Mbit/s verbunden ist, um die anfallenden großen Datenmengen in Echtzeit zu übertragen und die Latenz, d.h. die zeitliche Verzögerung zwischen Abfrage und Auslieferung der Datenpakete, minimal zu halten.**

Das Potential der Digitalisierung und digitaler Dienste kann nur genutzt werden, wenn eine flächendeckende Versorgung mit leistungsfähigen Breitbandzugängen gewährleistet wird – sowohl mobil als auch stationär. Voraussetzung ist eine funktionierende digitale Infrastruktur. Damit verbunden ist auch der Ausbau von Mobilfunkmasten für funkbasierte Dienste via LTE-Advanced, die über Glasfaser mit hohen Bandbreiten versorgt werden müssen.

Im Folgenden werden für den privaten, gewerblichen und öffentlichen Raum sowie sektorspezifisch Anwendungsbeispiele für die Nutzung digital vernetzter Dienste vorgestellt. Die Anforderungen der jeweiligen Dienste an Bandbreite, Verfügbarkeit und Latenz der Breitbandverbindung werden dabei nach folgendem Schema kategorisiert. Die Bewertung erfolgt auf Basis von Expertenschätzungen von TÜV Rheinland.

| | |
|---|---|
| **Bandbreite** | |
| + | Geringer Bedarf an Bandbreite, Übertragung großer Datenpakete steht im Hintergrund |
| ++ | Höherer Bedarf an Bandbreite, Übertragung größerer Datenpakete, Belastungsspitzen können auftreten |
| +++ | Höchster Bedarf an Bandbreite, Spitzenbelastung sowie kontinuierliche Breitbandauslastung durch hohe Datenübertragung |
| **Verfügbarkeit** | |
| + | Ausfall führt zu keinen kritischen Zuständen, es entsteht weder wirtschaftlicher Schaden noch Lebensgefahr |
| ++ | Ausfall kann zu wirtschaftlichem Schaden führen, Dienst ist aber auch ohne Internetanbindung weiterhin funktionsfähig, wenn auch mit eingeschränkter Funktionalität |
| +++ | Ausfall hat Einfluss auf die Infrastruktur und führt zu wirtschaftlichem Schaden, durch einen Ausfall können zusätzlich Menschenleben in Gefahr geraten |
| **Latenz** | |
| + | Anwendungen sind latenzunkritisch, hohe Latenz hat minimalen Einfluss auf Funktionsumfang |
| ++ | Latenzstabilität ist erforderlich, jedoch sind Anwendungen nicht latenzkritisch |
| +++ | Geringe Latenz ist eine technische Voraussetzung, um die Funktionalität der Anwendung zu gewährleisten |

[10] Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2014-2019. Abrufbar unter (letzter Abruf 30. September 2015). Siehe auch Technische Universität Dresden. Breitbandstudie Sachsen 2030. Studie im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr. 2013. Abrufbar unter (letzter Abruf 30. September 2015)

### 4.1.1 Private Anwendungsbeispiele

#### Entertainment

Im privaten Bereich werden Internetzugänge oftmals vor allem zu Unterhaltungszwecken genutzt. Ein typisches Anwendungsszenario wird im Folgenden anhand einer vierköpfigen Familie skizziert. Im Beispiel schauen die Eltern im Wohnzimmer Fernsehen, während der Sohn Computerspiele spielt und die Tochter Videotelefonie nutzt.

Die vollumfängliche Verwendung von Fernsehgeräten mit Ultra High Definition (UHD oder Ultra HD TV) benötigt einen hochbitratigen Dateninput, um Bildschirmauflösungen von aktuell 8K UHD (7680 x 4320 Pixel / 33,2 Megapixel / Bildwiederholrate von 120 Vollbildern pro Sekunde) qualitativ zu bespielen. Neben den hochaufgelösten Bild- und Toninformationen ermöglichen die Betriebssysteme der TV-Geräte das Surfen und Streamen von Internetinhalten. Die Datenpakete erfordern eine entsprechend hohe Bandbreite. Bei sogenannten Triple-Play-Anschlüssen – Internet, Telefonie und Fernsehen über IP – ist es bei der Betrachtung der notwendigen Bandbreite unerheblich, ob klassisches lineares Fernsehen oder Streaming von Filmen und Serien zum Einsatz kommt.

Moderne Spielesysteme entwickeln sich dahingehend, dass künftig größere Berechnungen vom lokalen Computer / der Konsole auf externe Server bzw. in die Cloud verlagert werden. Der Vorteil dabei ist, dass der Endnutzer keine teure Rechentechnik mehr vorhalten muss. Dadurch sinkt der Energieverbrauch und grafisch aufwendige Spiele müssen nicht länger auf großen stationären Geräten gespielt, sondern können auf mobilen Endgeräten – wie Smartphones oder Tablets – genutzt werden. In diesem Bereich trifft man auch auf echtzeitbasierte Online-Multiplayer-Spiele sowie die sich allmählich entwickelnden Virtual-Reality-Anwendungen. Derartige Dienste benötigen eine hohe Bandbreite und insbesondere eine äußerst geringe Latenz, um den Spieleinhalt unter Einbeziehung der Benutzereingaben in Echtzeit auf den Bildschirm zu bringen.

Videotelefonie ist ein weiterer Dienst, der vor allem eine geringe Latenz der Internetverbindung benötigt. Da die Bildqualität und Auflösung von (eingebauten) Kameras und Bildschirmen stetig steigt, wächst auch der Bandbreitenbedarf analog zu den Fernsehformaten. Auch wenn Full-HD heute noch als Standard bei Videotelefonie gilt, wird UHD schon bald den nächsten (Zwischen-) Schritt bei der technischen Evolution darstellen.

| ANWENDUNG | BANDBREITE | VERFÜGBARKEIT | LATENZ |
|---|---|---|---|
| Entertainment | +++ | + | +++ |
| Spezifische Anforderungsmerkmale | Abruf hoher Bandbreiten, latenzkritische Anwendungen, Priorisierung bei der Datenübermittlung, Verfügbarkeit ist hierbei „nur" Indikator für Service-Qualität aus der Perspektive der Nutzer, Verfügbarkeit an sich ist nicht infrastrukturkritisch | | |

Tabelle 11: Technische Anforderungen der Entertainment-Dienste für den privaten Sektor

### 4.1.2 Gewerbliche Anwendungsbeispiele

#### Industrie 4.0

Industrie 4.0 verbindet Informations- und Kommunikationstechnologien mit der produzierenden Industrie. Beispielhaft sind im Folgenden die notwendigen Bandbreiten für ein Maschinenbauunternehmen dargestellt. Ein hoher Bedarf an Bandbreite ergibt sich aus der gleichzeitigen und kontinuierlichen Produktion, wofür Rohstoffe und Materialien benötigt und schließlich fertige Produkte ausgeliefert werden. Große Datenmengen werden zwischen verschiedenen Standorten des Unternehmens sowie seinen Zulieferern und Kunden ausgetauscht.

Die Vernetzung der Produktion erfolgt vor allem, um z.B. Produktionsstraßen und Fertigungsmaschinen intern sowie mit zusätzlichen externen Maschinen kommunizieren zu lassen. Intelligente Werkstückkommunikation ermöglicht die Anpassung der Produktionsräume an Produktvariationen. Hersteller können die Fertigung eines Bauteils anstoßen und die relevanten Herstellungsinformationen werden automatisch zwischen den unterschiedlichen Maschinen ausgetauscht. Damit wird es möglich, hochvariable Bauteile zu fertigen ohne manuelle Anpassungen für die einzelnen Produktionsschritte zu definieren. Bestehende Produktionsketten können auf variable Bedarfe reagieren. Dies trägt zur generell angestrebten Effizienz- und Produktivitätssteigerung von intelligenten, herstellerübergreifenden cyber-physischen Industrieanlagen bei.

Um Produktivität und Effizienz in der Produktion zu steigern, gilt es die Kommunikation nicht nur intern zu steuern, sondern die vorliegenden Informationen mit einem Verbundnetz von Zulieferern zu verbinden. Zulieferer können in Echtzeit neben den aktuellen Lagerbeständen über geplante Fertigungsprozesse informiert werden. Bestellungen laufen automatisiert und helfen auf Seiten sowohl der Zulieferer als auch der Hersteller die Lagerbestände zu minimieren. Diese Art der Vernetzung erlaubt die technischen Potentiale umfassend auszuschöpfen. Der Optimalfall von Just-in-time-Lieferung – also der Ankunft der Materialen am Produktionsort, wenn diese benötigt werden – wird zur Realität.

Ähnlich wie das dargestellte Beispielunternehmen arbeiten auch dessen Kunden mit automatisierten Bestellungen. Dementsprechend werden die technischen Spezifikationen und Produktdaten in großen Dateien versendet. Um den Ressourcenverbrauch zu optimieren und insbesondere Lagerkapazitäten zu sparen, wird in Echtzeit produziert und verschickt, wenn der Kunde die Produkte – zum Beispiel zur Weiterverarbeitung – benötigt. Verzögerungen beim Datentransfer bedeuten also Verluste und müssen unbedingt vermieden werden.

| ANWENDUNG | BANDBREITE | VERFÜGBARKEIT | LATENZ |
|---|---|---|---|
| Industrie 4.0 | ++ | +++ | +++ |
| Spezifische Anforderungsmerkmale | Abruf hoher Bandbreiten, latenzkritische Anwendungen, hohe Ausfallsicherheit muss gewährleistet sein, d.h. stetige Verfügbarkeit ist Voraussetzung für Produktionsprozesse | | |

Tabelle 12: Technische Anforderungen der Industrie-4.0-Dienste

#### KMU/Selbständige

Bei KMU sowie Selbständigen ist vor allem Flexibilität gefragt. Die Auftragslage von beispielsweise Architekturbüros oder Herstellern von Prototypen ist oft saisonal und konjunkturell schwankend und benötigt je nach Arbeitsschritt eine unterschiedliche Anzahl an IT-Ressourcen. Die Lösung für dieses Problem lautet Cloud-Computing. Wo früher teure Rechentechnik vorgehalten werden musste, die häufig ungenutzt blieb, kann heute in Echtzeit benötigte Server-Kapazität gemietet werden. Ein über die Grenzen von Rheinland-Pfalz hinaus anerkanntes Beispiel dafür aus dem öffentlichen Sektor ist das Projekt

„Cloud RLP" des Landesbetriebs Daten und Information[11]. Gestartet als individuelles Instrument für die Arbeit der Landespolizei, dient es heute als Cloud-Umgebung für die Landesverwaltung. Künftig könnten auch Unternehmen von der Cloud RLP profitieren.

In ähnlicher Form wird auf über das Internet gemietete Hochleistungsrechner zurückgegriffen, um rechenintensive Aufgaben durchzuführen, ohne kostenintensive Soft- und Hardware selbst zu erwerben. Dies kommt insbesondere zum Einsatz bei Simulationsberechnungen für das Verhalten von Baugruppen unter Einsatzbelastung, virtuellen Crashtests oder Multikriterien-Fragestellungen mit mehreren Variablen (wie sie Bauingenieure stellen), die gewöhnliche Rechenkapazitäten bei weitem übersteigen.

Auch die digitale Arbeitswelt spielt eine Rolle. Firmen müssen Mitarbeitern, unabhängig von ihrem Aufenthaltsort, Zugang zu den notwendigen Projektdaten auf den Arbeitgeberservern ermöglichen. Unternehmen sehen sich zunehmend gezwungen, das Datenhosting in-house zu halten, um die Sicherheit der Daten vor dem Zugriff Dritter zu gewährleisten. Dies setzt aber auch voraus, dass die Daten jederzeit an jedem Ort per Breitbandanschluss verfügbar sind. Für Pendler oder Home-Office-Nutzer sind mobile Office-Anwendungen von großer Bedeutung. Dazu zählen Videokonferenzen mit Kollegen oder Kunden sowie Filesharing-Dienste, um über externe Netzwerkzugänge auf Arbeitgeberserver zurückzugreifen und mit Kollegen parallel an Projekten zu arbeiten.

Ganz gleich, ob die Cloud-Computing-Kapazitäten extern angemietet oder dauerhaft innerhalb des Unternehmens vorgehalten werden – der Bedarf an Bandbreite ist hoch und steigt mit jedem einzelnen Mitarbeiter und jedem zusätzlichen Projekt sowie der Komplexität der Aufgaben. Da Mitarbeiter nicht nur im Unternehmen, sondern auch beim Kunden oder von zu Hause arbeiten und auf die Daten zugreifen müssen, wird die Bandbreite nicht nur an einzelnen Gewerbestandorten, sondern flächendeckend benötigt. Beeinträchtigungen der Arbeitsfähigkeit aufgrund zu geringer Bandbreiten verringern die Wettbewerbsfähigkeit.

| ANWENDUNG | BANDBREITE | VERFÜGBARKEIT | LATENZ |
|---|---|---|---|
| KMU | +++ | +++ | ++ |
| Spezifische Anforderungsmerkmale | Abruf hoher Bandbreiten, Verfügbarkeit entscheidet über Arbeitsfähigkeit, stabile Latenz notwendig um Anwendung auszuführen | | |

Tabelle 13: Technische Anforderungen der KMU-Dienste

### 4.1.3 Sektorspezifische Anwendungsbeispiele

#### E-Health

Angesichts der demografischen Entwicklung nehmen sogenannte Altersgerechte Assistenzsysteme für ein selbstbestimmtes Leben (AAL) an Bedeutung zu. Sie bieten Nutzern die Möglichkeit, solange wie möglich im eigenen Haushalt oder in betreuten Wohnanlagen eigenständig zu leben. AAL-Dienste umfassen u.a. die Überwachung der Vitalfunktionen oder eine automatische Sturzdetektion. Die Informationen werden über Sensoren in der Wohnung/Haus und an der Person (ähnlich einem Armband zur Messung der Laufschritte) gesammelt und bei Notsituationen an den Hausarzt oder den Pflegedienst übermittelt. Dadurch wird eine Ferndiagnose des Hausarztes möglich. Gerade in überwiegend ländlich geprägten Gebieten ist ein Rückgang der hausärztlichen Versorgung zu beobachten. Die Ferndiagnose über z.B. Telemonitoring wird notwendig, wenn Patienten nicht mehr den Weg zum nächstgelegenen Arzt auf sich nehmen können.

[11] Zur Cloud RLP siehe auch Landesbetrieb Daten und Information unter diesem Link

Auch medizinische Versorgungszentren und Kooperationen von Fachärzten, Krankenhäusern und Hausärzten erhalten in dünn besiedelten Gebieten eine zunehmende Bedeutung. Um deren Arbeitsfähigkeit nach neuesten medizinischen und technischen Standards zu gewährleisten, sind sie auf digitale Infrastrukturen angewiesen. Die Übermittlung von z.B. verschlüsselten radiologischen Bildern und die gleichzeitige Auswertung der Befunde durch mehrere Personen (Hausarzt, Radiologe, Krankenhaus) an unterschiedlichen Standorten benötigen hohe Bandbreiten.

Ein Datenaustausch von organisatorischen Kennzahlen (Beleg- und Dienstplan, Straßenbaustellen etc.) über einheitliche Datenbanken erlaubt Krankenhäusern, Rettungsdiensten, Allgemeinarztpraxen, Krankenkassen, Fachärzten, aber auch Verkehrsleitzentralen eine bessere Koordinierung der Notfallversorgung oder die Planung von Rettungswegen.

| ANWENDUNG | BANDBREITE | VERFÜGBARKEIT | LATENZ |
|---|---|---|---|
| eHealth | +++ | +++ | +++ |
| Spezifische Anforderungsmerkmale | Übertragung hoher Bandbreiten zum Austausch von Informationen (u.a. Sensordaten und Bilddateien), Verfügbarkeit stellt einen höchst kritischen Faktor dar, geringe Latenz zur Übertragung von Steuer- und Sensorsignalen zur Echtzeitbetrachtung und Auswertung | | |

Tabelle 14: Technische Anforderungen der eHealth-Dienste

### eGovernment

Unter dem Schlagwort eGovernment werden Verwaltungsverfahren digitalisiert und die Prozesse zwischen Behörden und Verwaltungseinheiten sowie mit Bürgern und Gewerbetreibenden/Unternehmen modernisiert. Die Kommunikation wird dabei effizienter, beschleunigt und vereinfacht. Elektronische Antragsverfahren sowie die verwaltungsinterne elektronische Akte und Vorgangsbearbeitung ermöglichen perspektivisch eine ganzheitliche digitale Bearbeitung der Verwaltungsverfahren. Dazu gehören die Online-Einreichung von Anträgen sowie die digitale Abwicklung von Genehmigungs- und Ausschreibungsverfahren. Über die Transparenzplattform Rheinland-Pfalz werden zukünftig interessierten Bürgern Daten und Informationen der Verwaltung öffentlich zur Verfügung gestellt.

Um die elektronische Verwaltung in der Fläche umzusetzen, ist zum einen ein gemeinsamer Akten- und Dokumentenpool auf Seiten der Behörden notwendig, z.B. über die elektronische Akte sowie spezielle Vorgangsbearbeitungssysteme. Mit Blick auf die Kommunikation außerhalb des Verwaltungsnetzes mit Bürgern und Gewerbetreibenden sind zum anderen stabile Breitbandverbindungen erforderlich, um große Datenmengen bei der Übertragung von z.B. Bauanträgen inkl. Gutachten/Zeichnungen in Echtzeit zu übermitteln. Dies wird notwendig, wenn eine gemeinsame Akteneinsichtnahme erfolgt, um z.B. die Vollständigkeit der Verfahrensunterlagen zu prüfen. Elektronische Servicekonten (Bürger- und Unternehmenskonten) werden von Behörden genutzt, um digitale Dokumente sicher mit Bürgern, anderen Behörden und öffentlichen Einrichtungen sowie mit Gewerbetreibenden etc. auszutauschen. Der Landkreis Cochem-Zell nimmt an einem solchen eGovernment-Pilotprojekt des Bundesinnenministeriums teil.

Die Digitalisierung von ausgefüllten Anträgen (z.B. Bau- oder Gewerbeanträge) kann sowohl online am eigenen Rechner erfolgen als auch an Bürgerterminals an zentralen Stellen in den Kommunen. Letztere können Bürger bei der Antragstellung unterstützen, wenn diese z.B. im eigenen Haushalt über keine schnelle Internetverbindung verfügen oder eingeschränkt mobil sind, um bei den Behörden direkt vorzusprechen. Die Bürgerterminals bieten eine Dokumentenbearbeitungsfunktion und ermöglichen den direkten Austausch mit Sachbearbeitern bei gleichzeitigem Zugriff auf Formulare oder Anträge.

Das Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation von Rheinland-Pfalz setzt als Landesbehörde bereits eGovernment-Dienste ein und hat die hierfür notwendige digitale Infrastruktur geschaffen. Durch eine neue Serverstruktur liegen alle Daten zentral im Landesbetrieb für Daten und Information. Damit wurde die Grundlage für die Kommunikation mit Bürgern

und Kunden aufgebaut. Daten des Landesamtes wie Luftbilder und Fernerkundungsdaten sind digital erfasst und können über Cloud Computing-Dienste abgerufen werden (Daten werden direkt gehostet). Allerdings stellt der Breitbandanschluss bei den Kunden teilweise ein Hindernis dar, da bei ihnen nicht die notwendigen Bandbreiten für Up- und Downloads der Bilddateien gegeben sind. Das Landesamt selbst besitzt derzeit eine 4-Gbit/s-Anbindung ans Internet.

| ANWENDUNG | BANDBREITE | VERFÜGBARKEIT | LATENZ |
|---|---|---|---|
| eGovernment | ++ | +++ | + |
| Spezifische Anforderungsmerkmale | Hohe Varianz bei der Datengröße der zu übertragenden Daten, hohe Verfügbarkeit muss gewährleistet werden, Latenz sollte die parallele Bearbeitung von Formularen und Dokumenten gestatten | | |

Tabelle 15: Technische Anforderungen der eGovernment-Dienste

## Intelligente Mobilität

Systemübergreifende Mobilitätsdienste verbinden Anwendungen aus dem Verkehrsbereich mit Informations- und Kommunikationstechnologien. Das stetig wachsende Verkehrsaufkommen kann so intelligent in Echtzeit gesteuert und ein effizienterer, aber auch sichererer Verkehrsfluss erreicht werden. Dies ist insbesondere im Straßenverkehr von großer Relevanz, um auf Staus, Unfälle oder Unwetter zu reagieren.

Im Rahmen einer intelligenten Verkehrsführung wird eine Infrastruktur zur Kommunikation zwischen Fahrzeugen (so genannte Car-to-Car-Kommunikation) sowie mit Informationssystemen und der Verkehrsinfrastruktur, u.a. Ampeln und Verkehrsleitzentralen (Car/Vehicle-to-Infrastructure-Kommunikation), aufgebaut. Hierfür werden zum einen Fahrzeugsensoren genutzt, die anonymisiert Auskunft z.B. über Geschwindigkeit, Notbremsungen, Eis und Aquaplaning geben. Gleichzeitig werden die so ermittelten Daten mit Polizeiinformationssystemen, Überwachungskameras, Wetterstationen etc. vernetzt. Dies erlaubt den Austausch von aktuellen Verkehrsinformationen und eine Abschätzung des Verkehrsaufkommens.

Die Auswertung all dieser Daten führt zu einem virtuellen Abbild der Straßensituation in Echtzeit. Die Rückkopplung dieser Informationen an das Navigationsgerät des Fahrzeuges ermöglicht eine Anpassung der Fahrtroute vor Stauende. Ein Signalton oder eine Einblendung in die fahrzeuginterne Digitalanzeige kann auf einen Unfall direkt auf der Fahrtroute hinweisen. Der individuelle Fahrtweg kann so in Echtzeit geändert, Staus vorgebeugt und Unfälle vermieden werden.

Dadurch wird eine effiziente Verkehrssteuerung möglich, die sowohl private und gewerbliche Fahrzeuge als auch den öffentlichen Nahverkehr einbezieht. Ein konkretes Beispiel ist das internationale „C-ITS Corridor"-Projekt, dessen Umsetzung auch in Rheinland-Pfalz erfolgt[12]. Dieses gemeinsame Projekt von Deutschland, den Niederlanden und Österreich baut ein grenzüberschreitendes System zur direkten Kommunikation zwischen Fahrzeugen, straßenseitiger Verkehrsleittechnik und Verkehrsleitzentralen auf.

Das internationale Projekt zeigt auf der Teststrecke von Rotterdam über Frankfurt am Main nach Wien Potentiale von kooperativen Systemen im Straßenverkehr auf. Diese benötigen zur Realisierung stabile digitale Kommunikationsinfrastrukturen entlang der Straßen, vor allem im Bereich drahtloser Datenübertragung. Die hierfür notwendigen Funktechniken müssen ebenfalls über Glasfaserkabel angebunden werden, um ausreichend Bandbreite für alle Teilnehmer für einen zuverlässigen mobilen Datenaustausch bereitzustellen.

[12] Das Projekt verantwortet in Deutschland das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Rheinland-Pfalz ist eines von drei Bundesländern, das an der Projektumsetzung beteiligt ist. Weitere Informationen finden sich unter: http://c-its-korridor.de/

| ANWENDUNG | BANDBREITE | VERFÜGBARKEIT | LATENZ |
|---|---|---|---|
| Intelligente Mobilität | +++ | +++ | +++ |
| Spezifische Anforderungsmerkmale | Die Summe der Teilnehmer erzeugt eine sehr hohe Datenmenge, die Verfügbarkeit nimmt Einfluss auf die Infrastruktur, stabile und stetige Echtzeitauswertung erfordert geringe Latenz | | |

Tabelle 16: Technische Anforderungen der intelligenten Mobilitätsdienste

## Landwirtschaft

Über ein Drittel der Fläche des Landes Rheinland-Pfalz werden landwirtschaftlich genutzt. Die M2M-Kommunikation (Maschinen zu Maschinen) findet nicht nur im Rahmen von Industrie 4.0 Anwendung, sondern auch in der Landwirtschaft. Mähdrescher bestellen zum Beispiel eigenständig einen Traktor mit weiterem Wagen, wenn die Kapazitäten des ersten auf dem Feld nicht ausreichen. Dazu sind leistungsfähige Mobilfunkverbindungen notwendig (mobiles Breitband), die vor allem eine geringe Latenz bieten. Informationen über Ackergröße, Bodenbeschaffenheit, Wetterbericht sowie Verfügbarkeit von Saatgut und Dünger werden unter den Maschinen kommuniziert. Eine Vernetzung der Geräte mit Händlern von Düngemitteln kann automatisch eine Bestellung auslösen.

Sämtliche Landwirtschaftsmaschinen senden ihre Daten in Echtzeit an einen zentralen Server. Diese umfassen neben dem Standort auch umfangreiche Leistungs- und Maschinendaten. Dank der regelmäßigen Übertragung von mehreren hundert Parametern können Service und Wartung zum richtigen Zeitpunkt eingeleitet werden. Sowohl über mobile Apps als auch am Computer im Büro lassen sich alle Ergebnisse in aufbereiteter Form analysieren und kontrollieren. Auf digitalen Karten können die Grenzen von Erntegebieten definiert und die Maschineneinsätze geplant werden[13].

Um diese Vernetzung und Auswertung von Daten sicherzustellen, sind je nach Größe des landwirtschaftlichen Betriebes unterschiedliche Bandbreiten notwendig. Allen gemein ist die Notwendigkeit der Verfügbarkeit von sowohl Mobilfunk- als auch leitungsgebundenen Verbindungen.

| ANWENDUNG | BANDBREITE | VERFÜGBARKEIT | LATENZ |
|---|---|---|---|
| Landwirtschaft | ++ | ++ | +++ |
| Spezifische Anforderungsmerkmale | Übertragung von zahlreichen Sensordaten, geringe Latenz, Verfügbarkeit ist unkritisch aufgrund der Autonomie der Systeme | | |

Tabelle 17: Technische Anforderungen der Landwirtschaftsdienste

## Energie/Smart Grids

Im Energiesektor besteht ein sehr großer Bedarf an Breitbandverbindungen. Klassische Stromnetze sollen zu intelligenten Netzen weiterentwickelt werden. Stromerzeuger und -verbraucher wachsen zusammen. Energie soll eingespart und nach Möglichkeit dann verbraucht werden, wenn sie aus erneuerbaren Quellen zur Verfügung steht. Dazu besteht an allen Stellen ein hoher Informationsbedarf, der nur über stabile Datenübertragung abgedeckt werden kann. Smart Grid ist nur mit Smart Home möglich und umgekehrt.

[13] Vorstellung des Smart Rural Areas Projektes in Zusammenarbeit mit Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE auf der Webseite des Instituts unter diesem Link (Abruf am 15. Oktober 2015)

Ein intelligenter Stromzähler (Smart Meter) beim Verbraucher meldet den aktuellen und geplanten Verbrauch und greift somit passiv in die Regelungstechnik beim Stromerzeuger ein. Dadurch werden Effizienz der Stromerzeugung und des -verbrauchs erheblich gesteigert und das Auftreten von Leistungsspitzen wird in die Versorgungsplanung besser integriert. Somit ist eine flexible Tarifgestaltung für den Endverbraucher entsprechend der zeitbezogenen Nachfrage möglich.

In der Welt der klassischen eindirektionalen Energieübertragung (vom Erzeuger zum Verbraucher) helfen intelligente Techniken und Netzstrukturen, dezentrale Einspeisungen ohne Lastflussüberlappungen zu steuern und somit die Netzbalance/Systemstabilität zu erhalten. Mit dem Ziel bestehende Stromnetze nachhaltig zu modernisieren, wächst das Feld des Energietransports, der Kommunikationstechnik und IT zum „Smart Grid" zusammen. Neben dem angeführten Monitoring von zentralen und dezentralen Stromeinspeisungen ist es in Zukunft auch wichtig, aktuelle Verbräuche von Stromkunden an den Energieerzeuger in Echtzeit zu melden.

Die Vernetzung im privaten Bereich zeichnet sich u.a. durch miteinander kommunizierende Haushaltsgeräte aus, die zudem an das Internet angebunden sind. Dazu zählt z.B. der Kühlschrank, der mit dem Online-Shop des nächsten Supermarktes verbunden ist und, wenn Lebensmittel verbraucht sind, diese auf die virtuelle Einkaufsliste setzt. Hierbei wird sich ein Home-Netzwerk entwickeln, bei dem die Anwender sowohl lokal als auch über die Internetanbindung in der Lage sein werden, die angeschlossenen Geräte fernzusteuern. Dies umfasst auch die Fernsteuerung von Jalousien und Fenstern durch den Menschen oder durch die Vernetzung mit Außensensoren, die auf Wetterveränderungen und Sonneneinstrahlung reagieren.

Für den Transport regenerativ erzeugten Stroms zum Verbraucher werden barrierefreie Netze benötigt. In Rheinland-Pfalz erfolgt im Rahmen des Forschungsprojekts Smart Country die praktische Erprobung und wirtschaftlich-technische Bewertung solcher Netzkonzepte[14]. Elementarer Bestandteil ist die intelligente Vernetzung mit Hilfe von Breitbandanschlüssen.

| ANWENDUNG | BANDBREITE | VERFÜGBARKEIT | LATENZ |
|---|---|---|---|
| Smart Grids | ++ | +++ | +++ |
| Spezifische Anforderungsmerkmale | Die Summe der Teilnehmer bedarf einer hohen Bandbreite, Anwendungen sind sicherheits- und infrastrukturkritisch, geringe Latenz ist für die Funktionalität notwendig | | |

Tabelle 18: Anforderungen der Smart-Grid-Dienste

[14] Informationen zum Smart Country Projekt mit RWE in der Eifelauf der Webseite von RWE unter diesem Link (Abruf 15. Oktober 2015)

# 4.2 Abgeleitete Bedarfe an zukünftige Breitbandnetze (mehr als 100 Mbit/s)

Ob die Höhe der verfügbaren Bandbreite für die Nutzung von intelligent vernetzten Produkten und Diensten ausreicht, hängt von der Größe der Datenpakete, der notwendigen Übermittlungsgeschwindigkeit, der direkten Datenverfügbarkeit und der Latenz ab. Die Bandbreite beschreibt die erreichbare Übertragungsrate. Die Verfügbarkeit gibt Auskunft über die Ausfallsicherheit der Anbindung. Die Latenz beschreibt die Verzögerungszeit zwischen Ereignis und Reaktion von der Gegenseite. Je geringer dieser Wert ist, desto leistungsfähiger ist das Breitbandnetz. Nachfolgende Beispiele illustrieren die unterschiedlichen Anforderungen.

## 4.2.1 Anforderungen an die Bandbreite

### UHD-Streaming

Fernsehen in UHD-Auflösung erfordert einen Dateninput mit hohen Bitraten. Bei der Darstellung von unkomprimierten 4K UHD-Inhalten fallen derzeit etwa 60 Mbit/s an, bei 3-D-Inhalten kann sich dieser Wert auf bis zu 120 Mbit/s verdoppeln. Darüber hinaus kann UHD-Material eine 22.2-Kanal Tonspur enthalten. Neben den hochaufgelösten Bild- und Toninformationen ermöglichen die Betriebssysteme der TV-Geräte das Surfen und Streamen von Internetinhalten. Um alle diese Inhalte unkomprimiert abspielen zu können, werden zurzeit **170 Mbit/s** benötigt.

### Datenbanktransfer

Als Beispiel dient eine zentrale Geodatenbank zur Planung von Breitbandausbauprojekten jeglicher Art. Die Daten müssen samt Metadaten zur lokalen Berechnung an den Anwender übertragen werden. So fallen bereits auf Landkreisebene mindestens 50 GB Daten an und können je nach geografischer Lage schnell in einem dreistelligen Gigabyte-Bereich liegen. Die Datenübertragung bei 50 GB kann bei einer niedrigen Bandbreite von nur 50 Mbit/s rund 171 Minuten betragen.

| DAUER DER DATENÜBERTRAGUNG BEI 50 GB | |
|---|---|
| 25 Mbit/s | 341 Minuten |
| 50 Mbit/s | 171 Minuten |
| 100 Mbit/s | 85 Minuten |
| 300 Mbit/s | 28 Minuten |

Tabelle 19: Datenübertragungsdauer 50 GB

### Parallel laufende Anwendungen

Im E-Health-Bereich liegt die Herausforderung nicht nur bei der Übertragung hoher Datenmengen. Vielmehr spielt auch die Latenz und direkte Datenverfügbarkeit eine besondere Rolle. Häufig werden telemedizinische Dienste parallel verwendet, sodass der Breitbandanschluss über ausreichend Reserven verfügen muss.

| VIDEOÜBERTRAGUNG 4K UHD | + HD VIDEOKONFERENZ MIT TON | + DESKTOP-SHARING | + DATENÜBERTRAGUNG (ECHTZEIT) | + TRANSFERRESERVEN | GESAMT |
|---|---|---|---|---|---|
| 60 Mbit/s | + 10 Mbit/s | + 15 Mbit/s | + 120 Mbit/s | + 50 Mbit/s | = 255 Mbit/s |

Tabelle 20: Bandbreitenbedarf parallel laufender Anwendungen

© TÜV RHEINLAND 2015

### 3-D-Anwendungen

Im gewerblichen und produzierenden Gewerbe werden komplexe CAD-Modelle („computer-aided design") benötigt, welche je nach Komplexität des Gesamtsystems mehrere Gigabyte groß sind. Die Anwendungen sind nicht in Echtzeit durchzuführen, sollten aber in kurzer Zeit übertragen werden können, sodass beispielsweise ein abteilungs- oder unternehmensübergreifender Zugriff erfolgen kann. Eine Datenübertragung von 10 GB benötigt 34 Minuten, sofern eine Bandbreite von 50 Mbit's verfügbar ist.

| DAUER DER DATENÜBERTRAGUNG BEI 10 GB | |
|---|---|
| 25 Mbit/s | 68 Minuten |
| 50 Mbit/s | 34 Minuten |
| 100 Mbit/s | 17 Minuten |
| 300 Mbit/s | 6 Minuten |

Tabelle 21: Datenübertragung 10 GB

## 4.2.2 Ableitung des Technologiebedarfs

Die im Kapitel 4.1 diskutierten Beispiele stellen unterschiedliche Anforderungen an die technischen Eigenschaften. Die Unterteilung in die Bereiche Bandbreite, Verfügbarkeit und Latenz werden hier aufgegriffen und erlauben eine Ableitung der kompatiblen Technologien. Die Bewertung beruht auf Expertenschätzungen von TÜV Rheinland.

| ANWENDUNG | BANDBREITE | VERFÜGBARKEIT | LATENZ | TECHNOLOGIE |
|---|---|---|---|---|
| Entertainment | +++ | + | ++ | FTTC/B/H + 5G |
| Industrie 4.0 | ++ | +++ | +++ | FTTB/H |
| KMU | +++ | +++ | ++ | FTTB/H |
| E-Health | +++ | +++ | +++ | FTTB/H |
| eGovernment | ++ | +++ | + | FTTB/H |
| Intelligente Mobilität | +++ | +++ | +++ | FTTB/H + 5G |
| Landwirtschaft | ++ | ++ | +++ | FTTC + 5G |
| Smart Grids | ++ | +++ | +++ | FTTB/H + 5G |

Tabelle 22: Technische Anforderungen von Anwendungsbeispielen

### Legende

**Bandbreite**

| | |
|---|---|
| + | Geringe Bandbreiten benötigt, die Übertragung großer Datenpakete steht im Hintergrund |
| ++ | Höherer Bedarf an die Bandbreite, größerer Datenpakete werden übertragen, Belastungsspitzen können auftreten |
| +++ | Höchster Bedarf an die Bandbreite, Spitzenbelastung als auch kontinuierliche Breitbandauslastung durch hohe Datenübertragung |

**Verfügbarkeit**

| | |
|---|---|
| + | Ausfall führt zu keinen kritischen Zuständen, es entsteht weder ein wirtschaftlicher Schaden, noch entsteht hierdurch Lebensgefahr |
| ++ | Ausfall kann zu einem wirtschaftlichen Schaden führen, ist aber auch ohne Internetanbindung weiterhin funktionsfähig, wenn auch mit eingeschränkter Funktionalität |
| +++ | Ausfall hat Einfluss auf die Infrastruktur und führt zu einem wirtschaftlichem Schaden, durch einen Ausfall können zusätzlich Menschenleben in Gefahr gebracht werden |

**Latenz**

| | |
|---|---|
| + | Anwendungen sind weitgehend latenzunkritisch, hohe Latenz hat keinen bis minimalen Einfluss auf den Funktionsumfang |
| ++ | Die Anwendungen erfordern eine Latenzstabilität, sind jedoch nicht latenzkritisch |
| +++ | Geringe Latenz ist eine technische Voraussetzung, um die Funktionalität der Anwendung zu gewährleisten |

## Entertainment

Der Entertainment-Anwendungsbereich ist gekennzeichnet durch seine hohen Anforderungen an die Bandbreiten. Hierbei gibt es eine große Varianz bei dem Konsumverhalten der Endverbraucher. Die Verfügbarkeit der Kommunikationsnetze ist infrastrukturunkritisch, ebenso sind die Anwendungen latenzunkritisch, bedürfen allerdings einer latenzstabilen Verbindung von unter 400 ms, um eine Echtzeitkommunikation zu ermöglichen. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte und der Vielseitigkeit der Anwender und Anwendungsgebiete können diese Anforderungen von einem breiten Technologiemix abgedeckt werden. Zentrales Kriterium sind die hohen Übertragungsraten. In Betracht kommen daher Lösungen, die auf FTTC/FTTB/FTTH oder 5G basieren.

## Industrie 4.0

Der Industrie-4.0-Sektor stellt hohe Anforderungen an die Bandbreitenauslastung, mit Spitzenauslastungen bei der Datenübertragung. Die Verfügbarkeit muss durchweg gegeben sein, um die Wertschöpfung innerhalb der Betriebe und Versorgernetzwerke aufrecht zu erhalten. Durch den Einsatz vielseitiger Sensoren und der erforderlichen Verarbeitung der Informationen wird eine geringe Latenz benötigt. Diese Anforderungen lassen sich auf langfristige Sicht nur über FTTB/FTTH-Anbindungen realisieren.

## KMU

KMU sorgen sowohl für Spitzenauslastungen als auch für permanent hohe Übertragungsraten, im Download wie Upload. Die Verfügbarkeit bestimmt die Arbeitsfähigkeit. Die Latenz muss stabil sein, ist aber nicht anwendungskritisch. Durch die hohen Anforderungen an Verfügbarkeit und Übertragungsraten stellen FTTB/FTTH-Anschlüsse die bevorzugte Technologie dar.

## E-Health

Der E-Health-Bereich kombiniert eine Vielzahl von Anwendungsgebieten. Hierbei werden höchste Ansprüche an die Übertragungsrate, Verfügbarkeit und Latenz gestellt. Auch die anfallenden Datenmengen können je nach konkretem Anwendungsbereich erhebliche Ausmaße annehmen. Lediglich FTTH/FTTB-Anschlüsse sind in der Lage, eine zukunftsfähige und diesen Anforderungen entsprechende Struktur bereitzustellen.

## eGovernment

Im eGovernment-Bereich wird eine Vielzahl von Dokumenten übertragen. Die Datengrößen haben hierbei eine große Varianz und werden sich aus heutiger Sicht überwiegend in einem unkritischen Rahmen bewegen, welcher auch von geringeren Bandbreiten gewährleistet werden kann. Mit zunehmender Funktionalität werden sich aber auch die zu übertragenden Inhalte ändern. Aufgrund der hohen Ansprüche an die Verfügbarkeit wird eine ausfallsichere Struktur benötigt. Die Latenz ist anwendungsunkritisch. In Hinblick auf die Zukunftsfähigkeit und die Anforderungen an die Ausfallsicherheit wird die FTTB/FTTH-Technologie empfohlen.

## Intelligente Mobilität

Die Summe der Anwender führt zu großen Datenmengen, welche zeitgleich Daten übermitteln. Zusätzlich handelt es sich hierbei um eine kritische Infrastruktur, welche es durch hohe Ausfallsicherheiten zu schützen gilt. Durch die Vielzahl von Sensordaten und Informationen wird eine geringe Latenz benötigt, damit die Auswertung in Echtzeit erfolgen kann. Durch die Kombination der vielen bewegten Teilnehmer wird eine weitreichende FTTB/FTTH-Struktur benötigt, um die anfallenden Datenmengen übertragen zu können. Im Falle der notwendigen mobilen Datenverbindung ermöglicht 5G eine zuverlässige Funkübertragung mit geringer Latenz.

## Landwirtschaft

Der landwirtschaftliche Sektor zeichnet sich durch eine Kombination aus Sensordaten, Geoinformationsdaten, Verbrauchswerten und weiteren Informationen aus. Die zu übertagenden Datenmengen bewegen sich in einem überschaubaren Rahmen und werden die Breitbandleitungen nicht vollständig auslasten. Da die Systeme in der Lage sind, autonom ohne Internetanbindung zu operieren, hat die Verfügbarkeit der Breitbandnetze keinen unmittelbaren Einfluss auf die Wertschöpfung landwirtschaftlicher Betriebe, kann diese aber optimieren. Eine geringe Latenz wird innerhalb der Betriebe benötigt, damit die Steuersignale auf die aktuellen Bedingungen reagieren können. In Hinblick auf die Verbindungsgeschwindigkeit und die Herausforderungen bei der Erschließung ländlicher Regionen erfüllt die Kombination von FTTC und 5G die Anforderungen im landwirtschaftlichen Bereich.

## Smart Grids

Smart Grids erzeugen in ihrer Summe aus der Vielzahl der Daten von den unterschiedlichen Endgeräten einen erhöhten Bedarf an Bandbreite, lasten aber die aktuelle Technologien nicht über ihre Leistungsgrenzen hinaus aus. Wichtiger ist die hohe Verfügbarkeit, gekoppelt mit einer geringen Latenz. Aufgrund der Anforderungen zur Verarbeitung der Sensordaten und der hohen Ansprüche an die Verfügbarkeit von infrastrukturkritischen Elementen sollte eine Kombination aus FTTB/FTTH und 5G in Betracht gezogen werden.

© TÜV RHEINLAND 2015

# 5.

# Netzplanung und Kostenrechnung

© TÜV RHEINLAND 2015

# 5.1 Methodik und Annahmen

Um die Kosten für einen FTTB- und FTTH-Ausbau in Rheinland-Pfalz zu kalkulieren, wird eine detaillierte Netzplanung durchgeführt, in welcher sämtliche Adresspunkte berücksichtigt und das gesamte Straßen- und Wegenetzes von Rheinland-Pfalz einbezogen sind.

Die Grundlage der Netzplanung bilden zwei Gruppen von Eingangswerten:

- Georeferenzierte Infrastrukturdaten, d.h. Planungsgebiete, Adressdaten und Trassen
- Festgelegte Planungsparameter, d.h. detaillierte technische Anforderungen und technologische Rahmenbedingungen

Welche Netzinfrastrukturen für den Ausbau eines NGA-Netzes zum Einsatz kommen und wie hoch die Investitionskosten für den Breitbandausbau angesetzt werden müssen, hängt maßgeblich von den **bevölkerungs- und siedlungsstrukturellen Voraussetzungen** in den Erschließungsgebieten ab, insbesondere in den ländlichen Regionen. Denn diese Faktoren **bedingen die Straßen- und Bebauungsstrukturen und damit Umfang und Verfügbarkeit vorhandener Infrastrukturen wie Kabelverzweiger und Leerrohre**. Hieraus ergibt sich Art und Anzahl derjenigen Netzteile, die für den Ausbau notwendig sind. Jegliche Ausbaustrategie muss deshalb unter Berücksichtigung der vorliegenden regionalen Gegebenheiten exakt geplant werden.

Neben diesen strukturellen Faktoren entscheidet der geforderte Versorgungsgrad und die avisierte Höhe der verfügbaren Bandbreiten über die beste Ausbaustrategie. Zielvorgabe kann dabei ein flächendeckender oder ein bedarfsorientierter Versorgungsgrad sein. Die technisch oder politisch motivierte Zielgröße der Bandbreite entscheidet über Nutzungsmöglichkeiten digitaler Dienste wie Streaming in HD-Qualität, Cloud Computing oder telemedizinische Dienstleistungen.

Die FTTB- und FTTH-Netzplanung erfolgt auf Grundlage eines computergesteuerten, mathematischen, lagegenauen und kostenoptimierten Netzplanungswerkzeugs.

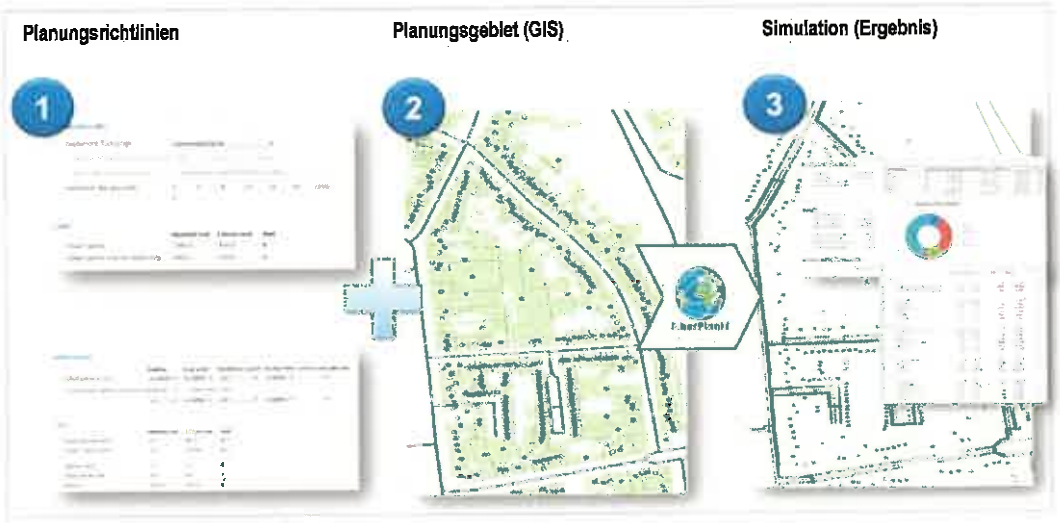



Abbildung 15: Vorgehen zur NGA-Netzplanung und Kostenermittlung

Die aktuellen Planungsstrategien der Netzbetreiber werden in der Simulation berücksichtigt. Diese wurden in Gesprächen mit verschiedenen Marktteilnehmern im August/September 2015 eruiert. Die so ermittelten wirtschaftlichen Überlegungen und technischen Anforderungen der Netzbetreiber an ein Glasfasernetz bilden die Basis für die Definition der Planungsparameter. So kann ein Infrastrukturausbau geplant werden, der kostenreduziert, flächendeckend und in der Praxis umsetzbar ist.

© TÜV RHEINLAND 2015

### 5.1.1 Planungsansätze

#### Georeferenzierte Infrastrukturdaten (Geobasisdaten)

Als Berechnungsgrundlage dienen umfangreiche Geodatenbestände und Telekommunikationsstrukturdaten. Sie erlauben alle Infrastrukturen in einen tatsächlichen räumlichen Bezug zu setzen. Der räumliche Bezug der Strukturen entspricht der Datenbasis für die Netzkalkulationen. Durch eine stringente Datenverwaltung und die Aktualität der Daten ist sichergestellt, dass die Berechnungen der Ausbaukosten auf aktuellen Kennzahlen und damit auf einem realistischen Ist-Zustand des Planungsraumes aufbauen. Erst das Zusammenspiel aller Eingangsfaktoren ermöglicht eine detaillierte und genaue Kostenschätzung.

Die Geodatenbestände wurden von den datenführenden Stellen in Rheinland-Pfalz bzw. aus dem Datenbestand von TÜV Rheinland bereitgestellt und in Datenbanken überführt[15]. Die Geobasisdaten umfassen u.a. folgende Kennzahlen:

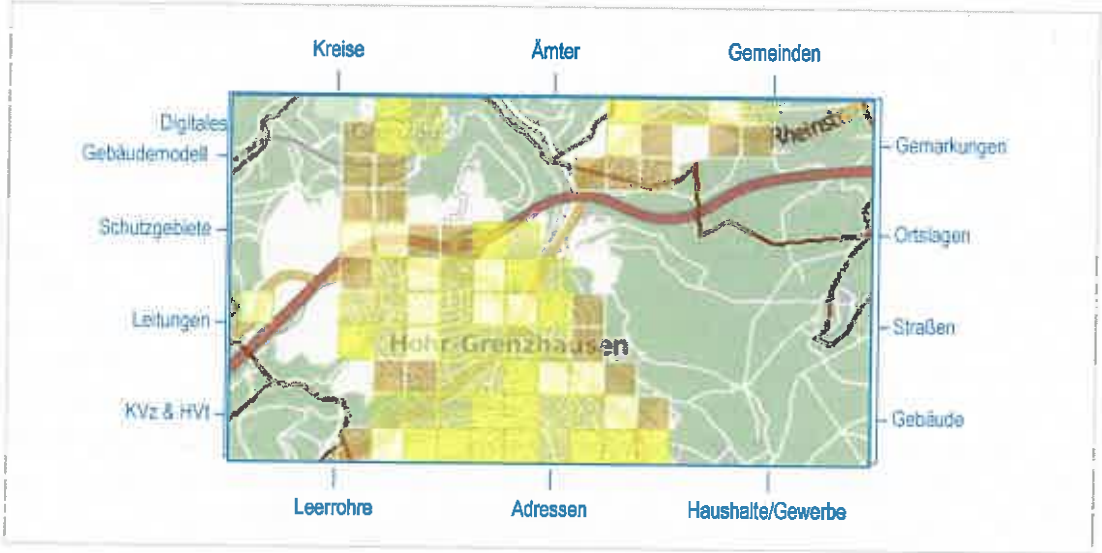



Abbildung 16: Geobasisdaten für die Netzplanung

**In Rheinland-Pfalz sind aktuell über 1,8 Mio. Haushalte als Adresspunkte erfasst, die in der Netzplanung berücksichtigt wurden. Der überwiegende Anteil entfällt auf nicht-gewerbliche Haushalte.**

| GEOBASISDATEN RHEINLAND-PFALZ | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Haushalte | | | Adresspunkte | Gebäude |
| Gesamt | davon Gewerbe/ Betriebsstätten | davon Nicht-Gewerbe | | |
| 1 888 376 | 26 468 | 1 861 908 | 1 385 340 | 1 277 538 |

Tabelle 23: Geobasisdaten in Rheinland-Pfalz

Als Gewerbe sind in diesem Zusammenhang diejenigen Unternehmen definiert, die ausschließlich gewerblich genutzten Adresspunkten/Gebäuden zugeordnet werden können (auch klassifiziert als Betriebsstätten[16]) – z.B. einem Gewerbegebiet.

[15] Die Daten stehen in der Regel vektorbasiert im Koordinatensystem DHDN/GK2 (EPSG: 31466) zur Verfügung.

Davon zu unterscheiden sind Kleinunternehmer, die in Einzelhandelslagen liegen, aber im Regelfall keine gewerblichen Breitbandangebote benötigen, sondern durch gewöhnliche Privatkundenanschlüsse versorgt werden können. Diese Kleinunternehmer fallen in der Netzplanung deshalb in die Gruppe der nicht-gewerblichen Haushalte. **Durch die Unterscheidung zwischen gewerblichen und nicht-gewerblichen, d.h. privaten, Breitbandanschlüssen kann der Bedarf an symmetrischen Breitbandbedarfen für Unternehmen trennscharf ermittelt werden.**

Die Kennzahlen aus dem Geobasisdatenbestand bilden die Grundlage der Netzplanung. In einem ersten Schritt werden Straßen, Wege und sogenannte Leerrohre, d.h. derzeit nicht genutzte Versorgungsleitungen, auf ihre räumlichen Zusammenhänge überprüft. Ziel ist dabei, die Daten zu einem zusammenhängenden und hochwertigen Netz für das Projektgebiet zusammenzufügen, mit dessen Hilfe die weiteren Berechnungen und Datenzuordnungen durch die eingesetzte Netzplanungssoftware durchgeführt werden können.

Die Bearbeitung der Adress- und Gebäudedaten basiert nicht ausschließlich auf gegebenen Gebäudekoordinaten (Mittelpunkt des Gebäudes), sondern auf realen Gebäudeumringe. Diese Datensätze entstammen u.a. dem amtlichen topografisch-kartographischen Informationssystem ATKIS[17] und ermöglichen eine exakte Ermittlung aller Entfernungen und Kosten vor allem im Bereich der Gebäudezuführung.

Ein weiterer wichtiger Datensatz bezieht sich auf die sogenannten Sondertrassen. Dabei handelt es sich um Trassen, die von Telekommunikations- oder Versorgungsunternehmen bereits im Rahmen des Ausbaus von Kommunikations-, Energie-, Wasser-/Abwasser- oder Gasnetzen errichtet wurden. **Durch Mitnutzung der Sondertrassen können die Kosten eines NGA-Ausbaus maßgeblich reduziert werden.** In der Netzplanung werden deshalb Synergien geprüft, die durch Rückgriff auf bereits durchgeführte Tiefbauarbeiten oder verlegte Kabel und Rohre genutzt werden können. Für die landesweite Planung konnten im Rahmen der Ist-Analyse über die Einsichtnahme in den Infrastrukturatlas von Rheinland-Pfalz und einer Marktbefragung[18] insgesamt 4.765 km Sondertrassen (Energie, Gas, Leerrohr) erfasst werden. Diese werden als verfügbare Rohr- und Dark-Fiber-Trassen (d.h. verlegte, aber noch nicht geschaltete Lichtwellenleiter) in die Planung einbezogen. Die Analyse der georeferenzierten Infrastrukturdaten erlaubt eine Berechnung der sich potentiell ergebenden Einsparpotentiale. Miet- oder Überlassungskosten dieser Sondertrassen sind hingegen in der Kostenschätzung nicht berücksichtigt. Stattdessen wird für die Kalkulation eine hundertprozentige Verfügbarkeit und Erlaubnis zur Mitnutzung angenommen.

## Planungsparameter der Netzplanung

Die vorgestellten Geobasisdaten werden für die Formulierung der Planungsparameter genutzt. Dieser Datensatz ist mit den technischen Vorgaben für Errichtung und Betrieb einer passiven und aktiven Infrastruktur verknüpft. Gemeinsam bilden diese Informationen die Grundlage für die Netzwerklösung. In den Planungsparametern sind struktur- und kostenbestimmende Werte definiert. Dazu zählen u.a.:

- materialbezogene technische Leistungsparameter (Reichweite, Kapazitäten)
- strukturbezogene Vorgaben (Anzahl Kabel und Fasern, Abstände von Netzelementen)
- designbestimmende Regeln (Art und Weise der Anbindung von Anschlüssen)
- definierte Werte für Tiefbau und Montage
- Kosten für Material und Leistungen

In der Planung eines FTTB-Netzes sind die Planungsparameter den technologischen Anforderungen angepasst.

---

[16] Aufgrund des gängigen Gebrauchs des Begriffs Gewerbe wird dieser in der vorliegenden Studie synonym zu Betriebsstätten verwendet.
[17] Das System wird von den Landesvermessungsämtern und dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie verwendet.
[18] Die Marktbefragung fand im Juli bis September 2015 statt. Alle innerhalb der Frist eingegangen Rückmeldungen über vorhandene Infrastrukturen wurden in die Betrachtung einbezogen.

| PARAMETER DER NETZPLANUNG | | |
|---|---|---|
| Basis für das Design des PON | *Netztopologien*<br>▪ FTTB<br><br>*Netztechnologie*<br>▪ P2P-Ethernet | *Netzarchitektur*<br>▪ P2P<br>▪ Hauptkabelbereich: dedizierte Kabelführung (FTTB)<br>▪ Verzweigerkabelbereich: Sternverkabelung mit direktem Hausanschluss |
| Allgemein (GIS-Daten) | ▪ Kreisweites lagegenaues Straßen- und Wegenetz<br>▪ Fernrassen der Energie- und Gasversorger<br>▪ FTTB-Anschluss bezogen auf Gebäudemittelpunkt (Gebäudeumrissverfahren)<br>▪ Straßenquerungen grundsätzlich in geschlossener Bauweise (z B. Pressung) | |
| PoP/HVt-Standorte – Vorgehensweise zur Standortwahl | *1. Schritt*<br>Simulation des Netzwerkes mit Vorgabe des Standortes in höchster Siedlungsdichte je Gemeinde | *2. Schritt*<br>Positionierung in das Zentrum jedes PoC |
| Netzdimensionierung – Netzabschnitt 3 – Regeln & Material | *Grundlagen*<br>▪ Reichweite PON für Netzplanung: 15 km (max. Gf-Dämpfung)<br>▪ Begrenzung der Ausbaugebiete auf PoP-Subcluster-Bereiche<br>▪ Alle Anbindungen über P2P versorgt<br>▪ Keine Anbindung von Sonderstandorten (Antennen, Energie, Gas, Photovoltaik)<br><br>*Kabel und Fasern*<br>▪ Mini- und Microkabel metallfrei<br>▪ Kabel-Faseranzahl: 4, 12, 36, 72, 144, 288<br>▪ Faseranzahl pro FTTB-Standort: 4<br>▪ Faseranzahl pro FTTC-Standort: 12<br>▪ Kapazität der Verteiler (NVt) Kabinet: 320 Fasern; Muffen bis zu 32 Mini-Kabel<br>▪ Kapazität des PoP (Gf-HVt) bis zu 1440 Faser (alle Faser abgelegt), aktive Faser gespleißt und geschaltet<br><br>*Tiefbau – Montage – Installation*<br>▪ Alle Leistungen im Bereich Tiefbau, Montage und Installation in Anlehnung an ZTV-TK-Netz 10 und 12 der Deutschen Telekom<br>▪ Tiefbau der Gräben in offener Bauweise<br>– Innerorts: 40 x 60, Kosten lfd. Meter 70,- €<br>– Außerorts: 60 x 90, Kosten lfd. Meter 40,- €<br>▪ Straßenquerungen grundsätzlich in geschlossener Bauweise (z B. Pressung)<br><br>*Rohranlage (strategische Planung)*<br>▪ Im Anschlussbereich erfolgt die Gebäudeanbindung mit jeweils 2 Mini-/ Microröhrchen 2x MR 7x1,5 davon 1 MR als Reserve für zusätzlichen Bedarf zur Gewährleistung eines freien Zuganges (Open Access)<br>▪ Im Verzweigernetz ist in der Planung ein Rohrverband mit 7x MR 7x1,5 Microröhrchen vorgesehen, wobei auch hier ein Röhrchen als Reserve für einen freien Zugang mitgeführt wird<br>▪ In Hauptkabelbereich Verbunde mit bis zu 3x50 DN Telekommunikationsrohr (optional: Subducts)<br>▪ Kosten für Reparatur- und Wiederherstellungsmaßnahmen vorhandener Rohrinfrastruktur und Kabelkanalanlagen sind in der Kalkulation nicht enthalten<br>▪ Kosten zur Schaffung zusätzlicher Rohrkapazitäten sind in den vorliegenden Planungen und Kalkulationen nicht vorgesehen | |

| | |
|---|---|
| Gebäudeverkabelung – Netzabschnitt 4 (FTTH) – Regeln & Material | ▪ Abschluss der Gf-Kabel an der Gf-AP<br>▪ Nutzung vorhandener CuDA-Verkabelung (keine Gf-Verkabelung im Gebäude)<br>▪ Keine Installation von Gf-Kabel im Gebäude |

Tabelle 24: Parameter der Netzplanung

## Kostenparameter

Die Definition der Kostenparameter orientiert sich an regionalen Preisstrukturen im Vergleich mit Kostengerüsten aus anderen Bundesländern, auf die TÜV Rheinland aufgrund vergleichbarer durchgeführter Netzplanungen zurückgreifen kann. Insgesamt leiten sich die Werte aus marktüblichen Kosten für Technik und Leistungen für Tiefbau und Montage im Telekommunikationsbereich ab. Die Kosten aller Materialien basieren auf aktuellen Preisinformationen namhafter Hersteller für das PON und für die aktive Technik und Ausrüstung im PoP (HVt).

Auf Grundlage einer mehrstufigen Simulation werden die genauen Mengenverhältnisse ermittelt und genau zugeordnet - von Verzweigerebene bis in die Teilabschnitte Hauptkabel, Verzweigerkabel, Hausanschlusskabel und Gebäudeverkabelung. Diese Mengenangaben erlauben eine Verifizierung der Kostenbasis bis hin zu einzelnen Leistungen (z.B. Spleißen, Verlege- und Tiefbauarbeiten). Die technische Planung in Hinblick auf zu verwendendes Material und Ausrüstung beruht auf der Auswahl standardisierter und branchenüblicher Systemlösungen. Folgende Kostenstrukturen werden angenommen, deren Höhe auf Basis einer Preisabfrage bei TKU und Systemausstattern definiert wurden.

| STRUKTUR DER NETZKOSTEN | | |
|---|---|---|
| **NETZELEMENTE FTTB** | **KOSTENSTRUKTUR (kumulierte Durchschnittspreise)** | |
| 1 Tiefbau – Graben | Graben (komplett) | |
| Graben innerorts | lfd. Meter | 70,00 € |
| Graben außerorts | lfd. Meter | 40,00 € |
| Graben/Hausanschluss | lfd. Meter | 35,00 € |
| 2 Gebäude bzw. KVz-Standorte | Hausanschluss | |
| Rohr (2 Rohrchen) | lfd. Meter | 2,20 € |
| Hausanschluss | Stück | 100,00 € |
| Gf-AP-Gehäuse | Stück | 50,00 € |
| 3 Kabel & Rohr | Rohr & Kabel (gesamt) | |
| Verteilerkabel (VzK) | lfd. Meter | 1,50 € |
| Hauptkabel (HK) | lfd. Meter | 5,50 € |
| Röhrchenverbund für VzK | lfd. Meter | 7,50 € |
| Röhrchenverbund für HK | lfd. Meter | 5,70 € |
| 4 PoP & Netzknoten | PoP & Schaltstellen | |
| PoP Gebäude | Stück | 50 000,00 € |
| Schaltstellen VzK | Stück | 75,00 € |
| Schaltstellen HK | Stück | 180,00 € |
| Gf-AP Abschluss | Stück | 200,00 € |
| Spleiße | Stück | 10.00 € |
| 5 Aktive Technik | Gebäude & Verteilnetz | |
| Aktivtechnik inhouse | Stück | 650,00 € |
| Patchpanel LWL | Stück | 4 000,00 € |
| Optical Line Terminal | Stück | 2 000,00 € |
| Punkt 1-3 reine Tiefbau und Montagearbeiten – Tiefbau und Verlegefirmen<br>Punkt 4 Installation und teilw. Inbetriebnahme – Gf-Fachkräfte erforderlich | | |

Tabelle 25: Struktur der Netzkosten und Basis der Mengenplanungen

Die Kostenbasis wird anhand von Simulationen und Erfahrungswerten überprüft. Abweichungen der einzelnen Faktoren können jedoch nicht ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund werden die Kostenfaktoren gesondert einer Sensitivitätsanalyse unterzogen, um ihren Einfluss auf die Gesamtkostenstruktur zu quantifizieren.

Für die aktive Technik in den durch FTTB anzuschließenden Gebäuden sind verschiedene Systemlösungen verfügbar. Die individuellen Kosten für die Hausaktivtechnik hängen von mehreren Paramatern ab, darunter der Anzahl der Stockwerke und Haushalte im Gebäude. Der für die Berechnung angenommene Wert ist ein konservativ ermittelter Durchschnittswert pro Gebäude. Dieser kann je nach Ausbaugebiet und dort vorherrschender Gebäudestruktur günstiger ausfallen.

© TÜV RHEINLAND 2015

### Planungsmethodik

**Im Sinne einer flächendeckenden Planung wird zunächst die gesamte Landesfläche für eine Versorgung von 100 Prozent der Haushalte geplant.** So ergibt sich ein landesweites Netz unabhängig vom gegenwärtigen Versorgungsgrad. **Anschließend werden die definierten schwarzen Flecken ins Planungssystem eingelesen und die Netzelemente und Kosten extrahiert. Daraus entsteht eine Netzplanung für die potentiell unversorgten Gebiete.**

Dieses Vorgehen führt zu realitätsnahen Ergebnissen, da in der Praxis Lückenschlüsse durch bestehende Anbieter und Infrastrukturen getätigt werden.

Die Netzplanung erlaubt eine adress- und lagegenaue Trassenplanung. Die Detailtiefe ist in folgender Abbildung exemplarisch veranschaulicht.

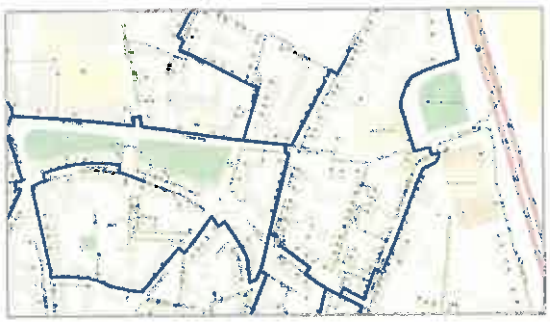


Abbildung 17: Schema einer adress- und lagegenauen Netzplanung

## 5.1.2 Definition der Ausbaugebiete

### FTTB/FTTH-Netze

Für die Planung eines FTTB/FTTH-Netzes werden Ausbaugebiete festgelegt. **Als Ausbaugebiete gelten jene unterversorgten Gemeinden, die zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Studie keine Versorgungsperspektive mit Bandbreiten von mehr als 300 Mbit/s aufweisen. Die bereits versorgten Gebiete setzen sich aus den Haushalten zusammen, die schon über CATV oder FTTB auf Bandbreiten von 100 Mbit/s zurückgreifen können** (siehe Kapitel 3.1.3, Abbildung 4). Diese Gruppe umfasst 56,8 Prozent aller Haushalte in Land. Dank existierender FTTB-Lösungen sowie CATV-Netzen, die mit dem Standard DOCSIS 3.x aufgerüstet sind, stehen den ausgebauten Haushalten zukünftig auch Bandbreiten von mehr als 300 Mbit/s zur Verfügung. Für diese Haushalte besteht keine Notwendigkeit eines weiteren Ausbaus.

Daraus ergibt sich die Ausgangssituation für die Netzplanung: **Es gelten 43,2 Prozent aller Haushalte in Rheinland-Pfalz derzeit als unterversorgt. Dies entspricht 816.353 Haushalten**, die in ihrer Gesamtheit das Ausbaugebiet bilden.

| AUSZUBAUENDE HAUSHALTE | | |
|---|---|---|
| | Versorgungspotential ≥ 300 Mbit/s | Versorgungspotential ≤ 300 Mbit/s |
| Potentieller Versorgungsgrad insgesamt | 56,8 %* | 43,2 % |
| Anzahl der Haushalte *Insgesamt 1.888 376* | 1 072 023 Haushalte | **816.353 Haushalte** |
| Davon Gewerbe *Insgesamt 26 468* | 16 422 Gewerbe | 10.046 Gewerbe |

Tabelle 26: Übersicht der auszubauenden Haushalte

Die FTTB-Netzplanung und Kostenrechnung erfolgt entsprechend ausschließlich für dieses definierte Ausbaugebiet. **Die auszubauenden Haushalte verteilen sich über die 2.306 Gemeinden.** Alle diese Gemeinden werden als Erschließungsgebiet betrachtet, für die individuelle Netzpläne erstellt und Investitionskosten berechnet wurden.

Das Versorgungspotential für alle Landkreise und kreisfreien Städte mit Bandbreiten ≥ 300 Mbit/s ist in nachfolgender Abbildung dargestellt. **In Kommunen mit einem geringen Versorgungspotential ist der Ausbaubedarf am höchsten.** Dies betrifft vor allem die Landesteile im Westen und Süden von Rheinland-Pfalz. In den Verbandsgemeinden, die bereits potentiell mit Bandbreiten ≥ 300 Mbit/s versorgt sind, besteht eine entsprechend geringere Ausbaunotwendigkeit. Das größte Ausbaupotential liegt dagegen im Westen von Rheinland-Pfalz vor. Hier können nur sehr wenige Haushalte perspektivisch auf Bandbreiten von 300 Mbit/s zurückgreifen.

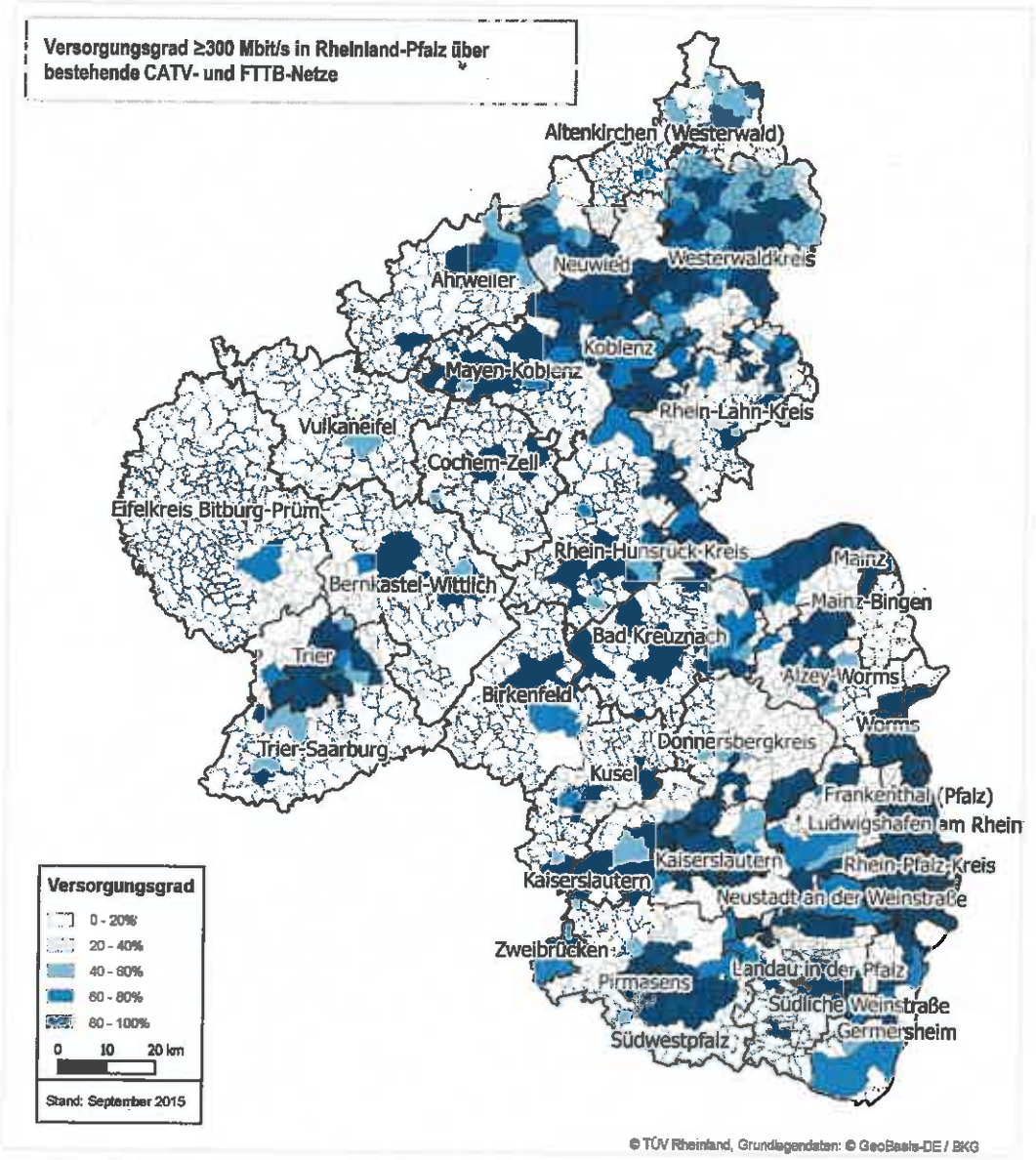



Abbildung 18: Versorgungsgrad der Landkreise mit 300 Mbit/s

## Backbone-Netz

Für die Funktionalität eines zu errichtenden flächendeckenden NGA-Netzes ist es unumgänglich, ein Backbone-Netz zur Verbindung aller Gemeindenetze aufzubauen. TÜV Rheinland hat Netzplanung und Kostenberechnung für den Neubau eines Backbone-Netzes auf Landesebene vorgenommen[19]. Die Gesamtkosten eines separaten Backbone-Netzes zur Verbindung der FTTB-Netze finden jedoch im Weiteren bei der Kostenbetrachtung keine Berücksichtigung. Hier wird davon ausgegangen, dass die regional und überregional partiell bereits vorhandenen Backbone-Trassen der Anbieter für den Ausbau genutzt und darüber hinaus Trassenwege im Ausbau der Netze parallel verwendet werden können. Dadurch ergeben sich substantielle Synergieeffekte, die das Ausmaß der notwendigen Baumaßnahmen verringern und so die Gesamtkosten des Backbone-Netzausbaus erheblich senken würden.

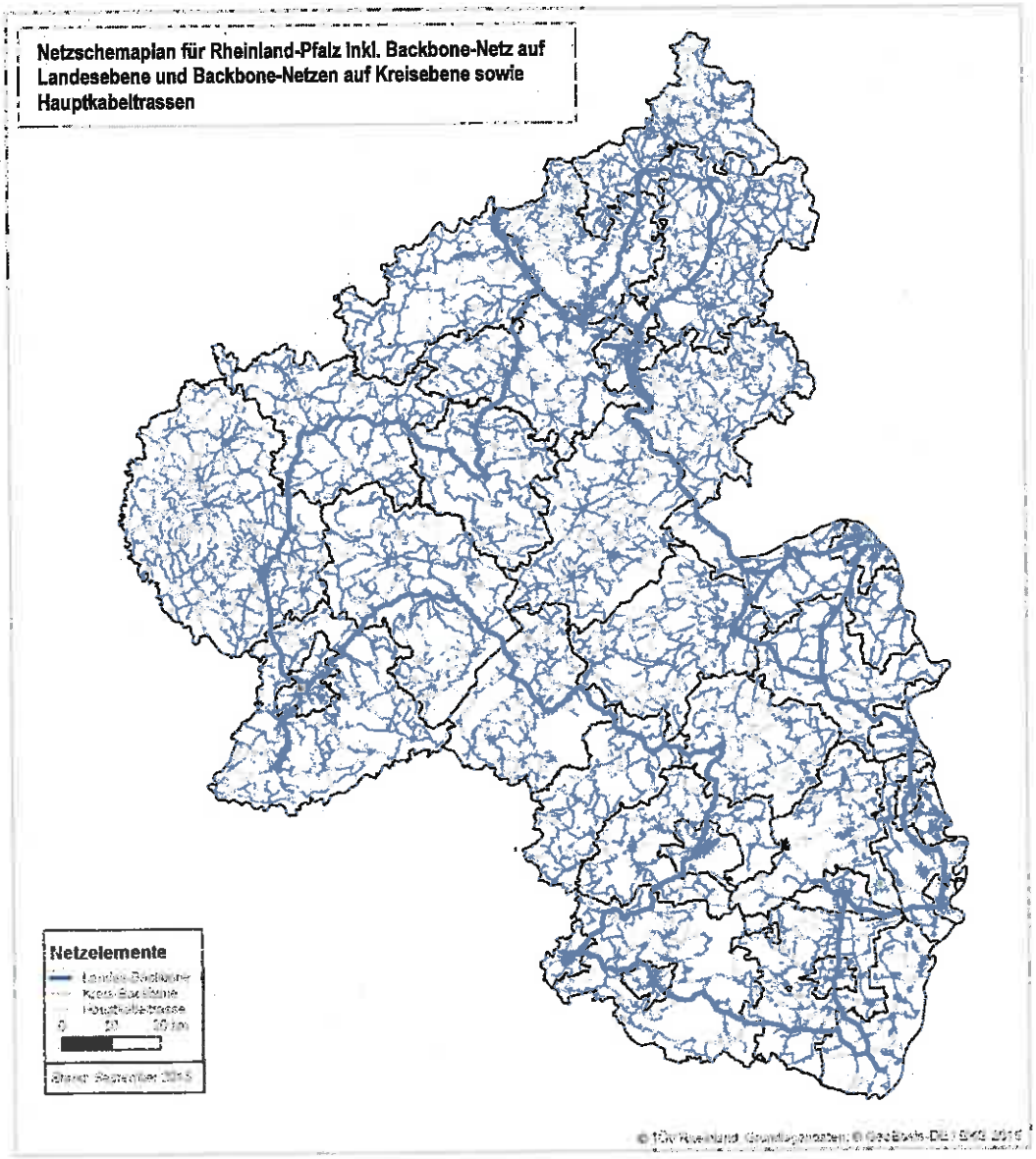



Abbildung 19: Überblick Netzschemaplan inkl. Backbone-Netz

[19] Diese Daten liegen dem Auftraggeber vor.

# 5.2 Ergebnisse der Kostenrechnung

## 5.2.1 Ergebnisse der FTTB-Netzplanung

In Rheinland-Pfalz müssen 816.353 unversorgte Haushalte (Gewerbe und Nicht-Gewerbe) an ein FTTB-Netz angeschlossen werden. Das sind 43,3 Prozent der insgesamt 1.072.023 Haushalte im Land. **Die Gesamtkosten auf Landesebene belaufen sich auf 2,83 Mrd. Euro für einen FTTB-Vollausbau.**

| GESAMTKOSTEN FTTB-VOLLAUSBAU | | | |
|---|---|---|---|
| | Anzahl Haushalte | Gesamtkosten | Kosten pro Haushalt |
| Alle Haushalte (Gewerbe und Nicht-Gewerbe) | 816 353 | 2.83 Mrd. Euro | 3 465 Euro |

* Werte gerundet

Tabelle 27: Gesamtkosten für FTTB-Vollausbau auf Landesebene

**Die Investitionssummen für FTTB würden in einem noch höheren Kostenrahmen liegen, wenn nicht über die Hälfte der Haushalte in Rheinland-Pfalz bereits heute schon so ausgebaut sind, dass sie zukünftig Bandbreiten ≥ 300 Mbit/s potentiell nutzen können. Die sehr gute Ausgangslage trägt damit schon von vornherein zu einer Kostenreduktion bei. Die dennoch hohen Investitionskosten ergeben sich aus den topografischen Bedingungen, den entsprechend langen Trassen und damit verbundenen hohen Tiefbaukosten.**

*Hinweis: Die Ergebnisse der FTTB-Netzplanung liegen für alle Landkreise und Verbandsgemeinden vor und sind nachfolgend im Bericht oder über den Auftraggeber einsehbar.*

Der weitaus größte Anteil der Kosten für den FTTB-Vollausbau entfällt auf die passiven Netzelemente. Dies entspricht den Erfahrungen in vielen Ausbauprojekten: **Die passive Infrastruktur ist stets der höchste Kostenfaktor bei den Investitionen** (insbesondere wegen der notwendigen Tiefbaumaßnahmen).

| VERTEILUNG GESAMTKOSTEN FTTB-VOLLAUSBAU | | |
|---|---|---|
| Gesamt | | 2,83 Mrd. Euro |
| Aktiv | Optical Distribution Frame, Teilnehmer-Anschlusssystem, Customer Premises Equipment | **672,5 Mio. Euro** |
| Passiv | Tiefbau – Graben, Gebäude bzw. KVz-Standorte, Kabel & Rohr, Netzknoten & PoP | 2,16 Mrd. Euro |

* Werte gerundet

Tabelle 28: Verteilung der Gesamtkosten für FTTB-Vollausbau nach Netzelementen

**In Rheinland-Pfalz müssen die Hauptkabeltrassen als zentrale Netzelemente eines Breitbandnetzes großflächig ausgebaut werden, um alle unterversorgten Gebiete zu erreichen.** Daraus resultieren die hohen Tiefbaukosten.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen einen Gesamtüberblick über das geplante weit verzweigte Hauptkabelnetz sowie einen exemplarischen Detailausschnitt.

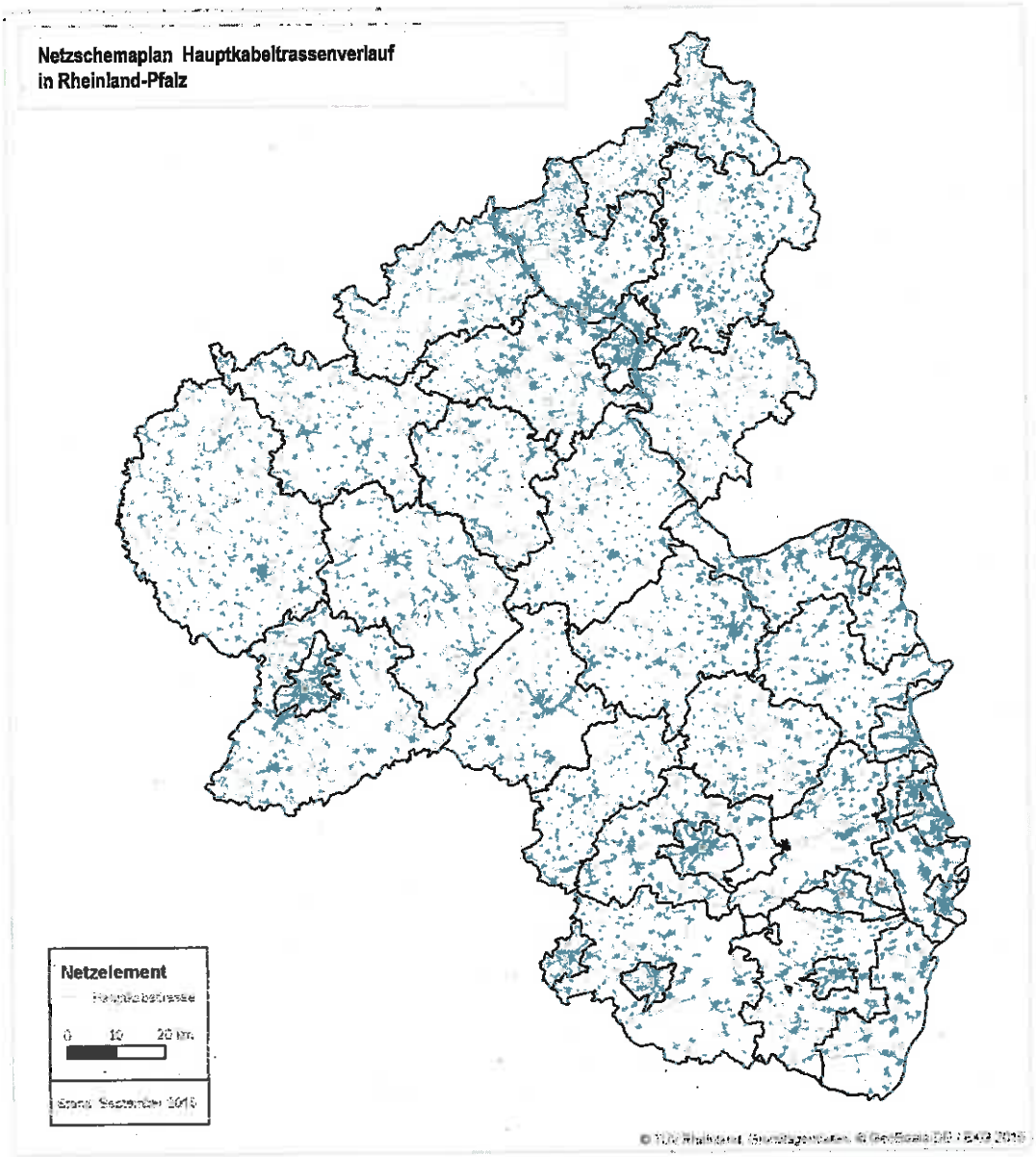



Abbildung 20: Überblick Hauptkabeltrassenverlauf in Rheinland-Pfalz

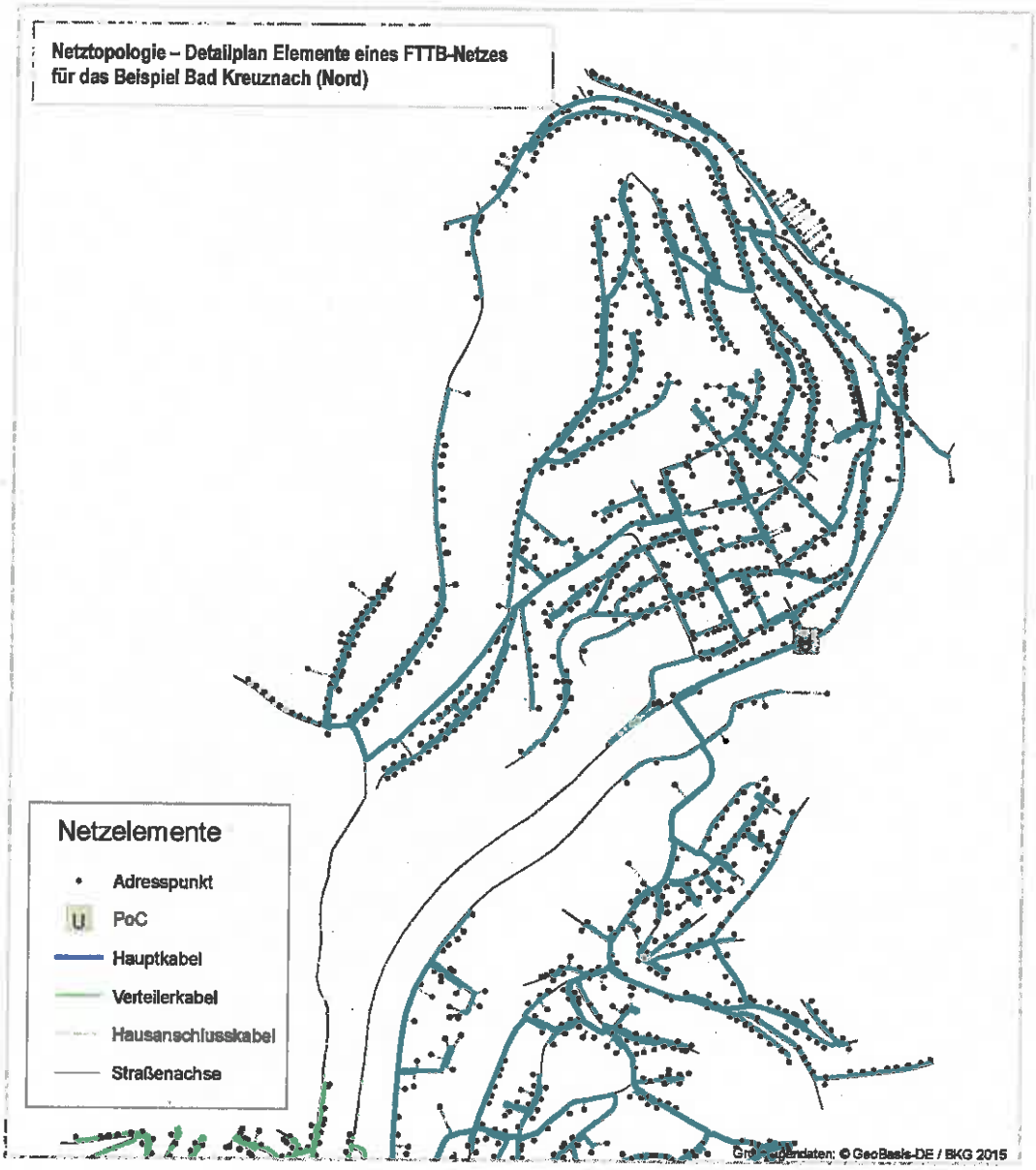



Abbildung 21: Netztopologie in der Detailansicht

Je nach Landkreis unterscheiden sich die Investitionssummen aufgrund der unterschiedlichen topografischen und infrastrukturtechnischen Voraussetzungen. Dies veranschaulicht die folgende Grafik.

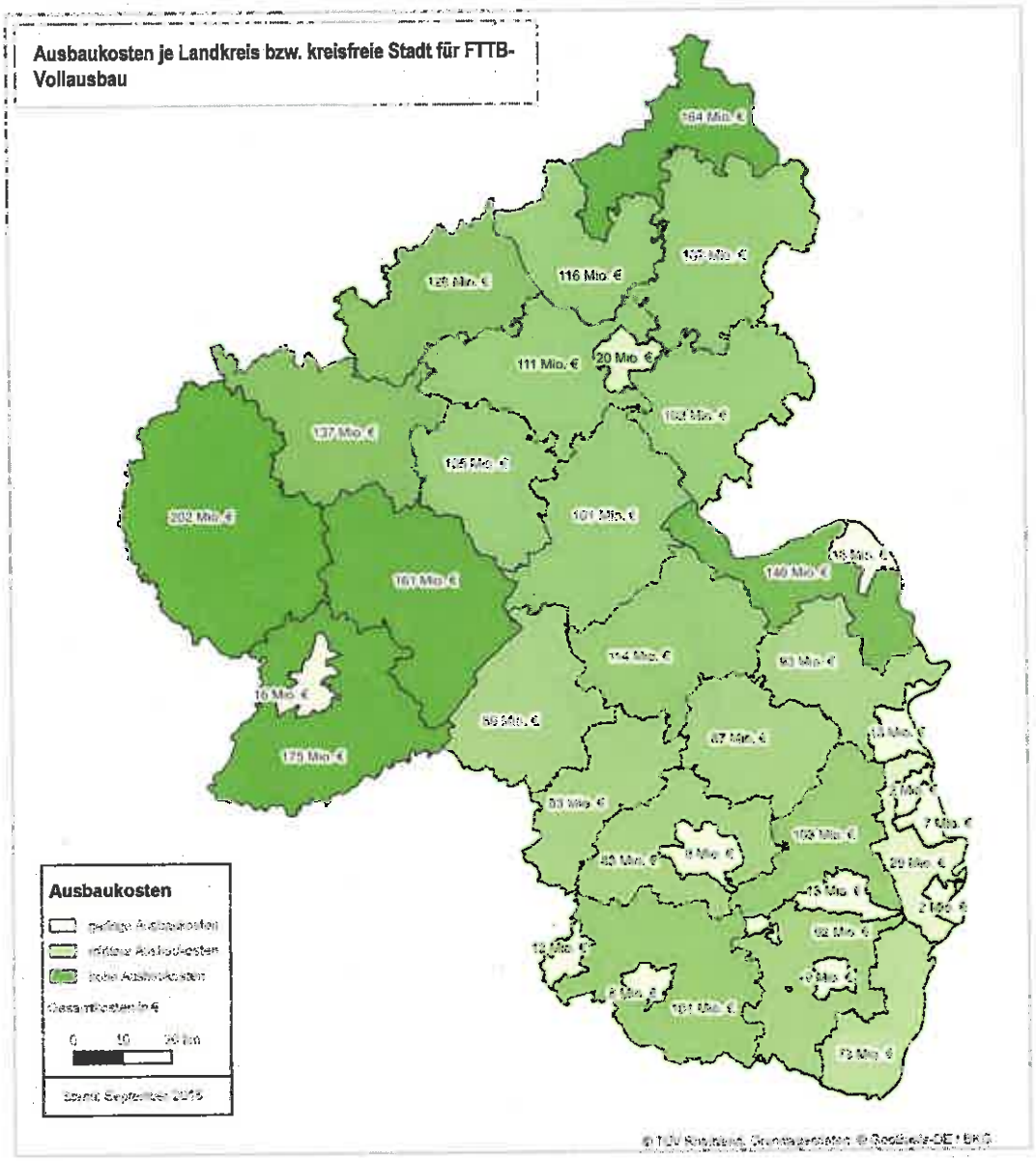



Abbildung 22: Überblick der FTTB-Ausbaukosten je Landkreis bzw. kreisfreie Stadt

Die kostenoptimierte Netzplanung weist niedrigere Ausbaukosten in bereits gut versorgten Kreisen aus, insbesondere im Südosten von Rheinland-Pfalz. Im Gegensatz hierzu liegen in bislang stark unterversorgten Kreisen die notwendigen Investitionssummen besonders hoch. Diese Unterschiede sind dem Umstand geschuldet, dass ein Teil der Kommunen durch einen marktgetriebenen Ausbau bereits wirtschaftlich erschlossen wurde bzw. auch zukünftig wird, während in unterversorgten Kreisen auch weiterhin kein privatwirtschaftlicher Netzausbau stattfindet, da die Investitionskosten wirtschaftlich nicht tragbar sind.

Die folgenden Tabellen weisen für alle Landkreise und kreisfreien Städte die Anzahl der unterversorgten Haushalte und die Ausbaukosten je Haushalt aus sowie für die Verbandsgemeinden die Gesamtkosten.

| | VERSORGUNGSSITUATION | | KOSTEN FTTB-VOLLAUSBAU | |
|---|---|---|---|---|
| LANDKREIS / KREISFREIE STADT | Haushalte ≤ 300 Mbit/s | Anteil ≤ 300 Mbit/s | Gesamtkosten Ausbau ≤ 300 Mbit/s | Kosten je Haushalt ≤ 300 Mbit/s |
| Ahrweiler | 33.606 | 56,69 % | 125,70 Mio. € | 3.740 € |
| Altenkirchen (Westerwald) | 43.511 | 72,85 % | 164,44 Mio. € | 3.779 € |
| Alzey-Worms | 26.845 | 49,24 % | 92,88 Mio. € | 3.460 € |
| Bad Dürkheim | 33.155 | 54,78 % | 103,27 Mio. € | 3.115 € |
| Bad Kreuznach | 34.406 | 48,27 % | 113,69 Mio. € | 3.304 € |
| Bernkastel-Wittlich | 37.708 | 73,77 % | 160,99 Mio. € | 4.269 € |
| Birkenfeld | 24.520 | 61,84 % | 88,74 Mio. € | 3.619 € |
| Cochem-Zell | 24.775 | 85,46 % | 105,42 Mio. € | 4.255 € |
| Donnersbergkreis | 24.894 | 73,33 % | 86,97 Mio. € | 3.493 € |
| Eifelkreis Bitburg-Prüm | 37.827 | 88,76 % | 202,20 Mio. € | 5.345 € |
| Frankenthal (Pfalz) | 1.101 | 4,90 % | 1,67 Mio. € | 1.521 € |
| Germersheim | 28.397 | 50,55 % | 72,76 Mio. € | 2.562 € |
| Kaiserslautern (Stadt) | 5.365 | 9,70 % | 8,47 Mio. € | 1.578 € |
| Kaiserslautern | 21.835 | 45,72 % | 83,16 Mio. € | 3.809 € |
| Koblenz | 13.510 | 23,60 % | 20,08 Mio. € | 1.486 € |
| Kusel | 21.661 | 66,46 % | 82,75 Mio. € | 3.820 € |
| Landau in der Pfalz | 4.074 | 19,10 % | 8,85 Mio. € | 2.171 € |
| Ludwigshafen am Rhein | 5.811 | 6,60 % | 6,52 Mio. € | 1.123 € |
| Mainz | 15.564 | 14,20 % | 17,66 Mio. € | 1.135 € |
| Mainz-Bingen | 53.867 | 59,98 % | 146,48 Mio. € | 2.719 € |
| Mayen-Koblenz | 33.333 | 34,91 % | 111,33 Mio. € | 3.340 € |
| Neustadt an der Weinstraße | 6.128 | 23,00 % | 13,38 Mio. € | 2.183 € |
| Neuwied | 34.534 | 41,32 % | 115,98 Mio. € | 3.358 € |
| Pirmasens | 3.707 | 17,90 % | 8,28 Mio. € | 2.233 € |
| Rhein-Hunsrück-Kreis | 25.288 | 55,16 % | 100,52 Mio. € | 3.975 € |
| Rhein-Lahn-Kreis | 29.124 | 50,86 % | 102,01 Mio. € | 3.502 € |
| Rhein-Pfalz-Kreis | 11.763 | 17,75 % | 28,87 Mio. € | 2.454 € |
| Speyer | 1.650 | 6,60 % | 2,48 Mio. € | 1.499 € |
| Südliche Weinstraße | 27.403 | 56,15 % | 91,56 Mio. € | 3.341 € |
| Südwestpfalz | 27.139 | 61,71 % | 101,22 Mio. € | 3.730 € |
| Trier | 10.650 | 18,80 % | 15,99 Mio. € | 1.501 € |
| Trier-Saarburg | 45.613 | 73,76 % | 175,48 Mio. € | 3.847 € |
| Vulkaneifel | 26.690 | 93,97 % | 137,30 Mio. € | 5.144 € |
| Westerwaldkreis | 29.307 | 33,18 % | 106,51 Mio. € | 3.634 € |
| Worms | 6.834 | 16,70 % | 12,64 Mio. € | 1.850 € |
| Zweibrücken | 4.758 | 28,60 % | 12,08 Mio. € | 2.539 € |
| **GESAMT** | **816.353** | **43,23 %** | **2,83 Mrd. €** | **3.465 €** |

* Werte gerundet

Tabelle 29: FTTB-Ausbaukosten nach Landkreisen/kreisfreien Städten

| VERBANDSGEMEINDE | KOSTEN |
|---|---|
| Adenau | 26.455.663 € |
| Alsenz-Obermoschel | 12.346.556 € |
| Altenahr | 22.435.142 € |
| Altenglan | 10.313.401 € |
| Altenkirchen (Westerwald) | 30.522.494 € |
| Alzey | 1.417.374 € |
| Alzey-Land | 20.843.214 € |
| Andernach | 5.803.555 € |
| Annweiler am Trifels | 19.832.473 € |
| Arzfeld | 30.106.949 € |
| Asbach | 37.063.948 € |
| Bad Bergzabern | 25.846.027 € |
| Bad Breisig | 8.986.782 € |
| Bad Dürkheim | 7.035.027 € |
| Bad Ems | 10.066.181 € |
| Bad Hönningen | 8.977.282 € |
| Bad Kreuznach | 7.446.444 € |
| Bad Kreuznach (Stadt) | 9.504.334 € |
| Bad Marienberg (Westerwald) | 14.107.689 € |
| Bad Münster am Stein-Ebernburg | 7.416.309 € |
| Bad Neuenahr-Ahrweiler | 4.904.510 € |
| Bad Sobernheim | 14.986.158 € |
| Baumholder | 16.845.371 € |
| Bellheim | 7.267.179 € |
| Bendorf | 1.173.380 € |
| Bernkastel-Kues | 39.991.862 € |
| Betzdorf | 2.774.852 € |
| Bingen am Rhein | 6.752.571 € |
| Birkenfeld | 32.781.251 € |
| Bitburg | 4.352.037 € |
| Bitburger Land | 56.992.889 € |
| Bobenheim-Roxheim | 385.347 € |
| Bodenheim | 19.887.350 € |
| Bohl-Iggelheim | 810.784 € |
| Boppard | 7.054.703 € |
| Brohltal | 33.532.500 € |
| Bruchmühlbach-Miesau | 5.129.566 € |
| Budenheim | 350.457 € |
| Cochem | 23.666.617 € |
| Dahner Felsenland | 17.435.771 € |
| Darmstadt-Schauernheim | 1.166.384 € |
| Daun | 42.100.421 € |
| Deidesheim | 9.506.907 € |
| Dierdorf | 8.281.465 € |
| Diez | 13.208.576 € |
| Edenkoben | 16.368.119 € |
| Eich | 21.276.272 € |
| Eisenberg (Pfalz) | 1.687.422 € |
| Emmelshausen | 23.891.390 € |
| Enkenbach-Alsenborn | 21.783.545 € |
| Flammersfeld | 21.754.185 € |
| Frankenthal (Pfalz) | 1.674.950 € |
| Freinsheim | 20.072.506 € |
| Gau-Algesheim | 6.860.341 € |

| VERBANDSGEMEINDE | KOSTEN |
|---|---|
| Gebhardshain | 18.026.232 € |
| Germersheim | 4.568.763 € |
| Gerolstein | 30.819.612 € |
| Glan-Münchweiler | 15.620.324 € |
| Gollheim | 16.631.545 € |
| Grafschaft | 16.220.754 € |
| Grünstadt | 2.131.129 € |
| Grünstadt-Land | 24.006.840 € |
| Hachenburg | 14.379.930 € |
| Hagenbach | 12.822.056 € |
| Hahnstätten | 11.754.480 € |
| Hamm (Sieg) | 21.375.701 € |
| Haßloch | 1.090.436 € |
| Hauenstein | 4.673.787 € |
| Heidesheim am Rhein | 1.085.704 € |
| Herdorf-Daaden | 26.590.913 € |
| Hermeskeil | 23.880.658 € |
| Herrstein | 15.936.485 € |
| Herxheim | 5.726.814 € |
| Hettenleidelheim | 15.314.418 € |
| Hillesheim | 19.929.571 € |
| Höhr-Grenzhausen | 5.836.885 € |
| Idar-Oberstein | 9.867.456 € |
| Ingelheim am Rhein | 2.312.626 € |
| Jockgrim | 8.935.587 € |
| Kaisersesch | 29.399.935 € |
| Kaiserslautern | 8.466.709 € |
| Kaiserslautern-Süd | 13.198.120 € |
| Kandel | 14.086.105 € |
| Kastellaun | 23.874.671 € |
| Katzenelnbogen | 8.713.290 € |
| Kelberg | 18.425.666 € |
| Kell am See | 18.767.026 € |
| Kirchberg (Hunsrück) | 24.613.844 € |
| Kirchen (Sieg) | 22.737.797 € |
| Kirchheimbolanden | 26.118.596 € |
| Kirn | 323.613 € |
| Kirn-Land | 11.702.622 € |
| Koblenz | 20.082.261 € |
| Konz | 29.097.209 € |
| Kusel | 13.602.636 € |
| Lahnstein | 1.261.388 € |
| Lambrecht (Pfalz) | 13.716.788 € |
| Lambsheim-Heßheim | 11.204.443 € |
| Landau in der Pfalz | 8.846.131 € |
| Landau-Land | 17.440.839 € |
| Landstuhl | 967.588 € |
| Langenlonsheim | 16.221.946 € |
| Lauterecken-Wolfstein | 29.690.381 € |
| Limburgerhof | 629.971 € |
| Lingenfeld | 10.609.522 € |
| Linz am Rhein | 5.044.163 € |
| Loreley | 22.633.800 € |
| Ludwigshafen am Rhein | 6.523.531 € |

| VERBANDSGEMEINDE | KOSTEN |
|---|---|
| Maifeld | 24.986.120 € |
| Mainz | 17.660.521 € |
| Maxdorf | 551.847 € |
| Mayen | 2.664.482 € |
| Meisenheim | 12.712.119 € |
| Mendig | 7.034.680 € |
| Monsheim | 13.896.001 € |
| Montabaur | 45.675.301 € |
| Morbach | 21.268.361 € |
| Mutterstadt | 721.361 € |
| Nassau | 14.508.786 € |
| Nastätten | 19.857.427 € |
| Neustadt an der Weinstraße | 13.379.282 € |
| Neuwied | 12.544.779 € |
| Nieder-Olm | 34.506.059 € |
| Obere Kyll | 26.025.238 € |
| Offenbach an der Queich | 6.346.215 € |
| Otterbach-Otterberg | 17.165.871 € |
| Pellenz | 6.921.779 € |
| Pirmasens | 8.278.848 € |
| Pirmasens-Land | 10.441.854 € |
| Prüm | 53.566.552 € |
| Puderbach | 25.549.458 € |
| Ramstein-Miesenbach | 15.690.017 € |
| Ransbach-Baumbach | 129.666 € |
| Remagen | 9.269.825 € |
| Rengsdorf | 307.552 € |
| Rennerod | 12.710.083 € |
| Rhaunen | 13.306.683 € |
| Rheinböllen | 5.570.913 € |
| Rhein-Mosel | 25.201.761 € |
| Rhein-Nahe | 13.747.358 € |
| Rhein-Selz | 48.088.141 € |
| Rockenhausen | 15.902.292 € |
| Rodalben | 4.266.069 € |
| Römerberg-Dudenhofen | 10.323.029 € |
| Rüdesheim | 26.783.057 € |
| Rülzheim | 10.102.334 € |
| Ruwer | 19.247.580 € |
| Saarburg | 32.781.368 € |
| Sankt Goar-Oberwesel | 3.892.458 € |
| Schifferstadt | 545.823 € |

| VERBANDSGEMEINDE | KOSTEN |
|---|---|
| Schönenberg-Kübelberg | 8.256.585 € |
| Schweich an der Römischen Weinstraße | 18.034.942 € |
| Selters (Westerwald) | 4.730.559 € |
| Simmern/Hunsrück | 14.264.928 € |
| Sinzig | 3.881.281 € |
| Speicher | 14.811.421 € |
| Speyer | 2.472.759 € |
| Sprendlingen-Gensingen | 12.890.675 € |
| Stromberg | 6.594.640 € |
| Südeifel | 42.372.396 € |
| Thaleischweiler-Fröschen - Wallhalben | 23.226.259 € |
| Thalfang am Erbeskopf | 16.337.024 € |
| Traben-Trarbach | 27.329.783 € |
| Trier | 15.986.980 € |
| Trier-Land | 33.668.196 € |
| Ulmen | 20.370.692 € |
| Unkel | 13.075.837 € |
| Vallendar | 7.419.871 € |
| Vordereifel | 22.587.876 € |
| Wachenheim an der Weinstraße | 10.398.126 € |
| Waldbreitbach | 5.135.390 € |
| Waldfischbach-Burgalben | 17.839.200 € |
| Waldmohr | 5.264.484 € |
| Waldsee | 2.526.376 € |
| Wallmerod | 1.226.211 € |
| Weilerbach | 9.228.814 € |
| Weißenthurm | 7.540.194 € |
| Westerburg | 2.438.589 € |
| Winnweiler | 14.281.212 € |
| Wirges | 5.276.187 € |
| Wissen | 20.660.656 € |
| Wittlich | 1.754.264 € |
| Wittlich-Land | 54.312.205 € |
| Wöllstein | 11.554.706 € |
| Wonnegau | 18.267.819 € |
| Worms | 12.642.100 € |
| Worrstadt | 5.623.132 € |
| Worth am Rhein | 4.364.584 € |
| Zell (Mosel) | 29.334.680 € |
| Zweibrücken | 12.078.388 € |
| Zweibrücken-Land | 23.339.076 € |

* Werte gerundet

Tabelle 30: FTTB-Ausbaukosten nach Verbandsgemeinden

**Die Kostenrechnung spiegelt gängige Beobachtungen aus anderen Bundesländern wider: Die Versorgungssituation (und damit das Versorgungspotential) ist mit der Haushaltsdichte in den Kommunen verknüpft. Gemeinden mit einer hohen Haushaltsdichte werden durch den Markt bereits heute gut versorgt; die Kosten je Haushalt sind für den Netzbetreiber aufgrund der kurzen Trassenwege gering. Im Gegensatz dazu entstehen in Kommunen mit niedriger Haushaltsdichte höhere Kosten. Zur Anbindung der teilweise weit verteilten Haushalte müssen lange Kabel- und Grabensysteme gebaut werden, weswegen die Tiefbauarbeiten deutlich aufwendiger und damit teurer ausfallen.**

Die folgende Abbildung verdeutlicht die unterschiedlichen Investitionssummen je Haushalt in den einzelnen Landkreisen.

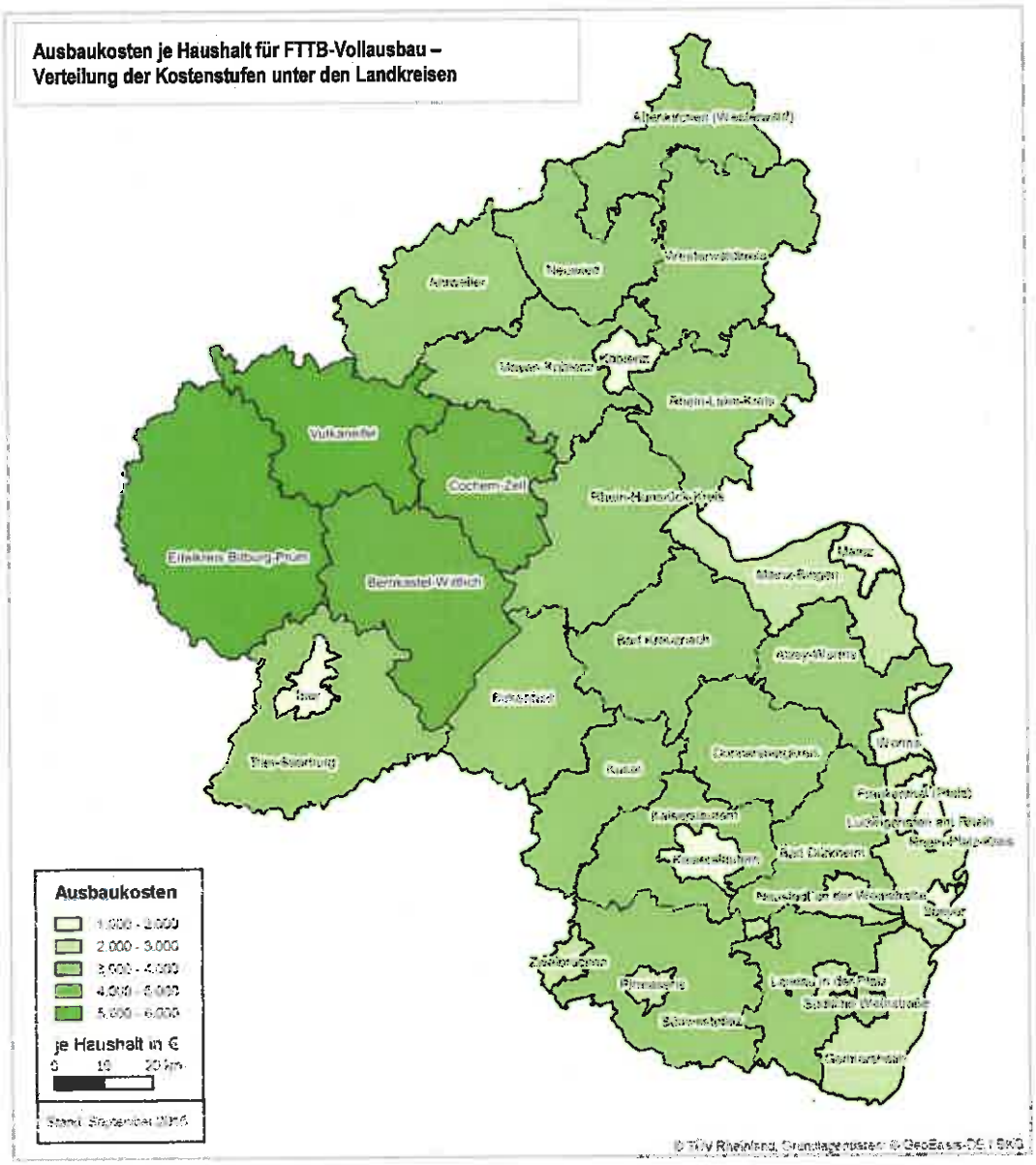



Abbildung 23: Verteilung der FTTB-Ausbaukosten je Haushalt

Mit steigenden Kosten pro Haushalt nimmt auch die Versorgungsperspektive stetig ab. Dabei existiert in Rheinland-Pfalz ein Schwellenwert für die Ausbaukosten in Höhe von 2.500 Euro pro Haushalt. Dieser wird überschritten, sobald mehr als ca. 30 Prozent der Haushalte einer Region unterversorgt sind. Deutlich wird dieser Sachverhalt an folgendem Beispiel: Während die kreisfreie Stadt Ludwigshafen am Rhein bei einer potentiellen 300-Mbit/s-Versorgung von rund 93 Prozent niedrige Kosten je Haushalt von 1.123 Euro aufweist, muss der Eifelkreis Bitburg-Prüm mit Kosten je Haushalt von 5.345 Euro rechnen, weil hier gegenwärtig nur rund elf Prozent der Haushalte potentiell mit solch hohen Bandbreiten versorgt sind.

### 5.2.2 Ergebnisse der FTTH-Netzplanung

Auf Basis des geplanten FTTB-Netzes werden in einem weiteren Schritt die Kosten für den Ausbau eines FTTH-Netzes berechnet, d.h. die Verlegung von Glasfaseranschlüssen bis in die Wohnung. Die ausgewiesenen Kosten beziehen sich daher nur auf den Wohnungsanschluss. **Die Investitionen für diese nächste Ausbaustufe FTTH belaufen sich auf 369,27 Mio. Euro.**

| GESAMTKOSTEN FÜR FTTH-AUSBAU AB FTTB-NETZ | | | |
|---|---|---|---|
| | Anzahl Haushalte | Gesamtkosten | Kosten pro Haushalt |
| Alle Haushalte (Gewerbe und Nicht-Gewerbe) | 816 353 | 369.27 Mio € | 452 € |

* Werte gerundet

Tabelle 31: Gesamtkosten für FTTH-Ausbau on top FTTB-Vollausbau

Die Höhe der Ausbaukosten hängt von der Anzahl der Wohneinheiten und der Anzahl der Stockwerke eines Gebäudes ab. Diese Faktoren bestimmen die Länge der Kabel und Rohre und damit die Kosten der passiven Netzelemente. Das heißt, je mehr Etagen ein Gebäude besitzt und je mehr Haushalte sich darin befinden, desto höher liegen die Ausbaukosten. Der Kostenrahmen für aktive Netzelemente ist im Unterscheid dazu lediglich von der Anzahl der Wohneinheiten abhängig. Sie gibt vor, wie viele Netzelemente in einem Gebäude installiert werden.

**Die Ausbaukosten für einen FTTH-Anschluss in den Kommunen unterscheiden sich deshalb weniger nach den topografischen und netztechnischen Gegebenheiten, die die Kosten eines FTTB-Ausbaus definieren. Entscheidend ist die Haushaltsdichte innerhalb eines Gebäudes.**

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Verteilung der FTTH-Kosten je Landkreis und kreisfreier Stadt. **Die Unterteilung nach aktiven und passiven Kosten ist von Bedeutung, weil Investitionen in die passive Technik im Regelfall durch den Hauseigentümer getätigt werden, während die Kosten für die Installation der aktiven Technik in der Wohnung auch an den Mieter weiterberechnet werden können.**

| | AUSBAU-OBJEKT | KOSTEN FTTH-ON TOP FTTB-VOLLAUSBAU* | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| LANDKREIS / KREISFREIE STADT | Anzahl Haushalte | Passiv | Aktiv | Gesamt-kosten | Kosten je Haushalt |
| Gesamt | 816 353 | 237,49 Mio. € | 131,8 Mio. € | 369,27 Mio. € | 452 € |
| Ahrweiler | 33 606 | 9,86 Mio. € | 5,52 Mio. € | 15,39 Mio. € | 458 € |
| Altenkirchen (Westerwald) | 43 511 | 12,32 Mio. € | 6,71 Mio. € | 19,04 Mio. € | 438 € |
| Alzey-Worms | 26 845 | 7,65 Mio. € | 4,22 Mio. € | 11,87 Mio. € | 442 € |
| Bad Dürkheim | 33 155 | 9,48 Mio. € | 5,27 Mio. € | 14,75 Mio. € | 445 € |
| Bad Kreuznach | 34 406 | 9,88 Mio. € | 5,53 Mio. € | 15,41 Mio. € | 448 € |
| Bernkastel-Wittlich | 37 708 | 11,41 Mio. € | 6,26 Mio. € | 17,67 Mio. € | 468 € |
| Birkenfeld | 24 520 | 7,31 Mio. € | 4,05 Mio. € | 11,38 Mio. € | 464 € |
| Cochem-Zell | 24 775 | 7,56 Mio. € | 4,16 Mio. € | 11,75 Mio. € | 474 € |
| Donnersbergkreis | 24 894 | 7,17 Mio. € | 3,95 Mio. € | 11,13 Mio. € | 447 € |
| Eifelkreis Bitburg-Prüm | 37 827 | 11,62 Mio. € | 6,34 Mio. € | 17,96 Mio. € | 475 € |
| Frankenthal (Pfalz) | 1 101 | 0,29 Mio. € | 0,17 Mio. € | 0,47 Mio. € | 423 € |
| Germersheim | 28 397 | 7,7 Mio. € | 4,34 Mio. € | 12,04 Mio. € | 424 € |
| Kaiserslautern (Stadt) | 5 365 | 1,37 Mio. € | 0,82 Mio. € | 2,19 Mio. € | 408 € |
| Kaiserslautern (Landkreis) | 21 835 | 6,71 Mio. € | 3,66 Mio. € | 10,36 Mio. € | 475 € |
| Koblenz | 5 365 | 3,58 Mio. € | 2,13 Mio. € | 5,71 Mio. € | 423 € |
| Kusel | 21 661 | 6,61 Mio. € | 3,58 Mio. € | 10,18 Mio. € | 470 € |
| Landau in der Pfalz | 4 074 | 1,1 Mio. € | 0,65 Mio. € | 1,75 Mio. € | 430 € |
| Ludwigshafen am Rhein | 5 811 | 1,35 Mio. € | 0,82 Mio. € | 2,17 Mio. € | 373 € |
| Mainz | 15 564 | 3,82 Mio. € | 2,34 Mio. € | 6,16 Mio. € | 396 € |
| Mainz-Bingen | 53 867 | 15,77 Mio. € | 8,81 Mio. € | 24,58 Mio. € | 456 € |
| Mayen-Koblenz | 33 333 | 9,67 Mio. € | 5,38 Mio. € | 15,07 Mio. € | 452 € |
| Neustadt an der Weinstraße | 6 128 | 1,67 Mio. € | 0,96 Mio. € | 2,62 Mio. € | 428 € |
| Neuwied | 34 534 | 9,83 Mio. € | 5,46 Mio. € | 15,28 Mio. € | 443 € |
| Pirmasens | 3 707 | 1,14 Mio. € | 0,66 Mio. € | 1,8 Mio. € | 485 € |
| Rhein-Hunsrück-Kreis | 25 288 | 7,56 Mio. € | 4,16 Mio. € | 11,72 Mio. € | 463 € |
| Rhein-Lahn-Kreis | 29 124 | 8,54 Mio. € | 4,73 Mio. € | 13,27 Mio. € | 456 € |
| Rhein-Pfalz-Kreis | 11 763 | 3,31 Mio. € | 1,84 Mio. € | 5,15 Mio. € | 438 € |
| Speyer | 1 650 | 0,42 Mio. € | 0,25 Mio. € | 0,67 Mio. € | 405 € |
| Südliche Weinstraße | 27 403 | 8,08 Mio. € | 4,46 Mio. € | 12,54 Mio. € | 458 € |
| Südwestpfalz | 27 139 | 8,3 Mio. € | 4,48 Mio. € | 12,78 Mio. € | 471 € |
| Trier | 10 650 | 2,8 Mio. € | 1,67 Mio. € | 4,47 Mio. € | 420 € |
| Trier-Saarburg | 45 613 | 13,6 Mio. € | 7,44 Mio. € | 21,04 Mio. € | 461 € |
| Vulkaneifel | 26 690 | 8,23 Mio. € | 4,49 Mio. € | 12,72 Mio. € | 477 € |
| Westerwaldkreis | 29 307 | 8,64 Mio. € | 4,67 Mio. € | 13,21 Mio. € | 451 € |
| Worms | 6 834 | 1,79 Mio. € | 1,04 Mio. € | 2,83 Mio. € | 414 € |
| Zweibrücken | 4 758 | 1,38 Mio. € | 0,78 Mio. € | 2,16 Mio. € | 453 € |

* Werte gerundet

Tabelle 32: Kosten für den FTTH-Ausbau on top nach Landkreisen/kreisfreien Städten

### 5.2.3 Zwischenfazit

**Der Ausbau der NGA-Netze bis hin zum Anschluss der Gebäude mit Glasfaser bewegt sich in einem Gesamtkostenrahmen von bis zu 2,83 Mrd. Euro.** Die Investitionen verteilen sich auf die Stufen Hauptkabelnetz, Verteilnetz und Hausanschluss. Für das sogenannte Homes-Passed-Netz sind Investitionen von mehr als zwei Milliarden Euro notwendig. Die Kosten für den Hausanschluss liegen bei ca. 823 Mio. Euro. **Separat betrachtet wird der Ausbau der Glasfaser innerhalb der Gebäude (Netzabschnitt 4), d.h. für einen FTTH-Ausbau, für den insgesamt 369,27 Mio. Euro anfallen.**

| KOSTENANTEILE FTTB-AUSBAU | | KOSTENANTEILE FTTH-AUSBAU |
|---|---|---|
| Hauptkabel- und Verteilnetz (homes passed) | Hausanschluss (homes activated) | Wohnungsanschluss |
| *2,005 Mrd Euro* | *823,1 Mio. Euro* | |
| **2,83 Mrd. Euro** | | **369,27 Mio. Euro** |

* Werte gerundet

Tabelle 33: Kostanteile für FTTB- und FTTH-Ausbau

In der Praxis wird der Hausanschluss dann realisiert, wenn entsprechende Gestattungsverträge mit den Eigentümern der Grundstücke bzw. Gebäude abgeschlossen sind. Bei einer angenommenen Anschlussquote von 45 Prozent belaufen sich die Investitionen auf 2,37 Mrd. Euro. Diese Summe setzt sich aus den Gesamtkosten für das Hauptkabel- und Verteilnetz sowie den anteiligen Kosten für 45 Prozent der Hausanschlüsse zusammen. Im Ausbau können Geschäftsmodelle entwickelt werden, die eine anteilige Kostenübernahme durch den Hauseigentümer vorsehen.

Die berechneten Investitionskosten stellen einen erheblichen Aufwand dar und können nicht kurzfristig gestemmt werden. Die Nutzung von Synergien führt zu einer Kostenreduzierung, die in den folgenden Abschnitten untersucht wird.

### 5.2.4 Einsparpotentiale bei den Ausbaukosten

Die Investitionssummen für die aufgezeigten Netzplanungen für FTTB und FTTH können durch verschiedene Faktoren gesenkt werden. **Ein Einsparpotential ergibt sich durch die Nutzung der Trassen der bestehenden FTTC-Netze, bei denen Glasfaser bis zum Kabelverzweiger verlegt ist. Eine weitere Kostenreduktion wird durch Synergien mit Blick auf die Nutzung von Sondertrassen erreicht. Eine zusätzliche Option besteht in einer generellen Anpassung der Ausbauanforderungen, d.h. der Versorgungsrate.** Die über FTTB zu erreichende Abdeckung ist mit 100 Prozent angesetzt. Wird diese Versorgungsquote gesenkt, verringern sich die Investitionskosten, weil sich dadurch die Zahl der auszubauenden Haushalte reduziert. Beispielhaft wird deshalb auch ein sogenanntes 95-Prozent-Szenario für den FTTB-Ausbau berechnet. In diesem Fall werden die fünf Prozent der Haushalte identifiziert, in denen der Ausbau am teuersten zu Buche schlagen würde, und aus der Gesamtkostenkalkulation herausgerechnet. Im Folgenden werden die drei aufgezeigten Einsparpotentiale vorgestellt.

### 5.2.4.1 FTTC-Synergien

Durch die Mitnutzung von bereits bestehenden FTTC-Trassen bei einem FTTB/FTTH-Ausbau ergeben sich Kosteneinsparungen im Bereich Tiefbau sowie Kabel- und Rohrtrassen, weil nicht alle Kabel neu verlegt werden müssen. In der Netzplanung wird auf Grundlage einer detaillierten FTTC-Hochrechnung eine genaue statistische Ausweisung von Tiefbausynergien und Einsparpotentialen ermittelt. Diese FTTC-Betrachtung basiert auf den geplanten FTTB-Teilelementen. Die Kalkulation zeigt, dass bei der Erschließung aller rund 18.000 Kabelverzweiger mit Glasfaser Kosten in Höhe von 461,8 Mio. Euro entstehen. Bisher wurden schon ca. 3.600 KVz mit Glasfaser angebunden und 121,5 Mio. Euro investiert.

**Da diese FTTC-Elemente als Bestandteile der FTTB-Netzplanung berücksichtigt werden können, ergibt sich ein Einsparpotential durch die Nutzung von FTTC-Trassen von insgesamt 461,8 Mio. Euro.**

| FTTC-SYNERGIEN | | | |
|---|---|---|---|
| | Gesamt | Einsparverteilung | |
| Einsparpotential durch FTTC-Ist-Ausbaustand (bereits ca. 3 600 der rund 18 000 KVz mit Glasfaser erschlossen) | 121,5 Mio. € | 114 Mio. €<br>7,5 Mio. € | Tiefbau<br>Kabel- und Rohrlegung |
| Einsparpotential durch zukünftigen FTTC-Vollausbau (Erschließung aller restlichen ca. 14 400 KVz mit Glasfaser) | 340,3 Mio. € | 316 Mio. €<br>24,3 Mio. € | Tiefbau<br>Kabel- und Rohrlegung |
| **Gesamteinsparpotential durch Nutzung von FTTC-Trassen** | **461,8 Mio. €** | 430 Mio. €<br>31,8 Mio. € | Tiefbau<br>Kabel- und Rohrverlegung |

* Werte gerundet

Tabelle 34: Einsparpotential durch Nutzung von FTTC-Trassen

### 5.2.4.2 Synergietrassen

Rheinland-Pfalz verfügt über umfangreich nutzbare Infrastrukturen wie Leerrohre, Freileitungen, Glasfaserkabel, Stromtrassen oder ungenutzte Wasserleitungen. Diese bereits gebauten Synergietrassen können beim Breitbandausbau kostenreduzierend in die Ausbauplanung im Bereich des Tiefbaus und der Kabel- und Rohrtrassen mit einbezogen werden. **Insgesamt wurden für Rheinland-Pfalz existierende Synergietrassen mit einer Gesamtlänge von 4.765 km ermittelt.**

Werden diese Synergietrassen vollumfänglich für den FTTB-Ausbau verwendet, sinken die Tiefbaukosten um 240 Mio. Euro. Für die Nutzung der Synergietrassen fallen jedoch auch Kosten in Höhe von 5,5 Mio. Euro an, zum einen für die Verlegung der Netzelemente, zum anderen auch als Mitnutzungsentgelte. **Das Einsparpotential der Sondertrassen beläuft sich auf 234 Mio. Euro.**

| EINSPARPOTENTIAL SYNERGIETRASSEN | |
|---|---|
| Einsparpotential bei 100%-iger Nutzung von Synergietrassen (4.765 km) | 234 Mio. € |

* Werte gerundet

Tabelle 35: Einsparpotential durch die Nutzung von Synergietrassen

Der Verlauf der Synergietrassen in Rheinland-Pfalz ist nachfolgend dargestellt.

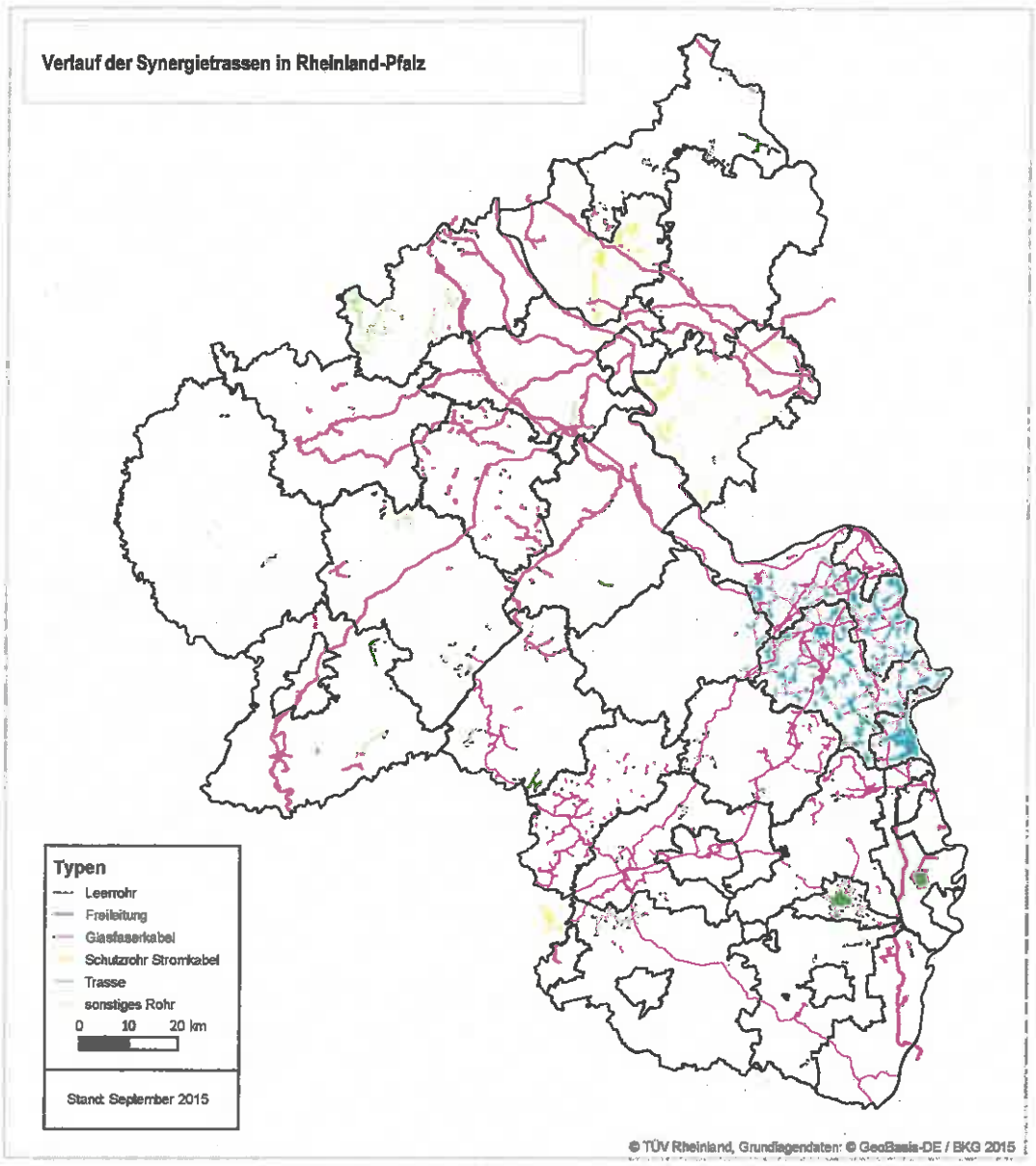



Abbildung 24: Übersicht Synergietrassen

In der Praxis stehen der vollständigen Verwendung aller vorhandenen Synergietrassen oftmals technische Restriktionen sowie wirtschaftliche Interessen entgegen. Beispielsweise bedarf es einer genauen Vorortprüfung, ob die Leerrohre durchgängig nutzbar sind. Darüber hinaus ist es in der Umsetzungsphase notwendig, eine Prüfung der freien Kapazitäten vorzunehmen. Die im Zusammenhang mit dieser Studie errechneten Einsparpotentiale basieren auf der Annahme einer hundertprozentigen Verfüg- und Verwendbarkeit der Synergietrassen.

### 5.2.4.3 FTTB-Ausbau 95-Prozent-Szenario

Eine Kostenreduktion kann auch über eine Anpassung der Anforderungen an den Grad der Versorgung erreicht werden. Im Falle der Verringerung der FTTB-Ausbauquote von 100 auf 95 Prozent werden auf Gemeindeebene von den insgesamt 816.353 unterversorgten Haushalten die fünf Prozent der auszubauenden Haushalte ausgeschlossen, welche die höchsten Kosten vorweisen.

Um die fünf Prozent teuersten Haushalte zu identifizieren, werden alle Haushalte auf Basis der zurechenbaren Passivkosten je Haushalt in Distributionsgruppen unterteilt. Diese Distributionsgruppen ergeben sich durch die räumliche Lage der Haushalte aus einer kostenoptimierten Netzplanung. Eine Distributionsgruppe umfasst dabei einen bis 32 Haushalte innerhalb einer Gemeinde. Über diese Methodik werden je Planungsgebiet die teuersten Anschlüsse ermittelt und entsprechend in der Kalkulation eliminiert.

**In diesem FTTB-Ausbauszenario von 95 Prozent der Haushalte werden Einsparungen von ca. 710 Mio. Euro erzielt.** Die durchschnittlichen Kosten je Haushalt liegen 531 Euro unter dem Durchschnittswert für einen Vollausbau mit einem Versorgungsgrad von 100 Prozent. **Der Ausbau der teuersten fünf Prozent der Haushalte summiert sich auf ein Viertel der Gesamtkosten des Netzausbaus.**

| GESAMTKOSTEN FTTB 95 % | | |
|---|---|---|
| | Gesamtkosten | Kosten pro Haushalt |
| FTTB-Vollausbau | 2.83 Mrd € | 3 465 € |
| Einsparpotential durch Ausschluss der 5 % teuersten Haushalte | 710 Mio € | 531 € |
| **Gesamtkosten FTTB 95-%-Szenario** | **2,12 Mrd. €** | **2.934 €** |

* Werte gerundet

Tabelle 36: Gesamtkosten und Einsparungen beim FTTB-95-Prozent-Szenario

Um die Ausbaukosten in ein sinnvolles Kostennutzenverhältnis zu setzen, sollte ein Ausbau lokal nach Bedarf umgesetzt werden. Dieser orientiert sich an den Versorgungsschwerpunkten. Die Verteilung der teuersten Haushalte über alle Landkreise ist daher zu betrachten. Die Veränderungen in den Gesamtkosten sind in der folgenden Tabelle für jeden Landkreis und kreisfreie Stadtausgewiesen. Diese sind umso größer, je mehr Haushalte im betreffenden Kreis in die Kategorie der fünf Prozent am teuersten auszubauenden Haushalt fallen.

| GESAMTKOSTEN FTTB-95-%-AUSBAUSZENARIO | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Landkreis/ kreisfreie Stadt | Haushalte insgesamt | Verbleibende Haushalte im 95 %-Szenario | | Gesamtkosten 95 %-Szenario | Gesamtkosten 100 %-Szenario | Einsparung ggü. 100 %-Szenario |
| Ahrweiler | 59 284 | 28 393 | 47,89 % | 85,66 Mio. € | 125,70 Mio. € | 31,85 % |
| Altenkirchen (Westerwald) | 59 727 | 36 539 | 61,18 % | 121,77 Mio. € | 164,44 Mio. € | 25,95 % |
| Alzey-Worms | 54 514 | 26 379 | 48,39 % | 80,16 Mio. € | 92,88 Mio. € | 13,69 % |
| Bad Dürkheim | 60 527 | 31 008 | 51,23 % | 88,61 Mio. € | 103,27 Mio. € | 14,20 % |
| Bad Kreuznach | 71 277 | 31 192 | 43,76 % | 92,65 Mio. € | 113,69 Mio. € | 18,51 % |
| Bernkastel-Wittlich | 51 119 | 31 283 | 61,20 % | 108,16 Mio. € | 160,99 Mio. € | 32,82 % |
| Birkenfeld | 39 653 | 20 654 | 52,09 % | 64,26 Mio. € | 88,74 Mio. € | 27,59 % |
| Cochem-Zell | 28 989 | 22 715 | 78,36 % | 77,13 Mio. € | 105,42 Mio. € | 26,83 % |
| Donnersbergkreis | 33 948 | 22.257 | 65,56 % | 68,69 Mio. € | 86,97 Mio. € | 21,02 % |
| Eifelkreis Bitburg-Prüm | 42 619 | 22 376 | 52,50 % | 80,64 Mio. € | 202,20 Mio. € | 60,12 % |
| Frankenthal (Pfalz) | 22 469 | 1 097 | 4,88 % | 1,65 Mio. € | 1,67 Mio. € | 1,38 % |
| Germersheim | 56 178 | 27 390 | 48,76 % | 66,58 Mio. € | 72,76 Mio. € | 8,49 % |
| Kaiserslautern (Stadt) | 55 309 | 5 342 | 9,66 % | 8,32 Mio. € | 8,47 Mio. € | 1,68 % |
| Kaiserslautern (Landkreis) | 47 754 | 19 860 | 41,59 % | 65,46 Mio. € | 83,16 Mio. € | 21,29 % |
| Koblenz | 57 245 | 13 457 | 23,51 % | 19,77 Mio. € | 20,08 Mio. € | 1,60 % |
| Kusel | 32 592 | 18 820 | 57,74 % | 63,45 Mio. € | 82,75 Mio. € | 23,32 % |
| Landau in der Pfalz | 21 332 | 4 017 | 18,83 % | 8,31 Mio. € | 8,85 Mio. € | 6,03 % |
| Ludwigshafen am Rhein | 88 042 | 5 804 | 6,59 % | 6,48 Mio. € | 6,52 Mio. € | 0,73 % |
| Mainz | 109 608 | 15.551 | 14,19 % | 17,58 Mio. € | 17,66 Mio. € | 0,44 % |
| Mainz-Bingen | 89 812 | 51.681 | 57,54 % | 132,34 Mio. € | 146,48 Mio. € | 9,65 % |
| Mayen-Koblenz | 95 496 | 30 160 | 31,58 % | 87,70 Mio. € | 111,33 Mio. € | 21,23 % |
| Neustadt an der Weinstraße | 26 644 | 6 023 | 22,61 % | 12,67 Mio. € | 13,38 Mio. € | 5,25 % |
| Neuwied | 83.571 | 29 734 | 35,58 % | 89,45 Mio. € | 115,98 Mio. € | 22,88 % |
| Pirmasens | 20 711 | 3 612 | 17,44 % | 7,77 Mio. € | 8,28 Mio. € | 6,15 % |
| Rhein-Hunsrück-Kreis | 45 842 | 20 820 | 45,42 % | 70,22 Mio. € | 100,52 Mio. € | 30,14 % |
| Rhein-Lahn-Kreis | 57 265 | 25.623 | 44,74 % | 78,28 Mio. € | 102,01 Mio. € | 23,26 % |
| Rhein-Pfalz-Kreis | 66 283 | 11 513 | 17,37 % | 27,70 Mio. € | 28,87 Mio. € | 4,22 % |
| Speyer | 24 998 | 1 636 | 6,54 % | 2,38 Mio. € | 2,48 Mio. € | 4,20 % |
| Südliche Weinstraße | 48 802 | 25 730 | 52,72 % | 77,75 Mio. € | 91,56 Mio. € | 17,76 % |
| Südwestpfalz | 43 980 | 24 915 | 56,65 % | 83,25 Mio. € | 101,22 Mio. € | 21,59 % |
| Trier | 56 647 | 10 579 | 18,68 % | 15,61 Mio. € | 15,99 Mio. € | 2,43 % |
| Trier-Saarburg | 61 839 | 39.593 | 64,03 % | 131,13 Mio. € | 175,48 Mio. € | 33,82 % |
| Vulkaneifel | 28 402 | 19 411 | 68,34 % | 70, 80 Mio. € | 137,30 Mio. € | 93,93 % |
| Westerwaldkreis | 88 338 | 25 433 | 28,79 % | 82,86 Mio. € | 106,51 Mio. € | 28,54 % |
| Worms | 40 922 | 6 776 | 16,56 % | 12,21 Mio. € | 12,64 Mio. € | 3,52 % |
| Zweibrücken | 16 638 | 4 597 | 27,63 % | 11,07 Mio. € | 12,08 Mio. € | 9,12 % |

Tabelle 37: Gesamtkosten für das Ausbauszenario FTTB 95 Prozent

### 5.2.4.4 Fazit Synergiepotentiale

Die Berechnungen zeigen, dass für den Ausbau von FTTB-Netzen zahlreiche Synergiepotentiale vorhanden sind. Die Synergien beziehen sich dabei auf vorhandene Infrastrukturen und auf die geplanten flächendeckenden Ausbaumaßnahmen für FTTC in Rheinland-Pfalz. **Die Gesamtkosten würden sich dadurch auf 2,47 Mrd. Euro reduzieren.**

| FIXKOSTEN UND EINSPARPOTENTIALE | | | |
|---|---|---|---|
| Feste Kosten | Einsparpotentiale | | |
| Aktive und passive Infrastruktur | Zukünftiges Einsparpotential | Aktuelles Einsparpotential | |
| Fixkosten<br>ca. 75 % | FTTC-Vollausbau<br>12,02 % | FTTC-Ist-Zustand<br>4,3 % | Synergietrassen<br>8,3 % |
| Potentielles Einsparpotential von 24,62 %<br>Reduzierung der Gesamtkosten auf 2,47 Mrd. Euro | | | |

* Werte gerundet

Tabelle 38: Fixkosten und Einsparpotentiale beim FTTB-Vollausbau

Von den Gesamtkosten für einen FTTB-Vollausbau in Höhe von 2,83 Mrd. Euro können 8,3 Prozent durch die Nutzung bereits vorhandener Infrastrukturen eingespart werden. Zusätzlich führen die bereits getätigten Investitionen in FTTC-Linientechnik zu einem Einsparpotential von 4,3 Prozent. In der Summe sinken die gesamten Investitionskosten um 356,37 Mio. Euro. Wenn im Rahmen des aktuellen und zukünftigen NGA-Ausbaus flächendeckende FTTC-Netze entstehen, können zudem rund 12 Prozent der notwendigen Investitionen als Synergieeffekt für einen FTTB-Vollausbau eingespart werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass der Ausbau zukunftsorientiert mit entsprechenden netztechnischen Reserven erfolgt. Hierfür sind umfangreiche Planungsleistungen notwendig. **Durch einen schrittweisen, sich an einer übergeordneten Planung orientierenden Glasfaserausbau wird bereits heute der Weg zum Ausbau von 300 Mbit/s-Netzen gelegt.**

# 5.3 Sensitivitätsanalyse der Investitionskosten

Obwohl die Kosten für den Breitbandausbau anhand von Simulationen und Erfahrungswerten überprüft werden, sind Abweichungen der einzelnen Faktoren nicht auszuschließen. Aus diesem Grund werden die Ergebnisse und Inputparameter der Kalkulation gesondert einer Sensitivitätsanalyse unterzogen, um deren Robustheit gegenüber möglichen Veränderungen zu überprüfen und ihren Einfluss auf die Gesamtkostenstruktur zu quantifizieren. Dadurch können die Ergebnisse der Kalkulation im Ganzen validiert werden.

Besonderen Einfluss auf die Ergebnisse der Kalkulation hat die Variation der Preise der aktiven und passiven Netzkomponenten. Diese sind entscheidende Faktoren für die Kostenrechnung, denn die kalkulierten Kosten basieren notwendigerweise auf Annahmen. Diese müssen für die Gesamtkosten des Ausbaus für Material- und Arbeitskosten getroffen werden. Beide Preiskomponenten können in der Praxis Schwankungen unterliegen. Abweichende Materialkosten haben ihre Ursachen u.a. in der Konkurrenzsituation des Marktes, der Marktnachfrage, der technischen Weiterentwicklung von Produkten oder Veränderungen der Rohstoffpreise. So können hohe Abnahmemengen von Glasfaserkabeln die Einkaufspreise reduzieren, während eine hohe Gesamtmarktnachfrage durch den gleichzeitigen Breitbandausbau national und international die Preise in die Höhe treiben kann. Auch die Kosten für notwendige Arbeiten bei der Verlegung und Installation der verschiedenen Netzele-

mente können sich unter bestimmten Umständen verändern. So kann eine hohe Nachfrage nach Tiefbaumaßnahmen die Preise für selbige erhöhen.

Die Kostenkalkulation basiert auf der Materialstückliste einer kostenoptimierten Netzplanung. Durch den Umfang der Landesplanung setzt sich diese Materialstückliste aus 75.277 Einzelpositionen für das FTTB-Netz zusammen. Diese Stücklisten bestehen aus 43 verschiedenen Einzelelementen, deren Materialpreise und Arbeitskosten mit erprobten Größen bewertet werden. Die Einzelelemente können zu fünf funktionalen Gruppen von Netzelementen zusammengefasst werden, die in der Sensitivitätsanalyse auf ihre Kosteneffekte untersucht werden[20].

Die Sensitivitätsanalyse simuliert den Einfluss einer zehnprozentigen Preisänderung der Material- und Arbeitskosten auf die Gesamtkosten. Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse der Simulation.

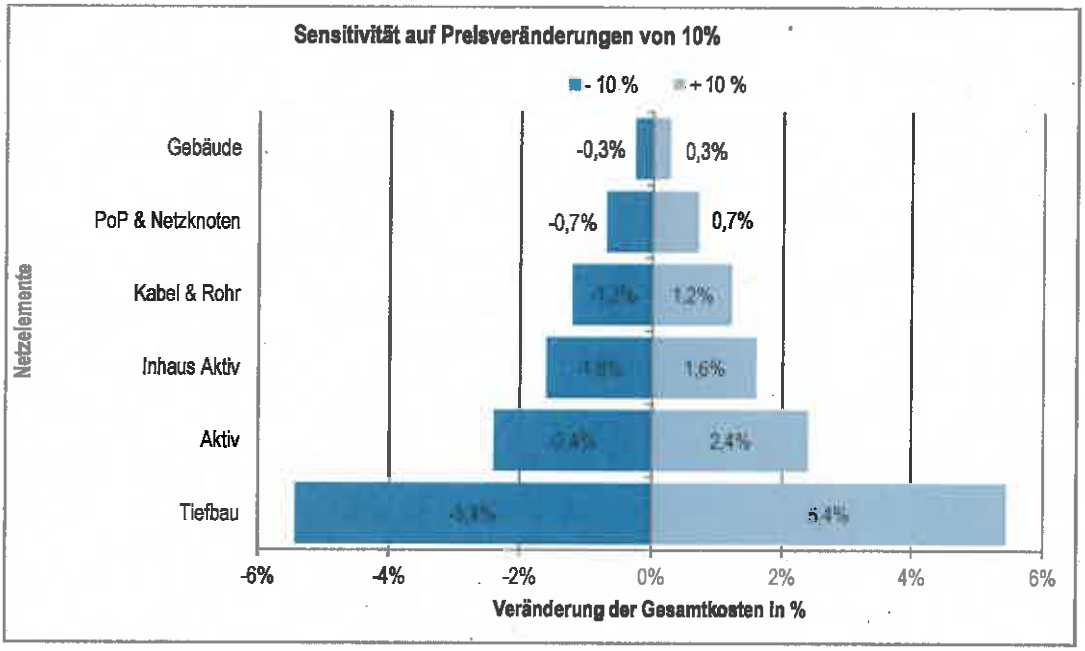



Abbildung 25: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse

Eine Veränderung bei den Tiefbaukosten hat dabei den weitaus größten Einfluss auf die Gesamtkosten. So bewirkt eine Erhöhung von zehn Prozent eine Erhöhung der Gesamtkosten um 5,4 Prozent. Dies entspricht einer Summe von 154,1 Mio. Euro. Auch die aktive Technik hat maßgebliche Auswirkungen auf die Ausbaukosten. Hier beläuft sich der Einfluss auf 2,4 Prozent gemäß der oben erläuterten Methodik. Diese Änderung entspricht 67,2 Mio. Euro. Den größten Anteil daran hat die aktive Technik in den angeschlossenen Gebäuden. Eine Preisänderung allein dieses Einzelelements variiert die Gesamtkosten bereits um 1,6 Prozent oder 46,4 Mio. Euro. Die Preise für Kabel und Rohre, PoP und Netzknoten sowie Gebäude haben dagegen einen geringeren Einfluss auf die Gesamtkosten des Ausbaus. Allerdings sollte dieser Einfluss mit 1,2 bzw. 0,7 und 0,3 Prozent nicht vernachlässigt werden. Zusammen verändern diese drei Netzelementgruppen die Gesamtkosten um insgesamt 61,4 Mio. Euro.

**Die Sensitivitätsanalyse zeigt den großen Kostenhebel einzelner Netzelemente bei einem FTTB-Ausbau, insbesondere im Bereich des Tiefbaus. Systematische Unsicherheiten lassen sich jedoch nicht gänzlich ausschließen – schon allein weil Zeitpunkt, Zeitrahmen und Umfang des tatsächlichen Ausbaus im Voraus nicht bekannt sind.**

[20] Vgl. Tabelle 25: Struktur der Netzkosten und Basis der Mengenplanungen

# 6.

# Träger- und Geschäftsmodelle

© TÜV RHEINLAND 2015

Der Auf- bzw. Ausbau sowie der Betrieb eines Breitbandnetzes erfolgt über einen oder mehrere Träger aus dem privaten und/oder öffentlichen Bereich. Träger- und Geschäftsmodelle setzen an den Wertschöpfungsstufen im Telekommunikationsmarkt an.

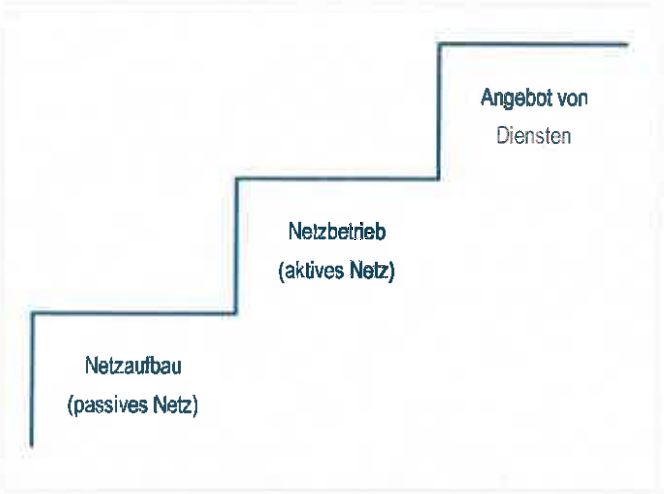



Abbildung 26: Stufen der Wertschöpfung eines Netzausbaus

*Stufe I:* Die Errichtung einer passiven Infrastruktur bildet die erste Stufe und damit die Grundlage für die weitere Wertschöpfungskette. Ein solches passives Netz kann sowohl durch private Telekommunikationsunternehmen, Versorgungsunternehmen oder Kabelnetzbetreiber als auch durch die Kommunen selbst gebaut und gewartet werden.

*Stufe II:* Um digitale Dienste nutzen zu können, muss deren Übertragung über die jeweils verfügbaren Bandbreiten gewährleistet werden. Hierzu wird das passive Netz mit aktiver Technik ausgestattet. Der Begriff aktive Technik bezieht sich auf Netzelemente mit eigener Stromversorgung. Für den Betrieb und die Wartung des aktiven Netzes ist der Netzbetreiber zuständig.

*Stufe III:* Passives und aktives Netz ermöglichen den Zugang zum Internet und die Nutzung von digitalen Diensten.

Die Wahl des Trägermodells berücksichtigt nicht nur die technischen und betriebswirtschaftlichen Anforderungen der drei Wertschöpfungsstufen. Entscheidend sind auch der regulatorische (verwaltungsrechtliche) und finanzielle Rahmen, in dem sich Kommunen bewegen können. **Ein öffentlicher oder ein privater Träger wie auch eine öffentlich-rechtliche-private Partnerschaft kann einzelne Stufen der Wertschöpfungskette verantworten oder auch alle drei.**

Welche Träger- und Geschäftsmodelle hierfür in Frage kommen, ist nachfolgend dargestellt[21].

[21] Siehe auch Leitfaden zum Breitbandausbau des Breitbandbüros des Bundes Stand 2015 unter folgendem Link

# 6.1 Betreibermodelle

## 6.1.1 Öffentliche Träger

Als öffentliche Träger gelten Kommunen, kommunale Unternehmen oder kommunale Zweckverbände. In den meisten Fällen verantworten sie die Errichtung der Breitbandinfrastruktur (passives und ggf. aktives Netz). **Im Vordergrund steht die Umsetzung eines bedarfsgerechten Breitbandausbaus aus Sicht der Kommunen. Das errichtete Netz verbleibt in der Hand des öffentlichen Trägers und entspricht einer eigenen kommunalen Infrastruktur („kommunale Netze").** Ein solcher Ausbau des passiven Netzes kann direkt durch die Kommune als eigene Rechtsperson erfolgen oder durch eine Auslagerung über Gründung einer eigenen Gesellschaft, die den Netzbetrieb übernimmt. Die Kommunen bleiben in jedem Fall Eigentümer des Netzes. Die Finanzierung des Netzausbaus erfolgt in den meisten Fällen über Darlehen, welche wiederum über Einnahmen aus der Verpachtung des passiven Netzes refinanziert werden.

Die Realisierung von kommunalen Netzen ist abhängig von der Erreichbarkeit einer Vorvermarktungsquote, d.h. der Anzahl der Interessensbekundungen für einen Breitbandanschluss. **Eine hohe Vermarktungsquote verringert das Ausfallrisiko der Refinanzierung. Nur dann kann ein neu errichtetes Netz wirtschaftlich betrieben werden.**

Grundsätzlich darf sich ein öffentlicher Träger nur dann wirtschaftlich betätigen, wenn das Kommunalrecht dies zulässt. In Rheinland-Pfalz erlaubt die Gemeindeordnung Kommunen die Errichtung, Übernahme oder Erweiterung von wirtschaftlichen Unternehmen im Bereich Breitbandtelekommunikation, wenn „der öffentliche Zweck nicht ebenso gut und wirtschaftlich durch einen privaten Dritten erfüllt wird oder werden kann (sog. Subsidiaritätsprinzip)" (siehe §§ 85 bis 92). Gemeinden dürfen entsprechend Eigenbetriebe (§ 86), Anstalten des öffentlichen Rechts (§ 86a) und Unternehmen in privaten Rechtsformen (vgl. § 87) gründen.

### 6.1.1.1 Kommunale Zweckverbände

Zweckverbände werden vor allem zur Übernahme von Aufgaben der Daseinsvorsorge (z.B. Wasser, Müll, Krankenhäuser) gegründet. Diese Trägerform wird sehr häufig für einen gemeindeübergreifenden Ausbau von kommunalen Netzen (inkl. Breitbandnetzen) genutzt[22].

Rechtlich betrachtet sind reine Zweckverbände Körperschaften des öffentlichen Rechts mit Selbstverwaltung[23]. Dem Zweckverband können neben Gebietskörperschaften auch andere Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts sowie juristische Personen des Privatrechts und natürliche Personen beitreten. Die zuständige Kreisverwaltung oder Landesbehörde müssen der Erweiterung des Zweckverbandes zustimmen. Bei Gründung eines Zweckverbandes wird ein Kooperationsvertrag geschlossen, der neben den Aufgaben des Zweckverbandes auch bereits die Finanzierung festlegt. Zweckverbände können aber auch als privatwirtschaftliche Gesellschaft rechtlich organisiert sein. Diese abgewandelte Form wird unter Punkt 6.2.1 erläutert.

Die Rechtsform des Zweckverbandes als Körperschaft des öffentlichen Rechts erlaubt es Kommunen, ihren Einfluss bei allen geschäftlichen Entscheidungen durch die Verbandsversammlung zu sichern, in der die Gemeinderäte vertreten sind. Gleichzeitig werden eigene Rechtspersönlichkeit sowie eigenständiges Handeln des Zweckverbandes gewährleistet.

[22] Zweckverbände wurden u.a. in Baden-Württemberg (Landkreis Ravensburg) und in Schleswig-Holstein (Landkreis Segeberg) gegründet.
[23] Rheinland-pfälzisches Landesgesetz über die kommunale Zusammenarbeit, Zweiter Abschnitt ff.

Verbandsversammlungen verlangsamen unter Umständen die Entscheidungsprozesse, da eine Rückkopplung mit den Gemeinderäten notwendig ist. Betriebswirtschaftliche Entscheidungen können so zu politischen werden. Die öffentlichen Sitzungen tragen ebenfalls zu einer öffentlichen und medialen Aufmerksamkeit bei, die das Fällen von zeitnahen, sachlichen Entscheidungen erschweren kann. Die fehlenden Erfahrungen der Beteiligten im Breitbandausbau (z.B. realistische Abschätzung des Vermarktungsrisikos) können sich ebenfalls negativ auf die Realisierung des Netzausbaus und -betriebs auswirken.

#### 6.1.1.2 Eigenbetrieb

Der kommunale Eigenbetrieb als Trägerform findet vor allem Anwendung bei Ausbauvorhaben, die im Gegensatz zu einem Zweckverband nur innerhalb einer Gemeinde umgesetzt werden[24]. Als Eigenbetrieb gelten von Gemeinden verwaltete Unternehmen, die Aufgaben der Daseinsvorsorge und Breitbandversorgung übernehmen[25]. Die als Sondervermögen geführten Unternehmen sind nicht Teil des kommunalen Haushaltsplans und besitzen keine eigene Rechtspersönlichkeit.

Die Betriebs- oder Werksleitung („Geschäftsführung") wird von einem Gemeindeausschuss gewählt. Das fachlich zuständige Landesministerium kann Aufgaben und Organisation des Eigenbetriebes festlegen. Die Haushaltsführung geschieht nach betriebswirtschaftlichen Kriterien durch einen Wirtschaftsplan, die Buchhaltung ist kaufmännisch, die Aufnahme von Krediten ist möglich. Neben Gemeindeordnung und etwaiger Rechtsverordnung des Landesministeriums gilt die Eigenbetriebsverordnung.

In Hinblick auf Errichtung und Betrieb eines kommunalen Breitbandnetzes bringt diese Organisationsform den großen Vorteil, dass die Gemeinde Einfluss auf die Geschäftsführung nimmt, diese gleichzeitig kontrolliert sowie ein eigenes Rechnungswesen eingerichtet wird. Nachteilig wirkt die fehlende eigene Rechtspersönlichkeit, die keine Einbindung privater Investoren erlaubt.

#### 6.1.1.3 Anstalt öffentlichen Rechts

Anstalten des öffentlichen Rechts (AöR) sind mit öffentlichen Aufgaben betraut, z.B. städtischer Abwasserversorgung, öffentlicher Nahverkehr oder auch Breitbandversorgung. Gemeinden können Träger einer AöR sein (§ 86a Gemeindeordnung Rheinland-Pfalz), welche die Rechtsverhältnisse der Anstalt durch Satzung regeln. Ein Vorstand übernimmt die „Geschäftsführung" der AöR. Finanziert wird die AöR aus Mitteln des Trägers, d.h. der Gemeinden, welche unbeschränkt für alle Verbindlichkeiten haften. In Rheinland-Pfalz hat die Verbandsgemeinde Montabaur eine solche AöR mit dem Ziel eines Breitbandausbaus eingerichtet, die VGM-net[26].

Diese Organisationsform bringt vor allem den Vorteil, dass eine Fremdfinanzierung möglich ist. Juristische Personen des Privatrechts (GmbHs, Genossenschaften) können zur Finanzierung herangezogen werden (bis zu 49 Prozent des Stammkapitals, siehe Gemeindeordnung). Die Gemeinde sichert sich die Kontrolle der Geschäftstätigkeit der AöR über den Verwaltungsrat, ohne dass eine Mitgliederversammlung Entscheidungsprozesse verlangsamt, wie dies bei Zweckverbänden der Fall sein kann. Einen Nachteil stellt die unbeschränkte Haftung der Kommunen dar, wodurch das finanzielle Risiko beträchtlich sein kann.

[24] Beispiele für Eigenbetriebe mit dem Zweck des Breitbandausbaus finden sich u.a. in Niedersachsen (Gemeinde Bispingen), in Hessen (Gemeinde Eichenzell) oder in Schleswig-Holstein (Gemeinde Rellingen).
[25] Siehe § 86 Gemeindeordnung Rheinland-Pfalz
[26] Verbandsgemeinde Montabaur Netz und Infrastruktur Anstalt des öffentlichen Rechts

### 6.1.2 Privatwirtschaftliche Träger

Privatwirtschaftliche Träger können nicht nur Eigentümer sondern auch Betreiber der aktiven und passiven Netze sowie Anbieter digitaler Dienste sein. Sie können als Gesellschaft mit begrenzter Haftung (GmbH) und Stiftung oder in Form von sogenannten Bottom-Up-Modellen als Vereine, Genossenschaft oder Fondsgesellschaft organisiert sein. **Nicht nur Unternehmen, ob TKU, Kabelnetzbetreiber oder Versorgungsunternehmen, können als privatwirtschaftlicher Träger auftreten. Auch öffentliche Träger können privatwirtschaftliche Rechtsformen gründen** (siehe Kapitel 6.1.1)[27].

**Die Geschäftstätigkeit wird über das Kapital der privaten Träger finanziert, die das wirtschaftliche Risiko tragen.** Aus diesem Grund findet ein Ausbau der Breitbandnetze über privatwirtschaftliche Träger meist nur in wirtschaftlich rentablen Gebieten statt und nur mit Technologien, die einen wirtschaftlichen Ausbau ermöglichen. Zu rentablen Erschließungsgebieten zählen u.a. diejenigen mit einem hohen Teilnehmerpotential. Ein Ausbau kann sowohl komplett eigenfinanziert als auch unter Rückgriff auf Fördermittel erfolgen. **Finanzielle Unterstützung der öffentlichen Hand wird meist über ein Zuschussmodell in Anspruch genommen. In solchen Fällen müssen die privaten Netzbetreiber die wirtschaftlichen und regulatorischen Anforderungen des Förderprogramms beachten.**

#### 6.1.2.1 Gesellschaft mit begrenzter Haftung (GmbH)

Die häufigste Rechtsform eines privatwirtschaftlichen Trägers im Kontext des Breitbandausbaus stellt die Gesellschaft mit begrenzter Haftung (GmbH) dar. Rechtsträger ist in diesem Kontext die Kommune, in der Regel mit einem oder mehreren Gesellschaftern[28]. Sie hält meist 100 Prozent der Anteile. Die Geschäftsführer werden von den Kommunen (Stadtverwaltung / Gemeinderat) eingestellt. Diese Rechtsform erlaubt öffentlichen Rechtsträgern großen Gestaltungsspielraum, z.B. flexibel Fremdkapital über Kredite oder Investoren aufzunehmen. Einen weiteren Vorteil stellt für die beteiligten Gesellschafter die Haftungsbeschränkung auf das Stammkapital dar. Zu den Nachteilen zählen hingegen die höheren Hürden für die Förderfähigkeit von GmbHs. Nur öffentlichen Trägern steht eine staatliche Förderung zu. Die Beteiligung von Unternehmen an einer kommunalen GmbH führt zum Ausschluss von Fördermitteln.

Als Variante der GmbH wird häufig die GmbH & Co. KG genutzt, eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung & Compagnie Kommanditgesellschaft. In diesem gesellschaftsrechtlichen Konstrukt ist der unbegrenzt haftende Gesellschafter keine natürliche Person, sondern die GmbH. Über mehrere hinter der Gesellschaft stehende Partner wird das Haftungsrisiko begrenzt. Es werden neben den Kommunen weitere Kommanditisten an der Gesellschaft beteiligt, meist Unternehmen oder Bürger, die von einer Unterversorgung mit Breitband betroffen sind und daher den Breitbandausbau voranbringen möchten. Diese Beteiligten erweitern die Finanzierungsbasis durch Darlehen und Kapital. Auch in dieser Rechtsform ist der Einfluss der Gemeinden als ein Gesellschafter auf die Erfüllung des öffentlichen Auftrages der Breitbandversorgung gesichert. Allerdings ist der Verwaltungsaufwand sowohl bei GmbH als auch bei GmbH & Co. KG sehr hoch und verlangsamt Entscheidungsprozesse.

#### 6.1.2.2 Stiftung

Die Gründung von Stiftungen im Zusammenhang mit dem Breitbandausbau ist nicht sehr verbreitet. Stiftungen zeichnen sich durch einen vom Stifter festgelegten Zweck (Aufgabe) und ein durch ihn bereit gestelltes (Start-) Vermögen bzw. Spenden aus[29]. Bei einer selbstständigen, rechtsfähigen Stiftung, die eine juristische Person darstellt, wird zur Erreichung des vorgegebenen Stiftungszwecks eine rechtsfähige Organisation geschaffen. Rechtsgrundlage bildet das Stiftungsrecht. Eine un-

[27] Siehe u.a. die Möglichkeiten von Anstalten des öffentlichen Rechts bei der Gründung von Unternehmen
[28] Der hessische Landkreis Main-Kinzig ist ein Beispiel für die Gründung einer GmbH als hundertprozentige Tochtergesellschaft des Kreises – die Breitband Main-Kinzig GmbH.
[29] Eine solche Stiftung wurde in Baden-Württemberg von Privatpersonen gegründet, um die Breitbandversorgung in der Heimatgemeinde des Stifterehepaares zu verbessern: Franz und Regine Frauenhoffer Stiftung.

selbstständige, nicht rechtsfähige Stiftung besitzt hingegen keine eigene Rechtspersönlichkeit. Das Stiftungsvermögen wird einem rechtsfähigen Träger als zweckgebundenes Sondervermögen übertragen. Als Stiftung nennen sich teilweise auch Organisationsformen wie Vereine, GmbHs oder Aktiengesellschaften, obwohl sie eine andere Rechtsform besitzen. Sie unterliegen nicht dem Stiftungsrecht. In Rheinland-Pfalz gibt die Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion (ADD), die landesweit zuständige Stiftungsbehörde in Trier, Auskunft über die Rahmenbedingungen einer Stiftungsgründung.

#### 6.1.2.3 Bottom-Up-Modelle

Ein Bottom-up-Ansatz bezieht sich auf die Umsetzung des Breitbandausbaus durch die Endnutzer, Privathaushalte wie Gewerbe und öffentliche Einrichtungen. Ein Bottom-Up-Ansatz wird dort angewandt, wo weder ein privatwirtschaftlicher Ausbau erfolgt noch ein übergeordnetes, gemeinschaftliches Interesse an einem Ausbau besteht. In diesen Fällen können andere Erfolgskriterien des Breitbandausbauprojekts definiert werden als bei einem rein privatwirtschaftlich getragenen Ausbau. Bei diesem stehen betriebswirtschaftliche Rentabilität von Ausbau und Betrieb des Netzes im Vordergrund. In einem Bottom-Up-Modell können hingegen regional spezifische Faktoren berücksichtigt werden: u.a. Standortsicherung der Gewerbe, langfristiger Refinanzierungshorizont, Entscheidung für zukunftsfähige Technologien und nicht für die Günstigste.

Diesen Ansatz widerspiegelnde Organisationsformen umfassen Genossenschaften oder Vereine: In diesen gesellschaftsrechtlichen Konstrukten beteiligen sich die Betroffenen (Endnutzer) finanziell an Breitbandausbauvorhaben und erwirken damit ein Mitspracherecht. Der Beitritt erfolgt über Kauf von Anteilen oder Zahlung von Mitgliedsbeiträgen. Die Realisierbarkeit solcher Bottom-Up-Modelle hängt maßgeblich vom Engagement der Endnutzer ab. Sie können sich nicht nur finanziell an der Errichtung eines Breitbandnetzes über Anteilskauf, Mitgliedsbeitrag und Zustimmung zu einem Vorvertag für einen Breitbandanschluss (Vorvermarktung) einbringen. Vielmehr ist auch organisatorische Unterstützung sowie das Einbringen von Sachleistungen gefragt. Zu letzteren zählen z.B. die kostenlose Durchführung von Tiefbauarbeiten durch lokale Bauunternehmen oder Marketingmaßnahmen durch die Endnutzer.

**Im Gegensatz zu Bottom-Up-Modellen ist bei einem Top-Down-Ansatz ein übergeordnetes politisches Interesse gegeben** (z.B. Breitbanderschließung von Gewerbegebieten in einem Kreis). Diese Ziele werden von der politischen Ebene festgelegt und an untergeordnete Verwaltungseinheiten (z.B. Gemeinden) als Weisung weitergegeben, auch wenn Vor-Ort noch kein Bedarf einer Breitbanderschließung besteht.

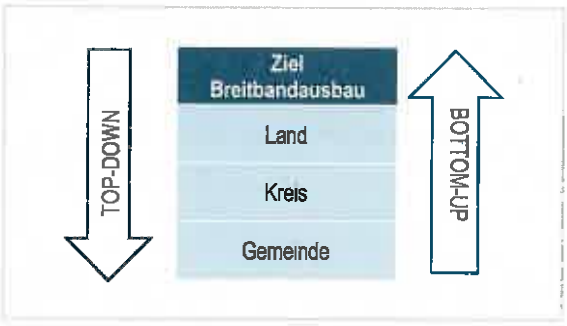



Abbildung 27: Vergleich Top-Down und Bottom-Up Ansatz von Trägermodellen

## Vereine

Eine Möglichkeit eines Breitbandausbaus im Bottom-Up-Ansatz ist die Organisation innerhalb eines Vereins, z.B. einem eingetragenen Verein[30]. Über einen Verein können die Endnutzer als Vereinsmitglieder den lokalen Breitbandausbau selbstbestimmend planen und den Realisierungsprozess steuern. Die Mitgliederversammlung erlaubt eine direkte Einflussnahme auf Entscheidungsprozesse.

Die Netzplanung orientiert sich vorrangig an den Vorgaben der Vereinsmitglieder und nicht an betriebswirtschaftlichen Kriterien. Schließlich wird der Netzausbau über die Mitgliedseinnahmen und Spenden finanziert, wodurch die Geldgeber Einfluss auf die Gestaltung des Netzausbaus nehmen können. Diese Organisationsform schränkt allerdings auch die Umsetzung des Ausbauvorhabens dahingehend ein, dass keine wirtschaftlichen Ziele verfolgt und eine Gewinnerzielung vermieden werden. Ohne eine Erwirtschaftung von Gewinnen stehen nur die Mitgliedseinnahmen für die Begleichung der anfallenden Kosten zur Verfügung. Breitbandanschlüsse werden entsprechend kostengünstig zum Sachpreis bereitgestellt.

## Genossenschaften

Eingetragene Genossenschaften ähneln der Organisationsform Verein und werden vor allem für die Umsetzung von kleinen, regional begrenzten Vorhaben gegründet[31]. Eine Genossenschaft ist ein Zusammenschluss natürlicher bzw. juristischer Personen, die ein festgelegtes Ziel verfolgen – in diesem Fall die Breitbandversorgung. Damit ist auch der Zweck der Selbsthilfe definiert, der Aufbau einer regionalen digitalen Infrastruktur.

Dem Zusammenschluss treten Mitglieder über den Kauf von Genossenschaftsanteilen bei, z.B. Privatpersonen oder Einzelunternehmer aus dem geplanten Erschließungsgebiet für ein Breitbandnetz. Da ein Mindestkapital nicht erforderlich ist, stehen Genossenschaften jedem Bürger offen. Durch Aufnahme neuer Mitglieder wird der Eigenkapitalstock für den Netzausbau erhöht. Fremdkapital kann angesichts der hohen Eigenkapitalquote zu teilweise günstigeren Konditionen eingeworben werden. Die Genossenschaftsmitglieder profitieren wiederum von der beschränkten persönlichen Haftung, lediglich in Höhe ihrer eingebrachten Genossenschaftsanteile.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Mitbestimmung aller Mitglieder über die Generalversammlung. Dadurch werden betriebswirtschaftliche Entscheidungen auf eine breite demokratische Legitimation gestellt. Die damit verbundenen langwierigen Abstimmungsprozesse können notwendige Entscheidungen allerdings auch verzögern.

Im Breitbandausbau übernehmen Genossenschaften vorrangig die Errichtung des passiven Netzes. Für den Netzbetrieb selbst wird in den meisten Fällen hingegen ein Netzbetreiber gesucht, der das genossenschaftliche Netz mietet.

## Fondsgesellschaft

Ähnlich einem Verein oder der Genossenschaft wird bei einer Fondsgesellschaft das Kapital der Endnutzer oder anderer Anleger für den Breitbandausbau genutzt. Mit Beteiligung an einem Fonds werden Anleger gleichzeitig Gesellschafter des Unternehmens. Neben natürlichen Personen können auch Kommunen und juristische Personen Anteile erwerben. Fondsgesellschaften sind eine sinnvolle Organisationsform in größeren Gebieten, in denen ein gewisses Abnehmerpotential von Breitbandanschlüssen gegeben ist, sodass die Auszahlung einer entsprechenden Rendite möglich wird.

---

[30] Ein Beispiel eines Vereins findet sich in Baden-Württemberg. Dort haben sich 178 Gemeinden zum Verein „Förderung neuer Medien und Technologien im ländlichen Raum" zusammengeschlossen. Auch in Thüringen hat eine Gemeinde den Verein „Landnetz e.V." gegründet.
[31] Ein Beispiel einer Genossenschaft mit dem Ziel des Breitbandausbaus ist die fränkische Stadt Herrieden – die „Bürgergenossenschaft Breitband Herrieden".

Organisiert sind Fondsgesellschaften in Form einer Beteiligungsgesellschaft, wie z.B. GmbH & Co. KG[32]. Das Anlegerkapital wird getrennt von Eigenmitteln der Fondsgesellschaft verwaltet, sodass im Falle einer Insolvenz dieses nicht eingezogen wird. Anleger haften lediglich in Höhe der Kommanditeinlagen, die meist nur eine sehr geringe Summe ausmachen.

Ähnlich einem Zweckverband arbeitet die Fondsgesellschaft mit einem Netzbetreiber zusammen, der das Netz errichtet und betreibt. Die Anschlüsse der Gesellschafter (Anleger) werden durch den Netzbetreiber erschlossen; sie zahlen einen monatlichen Anschlussbeitrag.

## 6.2 Öffentlich-Private-Partnerschaften

Die Öffentlich-Private-Partnerschaft (ÖPP) vereint öffentliche und private Träger bei Umsetzung von öffentlichen Aufgaben wie der Errichtung eines Breitbandnetzes. ÖPP-Modelle laufen unter Führung des öffentlichen Trägers, allerdings werden Verantwortung und Aufgabenumsetzung zwischen den Partnern geteilt. **Die Teilung des wirtschaftlichen Risikos zwischen den Partnern stellt einen großen Vorteil im Vergleich zu anderen Betreibermodellen dar, bei denen sich das Risiko auf eine Partei beschränkt.** Eine solche Kooperation soll aber auch vor allem privates Kapital aktivieren: Über die Erhöhung des Kapitalstocks durch Fremdkapital werden die öffentlichen Haushalte entlastet. Grundsätzlich gehen bei einem ÖPP die Partner eine Verpflichtung für eine langfristige Zusammenarbeit ein. **Diese Organisationsform bietet sich vor allem für Netzausbauten an, die aufgrund ihrer hohen Investitionskosten mit einer langen Refinanzierungszeit verbunden oder im Rahmen einer klassischen Auftragsvergabe nicht finanzierbar sind.** Die Projekte profitieren vor allem vom Sachverstand des privaten Trägers, der frühzeitig in den Planungsprozess eingebunden wird.

ÖPP-Modelle können in Form eines Joint Ventures mit vertraglich festgelegten Rechten und Pflichten erfolgen. Der private Träger bringt in die gemeinsam gegründete Projektgesellschaft eine vorhandene Infrastruktur ein, die für einen Breitbandausbau genutzt werden kann. Alle Partner werden in diesem Fall Gesellschafter. In Rheinland-Pfalz hat der Landkreis Cochem-Zell als Erster bundesweit ein kreisweites ÖPP-Modell umgesetzt und die Breitband-Infrastrukturgesellschaft Cochem-Zell mbH (BIG) gegründet. Zu den Gesellschaftern gehören die fünf Verbandsgemeinden und der Landkreis Cochem-Zell sowie das Telekommunikationsunternehmen inexio KGaA, RWE Deutschland AG, Energieversorgung Mittelrhein GmbH und mps public solutions gmbh. Alle 92 Gemeinden werden mit Breitband erschlossen, sowohl wirtschaftlich attraktive wie nicht rentable Gemeinden.

Ein möglicher Nachteil bei Joint Ventures ergibt sich aus der nicht gegebenen Förderfähigkeit, da die meisten Förderprogramme nur Mittel für Kommunen bereitstellen. Bei einem Joint Venture würde jedoch auch ein privates Unternehmen als Zuwendungsempfänger von den Fördermitteln profitieren; dies ist beihilferechtlich problematisch. Der organisatorische Aufwand für die Gründung eines Joint Ventures ist ebenfalls nicht zu unterschätzen. Daher werden ÖPP vorrangig für größere Ausbauprojekte initiiert, die ein entsprechend hohes Projektvolumen mit sich bringen.

Alternativ zu einem Joint Venture kann ein partnerschaftlicher Vertrag zwischen privaten und öffentlichen Trägern geschlossen werden. Die öffentliche Hand vergibt Aufträge für Teilleistungen (z.B. Bau, Wartung und Betrieb) an private Unternehmen. Damit bleibt sie alleiniger Eigentümer der Infrastruktur. Diese Rechtsform erlaubt den Rückgriff auf Fördermittel, da keine beihilferechtlichen Hindernisse existieren.

[32] Beispiel Breitbandnetz GmbH & Co. KG in Schleswig-Holstein für das Gemeindegebiet des Amtes Mittleres Nordfriesland und des Amtes Südtondern sowie der Gemeinde Reußenköge

# 6.3 Zuschussmodell – Förderung Wirtschaftlichkeitslücke

Neben der Errichtung eigener kommunaler Infrastrukturen können Kommunen die Breitbanderschließung durch einen externen Partner durchführen lassen. Dieser erhält für Bau und Betrieb eines Breitbandnetzes einen finanziellen Zuschuss zum Ausgleich der sogenannten Wirtschaftlichkeitslücke. Diese entsteht für einen Netzbetreiber, wenn die Investitionskosten nicht durch die zu erwartenden Einnahmen gedeckt werden und somit kein eigenwirtschaftlicher Ausbau erfolgt. **Finanzielle Unterstützung durch die öffentliche Hand über ein solches Zuschussmodell (auch Kooperationsprinzip genannt) erlaubt es privaten oder kommunalen Unternehmen die Ausbauvorhaben zu wirtschaftlich tragfähigen Bedingungen vor Ort umzusetzen.**

Die Wirtschaftlichkeitslücke hängt u.a. mit der Bevölkerungsstruktur im Anschlussgebiet zusammen. Teilweise existiert eine nur geringe Zahl von potentiellen Endnutzern, deren Erschließung mit Breitband jedoch sehr teuer ist (hohe Kosten für Tiefbauarbeiten). Dann entsteht ein Missverhältnis zwischen Einnahmen und Investitionen (inkl. zu erwartende Betriebskosten). Diese Diskrepanz wird über einen Zeitraum, meist sieben Jahre, berechnet und ergibt die Höhe der Wirtschaftlichkeitslücke.

Im Zuschussmodell schreiben Kommunen Bau, Betrieb und Diensteangebot von NGA-Netzen in einem offenen, transparenten, technologie- und anbieterneutralen Verfahren aus. Häufig fungieren Infrastrukturinhaber und Netzbetreiber in einer Person. Nur in wenigen Fällen wird der Betrieb des Netzes von dessen Errichtung getrennt durchgeführt. **Das Zuschussmodell ist das am weitesten verbreitete in Deutschland. Die Kommunen sind zwar Auftraggeber, allerdings wird das wirtschaftliche Risiko allein durch den Netzbetreiber getragen.** Für Netzbetreiber lohnt sich eine Beteiligung über ein Zuschussmodell trotzdem, denn die finanzielle Unterstützung durch die Kommunen gleicht die Investitionskosten zu einem sehr großen Anteil aus. **Kommunen stellen die Zuschüsse vorrangig über öffentliche Fördermittel bereit.** Diese entstammen Förderprogrammen der EU, des Bundes oder des Landes. Die Zuwendungsempfänger der Fördergelder, die Kommunen, müssen allerdings auch einen Eigenanteil erbringen. Dessen Höhe unterscheidet sich je nach landesrechtlichen Bestimmungen. Wird das Zuschussmodell ohne Rückgriff auf Förderprogramme umgesetzt, ist die gesamte Wirtschaftlichkeitslücke durch die Kommune zu decken.

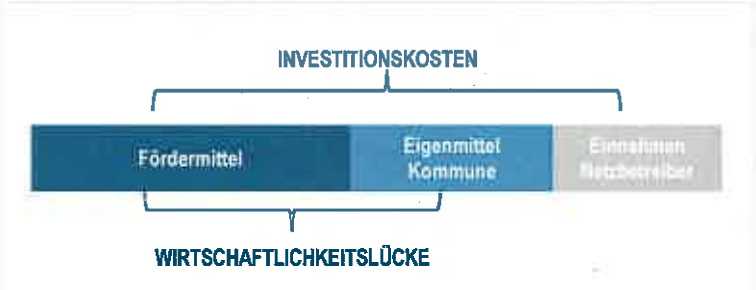



Abbildung 28: Zusammensetzung der Wirtschaftlichkeitslücke

In jedem Fall wird von einem ‚verlorenen' Zuschuss gesprochen, da das neu errichtete Netz im Gegensatz zu einem Betreibermodell nicht in den Besitz der Kommune übergeht. Trotz dessen bringt das Zuschussmodell Vorteile für die Kommunen. **Ein Ausbau kann wesentlich schneller initiiert werden, als es bei der Errichtung kommunaler Infrastrukturen der Fall ist.** Dies ist mit dem geringen organisatorischen Aufwand begründet: **Im Wirtschaftlichkeitslückenmodell ist die Bildung eines Zweckverbands oder eines anderen Betreibermodells obsolet.** Jedoch ist zu berücksichtigen, dass bei einer Förderung der Wirtschaftlichkeitslücke meist ein stufenweiser Ausbau umgesetzt wird. Mehrere Ausbaustufen werden durchlaufen und Kommunen müssen mit zusätzlichen finanziellen Ausgaben rechnen.

# 7.

# Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

# 7.1 Berechnung Wirtschaftlichkeitslücke für den FTTB-Ausbau

## 7.1.1 Herangehensweise und Annahmen

### Methodik

Eine Wirtschaftlichkeitslücke entsteht, wenn die Investitionskosten für den Ausbau eines Breitbandnetzes sowie die kalkulierten späteren Betriebskosten die zu erwartenden Einnahmen des Netzbetreibers übersteigen – z.B. aufgrund einer nicht ausreichender Anzahl potenzieller Endnutzer[33]. Da ein eigenwirtschaftlicher Ausbau in diesem Fall nicht erfolgt, kann der Netzbetreiber für Ausbau und Betrieb finanzielle Unterstützung zum Ausgleich der Differenz erhalten.

Die Wirtschaftlichkeitslücke wird anhand einer Kostenschätzung ermittelt. Als Grundlage dient die Netzplanung und Kalkulation der Investitionskosten in Kapitel 5. Gegenstand der Berechnung ist der Ausbau eines FTTB-Breitbandnetzes für 100 Prozent aller Gebäude in Rheinland-Pfalz. Die potentiell bereits mit einer Bandbreite von 100 Mbit/s versorgten Anschlüsse sind – wie auch im Fall der Kostenberechnung – bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeitslücke ausgenommen. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden verschiedene Szenarien für Investitionskosten (engl. capital expenditure, kurz CAPEX) entworfen und die sich daraus ergebenden Betriebskosten und Einnahmen prognostiziert. Dies geschieht zum einen auf Basis der Ergebnisse der Kostenrechnung, zum anderen aufgrund von Erfahrungswerten aus ähnlichen Projekten, öffentlich zugänglichen Markt- und Preisinformationen sowie den Annahmen von Branchenexperten.

Abbildung 29: Analyseschritte zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeitslücke

Im nächsten Schritt erfolgt die Abschätzung des vorhandenen Kundenpotentials, ebenfalls anhand von Marktdaten, Erfahrungswerten aus vergleichbaren Projekten sowie Studien. Die demografische Entwicklung oder sozio-ökonomische Daten fließen nicht in die Berechnung ein. Die Annahmen von TÜV Rheinland zu Betriebskosten und Einnahmen wurden mit verschiedenen Marktteilnehmern diskutiert und entsprechend verifiziert. Diese Bewertungen sind durch externe Kostenstudien und Erhebungen der Bundesnetzagentur ergänzt.

[33] Siehe Definition des Bundesministeriums für Verkehr und Digitale Infrastruktur in der Richtlinie „Förderung zur Unterstützung des Breitbandausbaus in der Bundesrepublik Deutschland" (Oktober 2015): „Eine Wirtschaftlichkeitslücke ist dabei definiert als Differenz zwischen dem Barwert aller Einnahmen und dem Barwert aller Kosten des Netzaufbaus und –betriebs, für einen Zeitraum von mindestens sieben Jahren".

## ALLGEMEINE ANNAHMEN

### Versorgungslage

Der Ausbau eines FTTB-Breitbandnetzes wird zunächst ausgehend von einer vollständigen Erschließung des Bundeslandes geplant. In Absprache mit dem Auftraggeber erfolgt schließlich der Ausschluss der bereits versorgten Erschließungsgebiete. Zu diesem Zweck bleiben diejenigen Ausbaugebiete, in denen mind. 95 Prozent der Haushalte bereits mit 100 Mbit/s versorgt sind, in der Berechnung unberücksichtigt. Dies entspricht insgesamt 1.072.023 versorgten Haushalten und damit 56,8 Prozent aller Haushalte. Diese Gebiete werden nicht in die Berechnung der Wirtschaftlichkeitslücke einbezogen.

### Investitionskosten

Die für die Berechnung der Wirtschaftlichkeitslücke geschätzten Investitionskosten basieren im Gegensatz zu denen in der Netzplanung nicht auf einem kompletten Netzausbau aller unterversorgten Haushalte (816.353). Stattdessen werden nur Kosten für Haushalte mit einem Kundenpotential berücksichtigt: a) für die aktiven Netzkomponenten für die Kundenanschlüsse und b) für passive Hausanschlüsse lediglich für das Kundenpotenzial. Für Privatkunden beläuft sich dieses auf 806.307 Haushalte, während 10.046 als potentielle Geschäftskunden betrachtet werden. Die Herleitung dieses Wertes ist im Anhang detailliert dargestellt.

Eine weitere Reduzierung der Investitionskosten in der hier durchgeführten Berechnung ergibt sich in Hinblick auf das Backbone-Netz. Die Betreiber besitzen in der Region bereits ausgebaute Backbone-Netze. Die Investitionen, die für den Ausbau dieser Backbone-Netze im Rahmen des FTTB-Ausbaus notwendig werden, würden auch bei einem FTTC-basierten Vollausbau anfallen. Es erfolgt daher keine Berücksichtigung der Investitionskosten für das Backbone-Netz. Die Kosten für die Anbindung an bestehende Backbone-Netze sind hingegen in der Berechnung enthalten.

### Ausbauszenarien

Ausgehend von der Versorgungslage bilden drei Ausbauszenarien die Grundlage der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, die anhand eines Basisszenarios (siehe Anhang) kalkuliert werden:

#### (1) FTTB – 100 Prozent unterversorgte Haushalte

In diesem Szenario werden im Rahmen des Breitbandausbaus alle Haushalte landesweit in solchen Gebieten erschlossen, die bislang unterversorgt im Sinne der o.g. Definition sind.

#### (2) FTTB – 95 Prozent unterversorgte Haushalte

In diesem Szenario werden lediglich 95 Prozent aller unterversorgten Haushalte im Rahmen des Breitbandausbaus erschlossen. Die fünf Prozent der unterversorgten Haushalte, die aufgrund der geo- und topografischen Gegebenheiten im Ausbau am teuersten sind, werden in diesem Szenario außen vor gelassen und deshalb nicht erschlossen.

#### (3) FTTB – Synergiepotentiale

In diesem Szenario werden Synergien genutzt, indem bereits existierende Infrastrukturen in die Planung einbezogen werden. Durch die Nutzung von bestehenden FTTC-Trassen sinken die Kosten des vollständigen FTTB-Ausbaus.

### 7.1.2 Ergebnisse

## Übersicht

Die Berechnungen zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigen sehr deutlich: **Ein Großteil der Investitionen in FTTB-Netze ist für private Telekommunikationsunternehmen (TKU) in Anbetracht der zu geringen zu erwartenden Einnahmen nicht wirtschaftlich refinanzierbar. Im Vollausbauszenario schwanken die Wirtschaftlichkeitslücke und damit der theoretische Förderbedarf zwischen 84 und 94 Prozent der Investitionssumme.**

| Anbieter | Investitions-kosten | Betriebs-kosten | Einnahmen | Barwert Wirtschaftlichkeitslücke | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Positivszenario (110%) | Grundszenario (100%) | Negativszenario (90%) |
| Szenario FTTB Ausbau | 2,493 Mrd. € | 602 Mio. € | 832 Mio. € | - 2.101 Mrd. € | - 2,335 Mrd. € | - 2,568 Mrd. € |
| Szenario FTTB 95 % Ausbau | 1,858 Mrd. € | 498 Mio. € | 740 Mio. € | - 1,521 Mrd. € | - 1,690 Mrd. € | - 1,859 Mrd. € |
| Szenario FTTB Synergieeffekte | 2,136 Mrd. € | 589 Mio. € | 832 Mio. € | - 1.772 Mrd. € | - 1,969 Mrd. € | - 2,166 Mrd. € |

* Werte gerundet

Tabelle 39: Ergebnisübersicht Wirtschaftlichkeitslücke

Ein Positiv- und ein Negativszenario verdeutlichen die Spannweite der Wirtschaftlichkeitslücke. Im Positivszenario (110 Prozent) werden ein höheres Kundenpotenzial und damit höhere Einnahmen erreicht, wodurch die Deckungslücke sinkt. Im Negativszenario (90 Prozent) werden u.a. das Einnahmepotenzial nicht abgerufen oder die Grabungskosten steigen, sodass der Zuschussbedarf die Investitionskosten überschreitet. Wird der Ausbau um die teuersten 5 Prozent der Anschlüsse reduziert, so liegt der Förderbedarf trotzdem noch zwischen 82 und 91 Prozent der Investitionen. Im Negativszenario erhöht sich der Förderbedarf auf 100 Prozent.

**Die Berechnungen verdeutlichen die Bedeutung einer Nutzung von Synergien zur Kostensenkung. Werden die bestehenden Synergien im Ausbau genutzt, reduziert sich der Förderbedarf absolut um ca. 16 Prozentpunkte. Relativ gesehen verringert sich der theoretisch notwendige Förderanteil auf 2 Prozent. Die Ergebnisse bestätigen die aktuellen Markttendenzen, dass TKU nicht flächendeckend in FTTB-Netze investieren. Ein Ausbau ist nur mit hohen Zuschüssen möglich.**

Die Ergebnisse für die drei Ausbauszenarien stellen sich wie folgt dar. Eine detaillierte Betrachtung findet sich im Anhang.

### FTTB – 100 Prozent unterversorgte Haushalte

Die Investitionskosten für einen Ausbau mit FTTB betragen 2,493 Mrd. Euro (reduzierte Summe aufgrund der niedrigeren Hausanschlusskosten gemäß Kundenpotenzial). Das sind die höchsten Investitionskosten aller abgebildeten FTTB-Ausbauszenarien. Falls die Finanzierung der Investitionen durch einen Anbieter erfolgen würde, stellen aufgrund der Höhe sowohl die Beschaffung von Fremdkapital als auch das gebundene Kapital Hinderungsgründe für den Ausbau dar.

| SZENARIO 1: FTTB-AUSBAU 100% DER UNTERVERSORGTEN HAUSHALTE | |
|---|---|
| Investitionskosten | 2.493 Mrd. € |
| Betriebskosten | 602 Mio. € |
| Einnahmen | 832 Mio. € |
| Barwert Wirtschaftlichkeitslücke | |
| Gesamt | 2,334 Mrd. € |
| je Haushalt | 2 860 Euro |

* Werte gerundet

Tabelle 40: Wirtschaftlichkeitslücke FTTB-Ausbau 100 %

Über den Betrachtungszeitraum von sieben Jahren ergeben sich Betriebskosten von 602 Mio. Euro, verursacht insbesondere durch die hohen Betriebskosten für die aktiven und passiven Investitionen. Gegenüber einem FTTC-Ausbau eines alternativen Anbieters entfallen die Kosten für die Teilnehmeranschlussleitungen, da der Anschlussbereich komplett mit Glasfaser überbaut wird. Dies stellt einen erheblichen Vorteil für Wettbewerber dar, da die Einnahmen zur Refinanzierung der Investitionskosten verwendet werden können.

Der Netzbetreiber kann 832 Mio. Euro über den Betrachtungszeitraum einnehmen. Der Barwert der Wirtschaftlichkeitslücke beträgt 2,334 Mrd. Euro. Dies entspricht 2.860 Euro je Haushalt und damit der höchsten Wirtschaftlichkeitslücke aller Ausbauszenarien. Dies wird maßgeblich durch die Investitionskosten beeinflusst. So liegt die Wirtschaftlichkeitslücke bei ca. 94 Prozent der Investitionskosten. Dies zeigt einerseits die geringe Wirtschaftlichkeit der Projekte in Bezug auf das Verhältnis von Kosten und Einnahmen im definierten Betrachtungszeitraum. Andererseits wäre auch die Förderung der passiven Infrastruktur eine Option. Eine Verteilung des Finanzierungsrisikos auf mehrere Beteiligte und die Verlängerung der Refinanzierungszeiträume könnte an dieser Stelle für eine Umsetzung des Ausbauvorhabens sprechen. Dieses Szenario wird im Folgenden Abschnitt untersucht.

### FTTB – 95 Prozent unterversorgte Haushalte

Mit über 2,160 Mrd. Euro für einen FTTB-Ausbau für 95 Prozent der unterversorgten Haushalte fallen die geringsten Investitionskosten aller betrachteten Ausbauszenarien an, da sich Aufwände für Tiefbau etc. verringern. **Die Investitionshöhe liegt damit 25 Prozent unter einem Vollausbau. Dieser Zusammenhang verdeutlicht den hohen Kostenanteil der 5 Prozent am teuersten zu erschließenden Haushalte im Bundesland.**

| SZENARIO 2: FTTB-AUSBAU 95% DER UNTERVERSORGTEN HAUSHALTE | |
|---|---|
| Investitionskosten | 1.858 Mrd. € |
| Betriebskosten | 498 Mio. € |
| Einnahmen | 740 Mio. € |
| Barwert Wirtschaftlichkeitslücke | |
| Gesamt | 1,689 Mrd. Euro |
| je Haushalt | 2.373 Euro |

* Werte gerundet

Tabelle 41: Wirtschaftlichkeitslücke FTTB-Ausbau 95 %

Die Betriebskosten liegen nur bei 498 Mio. Euro über den Betrachtungszeitraum von sieben Jahren. Dies entspricht gleichfalls den niedrigsten Betriebskosten im Verhältnis zu den anderen beiden Ausbauszenarien. Die Einnahmen betragen im Gegensatz dazu jedoch lediglich 740 Mio. Euro. Dieser niedrigere Wert ergibt sich aus der geringeren Anzahl an ausgebauten Haushalten. Denn der Verzicht auf den Ausbau der teuersten 5 Prozent der Haushalte bedingt zugleich einen Verlust des Kundenpotenzials.

Die Wirtschaftlichkeitslücke beträgt in diesem Ausbauszenario 1,689 Mrd. Euro, das 2.373 Euro je Haushalt entspricht. **In der Konsequenz bedeutet dies einen geringeren Förderbedarf gegenüber den Szenarien Vollausbau und Synergieeffekte. Die Wirtschaftlichkeitslücke liegt aber immer noch bei 91 Prozent der Investitionskosten.**

## FTTB – Synergiepotentiale

Die Investitionskosten für einen Ausbau der unterversorgten 816.353 Haushalte mit FTTB betragen 2,136 Mrd. Euro. **Einsparpotentiale werden durch die gezielte Nutzung vorhandener FTTC-Trassen und weiteren Infrastrukturen erreicht. Dadurch reduziert sich die Anzahl neu zu errichtender Infrastrukturen (geringere Tiefbaukosten), weswegen in diesem Szenario niedrigere Investitionskosten als im Fall eines Komplettausbaus anfallen.**

| SZENARIO 3: FTTB-AUSBAU MIT SYNERGIEEFFEKTEN | |
|---|---|
| Investitionskosten | 2,136 Mrd. € |
| Betriebskosten | 589 Mio. € |
| Einnahmen | 832 Mio. € |
| Barwert Wirtschaftlichkeitslücke | |
| Gesamt | 1,969 Mrd. Euro |
| je Haushalt | 2.412 Euro |

* Werte gerundet

Tabelle 42: Wirtschaftlichkeitslücke FTTB-Ausbau mit Synergieeffekten

Die Betriebskosten betragen 589 Mio. Euro über einen Betrachtungszeitraum von sieben Jahren. Auch hier fallen wiederum keine Gebühren für die Teilnehmeranschlussleitung an. Allerdings entstehen aufgrund der hohen Investitionskosten erneut hohe aktive und passive Betriebskosten für das Netz. Mit 832 Mio. Euro kann der Anbieter Einnahmen in gleichem Umfang wie im ersten Ausbauszenario erzielen, da die gleiche Anzahl von Haushalten mit FTTB erschlossen wird.

Der Barwert der Wirtschaftlichkeitslücke beträgt 1,969 Mrd. Euro, d.h. 2.412 Euro je Haushalt. Der Wert ist geringer als im Fall eines FTTB-Vollausbaus, jedoch höher als im 95-Prozent-Szenario. **Die Nutzung der Synergiepotentiale überschreitet nicht die Einsparpotentiale eines 95-prozentigen Ausbaus.**

## SENSITIVITÄTSANALYSE

Mithilfe einer Sensitivitätsanalyse wird die Stabilität der kalkulierten Ergebnisse überprüft, wenn sich die zugrundeliegenden Eingangsdaten verändern (siehe Kapitel 6). Bei Variation der Parameter im Fall des FTTB-Vollausbaus verändert sich die Höhe der Wirtschaftlichkeitslücke.

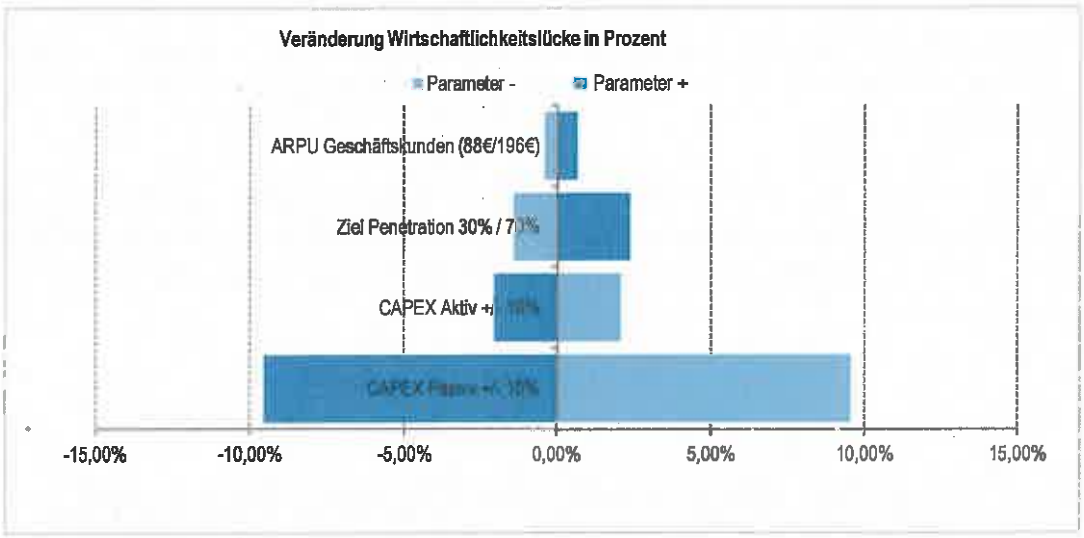



Abbildung 30: Sensitivität der Wirtschaftlichkeitslücke

Einen entscheidenden Faktor stellt die durchschnittliche Einnahmenhöhe je Kunde dar (engl. Average Revenue Per User, ARPU). Wird dieser ARPU für Geschäftskunden vom Netzbetreiber anstatt mit 130 Euro mit 196 Euro angesetzt, ergibt sich eine 0,7 Prozent geringere Wirtschaftlichkeitslücke. Dies entspricht einem geringeren Förderbedarf in Höhe von 15 Mio. Euro. Die Erhöhung der Kosten führt hingegen zu einem höheren Förderbedarf: Die Wirtschaftlichkeitslücke steigt um 9,5 bzw. 2,1 Prozent.

| VARIATION DER WIRTSCHAFTLICHKEITSLÜCKE IM FTTB 100-%-SZENARIO | | |
|---|---|---|
| Parameter | Veränderung der Wirtschaftlichkeitslücke | |
| Investitionskosten (engl. Abkürzung CAPEX) - passiv Variation von +/- 10% | 9,54 % | - 9,54 % |
| Investitionskosten (engl. Abkürzung CAPEX) - aktiv Variation von +/- 10% | 2,1 % | - 2.1 % |
| Ziel-Penetration (Ausschöpfung Kundenpotenzial) Variation von 30% bzw. 70% | - 1,4 % | 2,4 % |
| Durchschnittliche Einnahmen (ARPU) Geschäftskunden Variation von 88 € bzw. 196 € | - 0,4 % | 0,7 % |

Tabelle 43: Variation der Wirtschaftlichkeitslücke beim FTTB-Vollausbau

Eine Steigerung der Einnahmen und Zielpenetration hat demgegenüber einen geringeren Förderbedarf zur Folge: Die Wirtschaftlichkeitslücke fällt um 1,4 bzw. 0,4 Prozent. Dies liegt in dem Umstand begründet, dass durch höhere Endkundenpreise

und Penetrationsraten eine höhere Wirtschaftlichkeit des Ausbauprojektes erreicht wird. Eine Kombination beider Variationen ist jedoch nicht realistisch, da höhere Preise für geringere Vermarktungsquoten sprechen würden.

**Es zeigt sich, dass sowohl die aktiven als auch die passiven Investitionskosten maßgebend für die Veränderung der Wirtschaftlichkeitslücke sind:** Eine Variation der passiven Investitionskosten um 10 Prozent geht einher mit einer Veränderung der Wirtschaftlichkeitslücke von 9,5 Prozent. Diese Variation entspricht mehr als 223 Mio. Euro. Im Vergleich zu Kapitel 6 werden nicht die Preise für einzelne Netzkomponenten variiert, sondern die Gesamtkosten für passive und aktive Technik 10 Prozent höher bzw. niedriger angenommen, d.h. eine kumulierte Auswirkung abgebildet. Alle weiteren Parameter besitzen einen Einfluss von weniger als 3 Prozent. Allerdings ergibt dies z.B. für die aktiven Investitionskosten immer noch eine Summe von 48 Mio. Euro.

**Auf der Einnahmenseite spielt die Zielpenetration (Abschöpfung des Kundenpotenzials) eine übergeordnete Rolle, da sowohl Einnahmen als auch kundenabhängige Betriebskosten von einer Veränderung dieses Wertes abhängen.** Der Faktor ARPU, also die durchschnittliche Einnahmenhöhe je Geschäftskunde, besitzt dagegen eine geringere Auswirkung auf den Förderbedarf.

# 7.2 Modellrechnung Betreibermodell am Beispiel des Landkreises Mainz-Bingen

## 7.2.1 Zielsetzung

**Die vorangegangenen Berechnungen verdeutlichen, dass die Investitionen in FTTB-Netze unter den heutigen Marktvoraussetzungen nicht von TKU getragen werden können. Lediglich die Verwendung hoher Fördersummen mit geringem Förderhebel würde den Unternehmen eine wirtschaftliche Realisierung derartiger Ausbauvorhaben gestatten.** Es ist deshalb zu prüfen, welche alternativen Betreibermodelle für die Umsetzung in Frage kommen. Wie bereits im Kapitel 3.3 Marktakteure aufgezeigt, können Kooperationsmodelle zwischen Kommunen, Versorgern und TKU durch längere Refinanzierungszeiträume bessere Voraussetzungen für den Ausbau von FTTB-Netzen schaffen. Im Folgenden wird daher untersucht, unter welchen Bedingungen ein solches Vorgehen für alle beteiligten Akteure wirtschaftlich tragbar ist.

Hierzu wird anhand eines ausgewählten Landkreises exemplarisch ein spezifisches Betreibermodell untersucht. Bei einem solchen Betreibermodell baut die öffentliche Hand das passive Glasfasernetz, das sich danach in ihrem Besitz befindet, und vermietet es anschließend an einen Betreiber. Dieser ist verantwortlich für die aktive Technik, den eigentlichen Betrieb des Netzes sowie die zur Verfügung gestellten Kundenprodukte und deren Vermarktung. Für die Erlaubnis zur Nutzung des passiven Netzes zahlt der Anbieter eine Pacht, die die öffentliche Hand zur Refinanzierung der Investition nutzt.

Die nachfolgende Modellrechnung soll anhand einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aufzeigen, zum einen welche Mindestpacht je Anschluss die öffentliche Infrastrukturgesellschaft mindestens als Einnahmen erzielen muss, um die Baukosten für das kommunale Glasfasernetz zu refinanzieren, und zum anderen welche Aufwendungen für die Pachtausgaben die private Betreibergesellschaft maximal tragen kann, um den Betrieb wirtschaftlich zu gestalten.

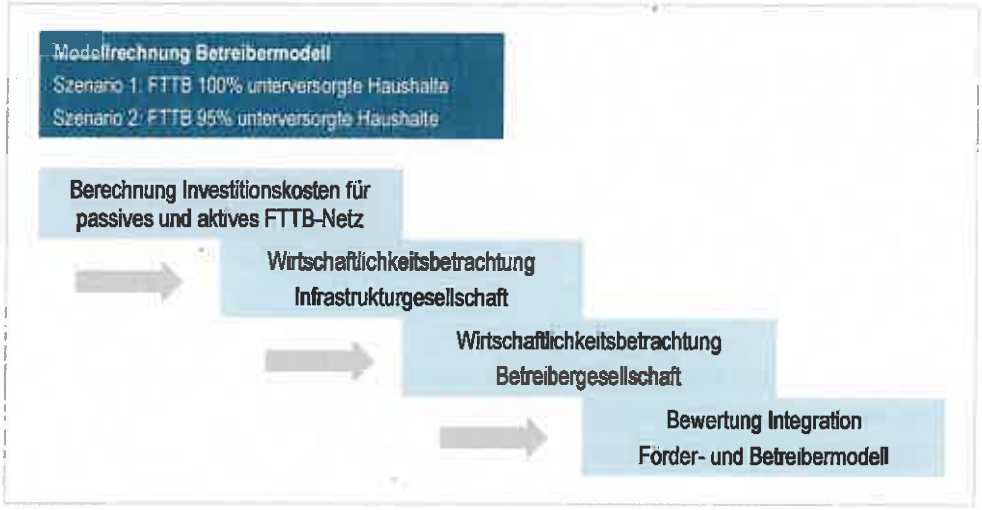



Tabelle 44: Vorgehensweise zur Modellrechnung eines Betreibermodells

**Diese Berechnung kann die Basis für zukünftige kommunalpolitische Entscheidungen über die Wahl von Trägermodellen und Finanzierungsinstrumenten bilden.**

Zur Veranschaulichung wird dieses auch Pachtmodell genannte Betreibermodell am Beispiel des Landkreises Mainz-Bingen dargestellt. Die Auswahl des Kreises basiert auf einer Kosten-Nutzen-Betrachtung. Hierfür wurden die notwendigen Investitionskosten im Verhältnis zum Grad der Unterversorgung bei Breitbandanschlüssen mit 50 Mbit/s betrachtet. Das Kundenpotential ist im Landkreis sehr hoch bei durchschnittlichen Ausbaukosten pro Haushalt von 2.719 €. Aufgrund der Unterversorgung von 60 Prozent der Haushalte wird davon ausgegangen, dass die Wechselbereitschaft der Kunden gering ist (ihre Breitbandversorgung würde sich in jedem Fall deutlich verbessern) und ein Betreiber ein großes Kundenpotential abschöpfen kann. Der Kreis Mainz-Bingen bietet nach diesen Kriterien die günstigsten Voraussetzungen im Vergleich aller Landkreise und kreisfreien Städte in Rheinland-Pfalz, um als Beispiel für ein Pachtmodell in dieser Studie zu dienen.

### 7.2.2 Herangehensweise und Annahmen

Grundlage der Modellberechnung bilden die detaillierten Investitionskosten für den Ausbau eines FTTB-Netzes sowohl für 100 Prozent als auch 95 Prozent der unterversorgten Haushalte (vgl. Kapitel 5). Die Kalkulation zeigt dabei die grundsätzlichen Kosten- und Einnahmenverhältnisse auf, ersetzt jedoch nicht eine detaillierte Business-Planung.

Im Landkreis Mainz-Bingen sind bereits 40 Prozent der Haushalte mit Anschlüssen mit einer Bandbreite von mindestens 100 Mbit/s versorgt. Für das Szenario des FTTB-Vollausbaus werden daher die Investitionskosten für 53.225 private Haushalte und 642 Gewerbe, die bislang unterversorgt sind, berechnet. Im Szenario zur Erschließung von 95 Prozent der Haushalte mit den geringsten Investitionskosten werden 51.174 Anschlüsse in der Kalkulation einbezogen.

| KUNDENPOTENTIAL IM LANDKREIS MAINZ-BINGEN | | |
|---|---|---|
| Kategorien | Szenario FTTB 100 % | Szenario FTTB 95 % |
| Haushalte (gesamt) | 89 812 | |
| Unterversorgte Haushalte (< 100 Mbit/s) | 53 867 | |
| Anschlüsse | 53 867 | 51 174 |
| Potentielle Kunden | 24 240 | 23 028 |

Tabelle 45: Kundenpotential in der Modellrechnung

Wie bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeitslücke wird eine Zielvermarktungsquote von 45 Prozent angenommen, die im dritten Jahr des Betriebs erreicht wird (siehe Kapitel 7.1). Diese Vermarktungsquote und deren Einfluss sowohl auf die zu zahlende Pacht je Kunde als auch die Wirtschaftlichkeit werden in den folgenden Abschnitten näher untersucht.

Bei der Modellberechnung wird für die öffentliche Hand ein langfristiger Betrachtungszeitraum von 30 Jahren angenommen, da es sich um den Aufbau einer Infrastruktur handelt. In der Realität würde die Bauphase in verschiedenen Losen über einen Zeitraum von mehreren Jahren erfolgen. Zur Vereinfachung wird angenommen, dass im Jahr 0 die Planung und der Bau erfolgen, während sich die Betriebsphase auf die Jahre 1-30 erstreckt. Im Unterschied dazu wird bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Betreibergesellschaft ein kürzerer Betrachtungszeitraum von nur sieben Jahren zugrunde gelegt, da diese privatwirtschaftlich und damit mittelfristig gewinnorientiert arbeitet.

Auf Seiten der Infrastrukturgesellschaft werden neben den Investitionskosten für die passive Infrastruktur auch die Betriebskosten für Planung und Verwaltung der passiven Infrastruktur berücksichtigt. Für die Planungs- und Bauphase sowie für die Betriebsphase werden sowohl Personalkosten als auch Geschäftskosten z.B. für Miete kalkuliert. Neben diesen Kosten werden Planungs- und Beratungsleistungen wie die Erstellung von Netzkonzepten und strategischer Planung sowie rechtliche, technische und betriebswirtschaftliche Beratung (z.B. Ausschreibungsbegleitung) in der Rechnung betrachtet[34].

| ANNAHMEN VERWALTUNGSKOSTEN INFRASTRUKTURGESELLSCHAFT PRO JAHR | | |
|---|---|---|
| Verwaltungskosten | Planungs-/Bauphase | Betriebsphase |
| Planung/Beratungsleistung | 400.000 € | - |
| Personalkosten | 145.000 € | 85.000 € |
| Geschäftskosten | 50.000 € | 50.000 € |
| **Gesamt** | **595.000 €** | **135.000 €** |

Tabelle 46: Verwaltungskosten der Infrastrukturgesellschaft beim Betreibermodell

Aufgrund des modellhaften Charakters der Berechnung wird zunächst angenommen, dass weder Betriebskosten noch Einnahmen ansteigen. Dass mit höheren Bandbreiten auch deutlich höhere Einnahmen im Privatkundensektor erzielt werden, erscheint unwahrscheinlich.

Für die passive Infrastruktur wird eine Finanzierungsdauer von 30 Jahren zugrunde gelegt. Die Finanzierungskosten werden mit einer Fremdkapitalquote von 100 Prozent berechnet. Die Finanzierung erfolgt durch ein Annuitätendarlehen mit einem Zinssatz von 2,5 Prozent p.a.

[34] Die Höhe der Kosten wurde auf Basis vergleichbarer Projekte definiert.

### 7.2.3 Ergebnisse

#### Ergebnisse aus Sicht der Infrastrukturgesellschaft

Für den Landkreis Mainz-Bingen belaufen sich die Kosten über 30 Jahre im FTTB 100 %-Ausbauszenario auf 155,3 Mio. Euro, im FTTB 95%-Szenario immer noch auf 140,4 Mio. Euro.

| KOSTENBESTANDTEILE INFRASTRUKTURGESELLSCHAFT ÜBER 30 JAHRE | | |
|---|---|---|
| Kosten | Szenario FTTB 100 % | Szenario FTTB 95 % |
| Investitionskosten passive Infrastruktur | 105,1 Mio. € | 94,7 Mio. € |
| Finanzierungskosten | 45,6 Mio. € | 41,1 Mio. € |
| Verwaltungskosten* | 4,6 Mio. € | 4,6 Mio. € |
| **Gesamt** | **155,3 Mio. €** | **140,4 Mio. €** |

*Gesamte Verwaltungskosten über 30 Jahre

Tabelle 47: Kostenbestandteile der Infrastukturgesellschaft

Legt man diese Kosten auf die Zahl der Anschlüsse oder die tatsächlichen Kunden im Landkreis um, müsste der private Betreiber bei einem vollausgebauten Netz über einen Zeitraum von 30 Jahren je Anschluss eine Pacht von 8,01 Euro pro Monat an den öffentlichen Eigentümer des passiven Netzes zahlen. Dann könnte dieser seine Investitions-, Verwaltungs- und Finanzierungskosten refinanzieren. Wird die angenommene Vermarktungsquote bei 45 Prozent angesetzt, wäre pro Kunde stattdessen sogar eine Pacht von 17,80 Euro zu entrichten. Bei einem Ausbau von 95 Prozent der unterversorgten Haushalte sinkt die monatliche Pacht auf 7,62 Euro je Anschluss bzw. 16,94 Euro pro Kunde.

| PACHT JE ANSCHLUSS UND KUNDE | | |
|---|---|---|
| Pacht pro Monat | Szenario FTTB 100 % | Szenario FTTB 95 % |
| Pacht je Anschluss | 8,01 € | 7,62 € |
| Pacht je Kunde | 17,80 € | 16,94 € |

Tabelle 48: Monatliche Pacht je Anschluss und Kunde

Je nach Pachtmodell liegt das Vermarktungsrisiko entweder bei der Infrastruktur- oder der Betreibergesellschaft. Zielstellung der Infrastrukturgesellschaft ist es, eine Pacht für jeden angeschlossenen Haushalt über einen langen Pachtzeitraum zu erzielen. In diesem Fall trägt der Betreiber des Netzes das Vermarktungsrisiko. Demgegenüber bevorzugt der Betreiber eine Pacht je Kunde über einen weitaus kürzeren Zeitraum als 30 Jahre. Die Pacht je Kunde verändert sich dabei mit dem Kundenpotential, da die Pachtzahlungen auf die Anzahl der Kunden umgelegt werden: je größer das Kundenpotential, desto geringer die fällige Pacht pro Kunde.

| PACHT JE ANSCHLUSSQUOTE | | |
|---|---|---|
| Pacht pro Monat | Szenario FTTB 100 % | Szenario FTTB 95 % |
| Pacht je Kunde (Anschlussquote 30%) | 26,70 € | 25,41 € |
| **Pacht je Kunde (Anschlussquote 45%)** | **17,80 €** | **16,94 €** |
| Pacht je Kunde (Anschlussquote 60%) | 13,35 € | 12,71 € |

Tabelle 49: Monatliche Pacht je Anschluss und Kunde nach Anschlussquote

Unter der Annahme, dass Ende 2014 in Deutschland 85 Prozent der Haushalte und Unternehmen über einen Festnetzanschluss verfügten (vgl. Kapitel 7.1), müsste die Betreibergesellschaft bei einer Vermarktungsquote von 60 Prozent der Haushalte mehr als 70 Prozent der bestehenden Festnetzanschlüsse als Kunden gewinnen. Dies ist in einer normalen Wettbewerbssituation unwahrscheinlich.

Zwar könnte sich eine Reduzierung der Endkundenpreise in höheren Anschlussquoten äußern. Allerdings hätte dies für die Betreibergesellschaft negative Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebs. Ein Erfolgsfaktor kann deshalb beispielsweise eine hohe Kundenbindung über den lokalen Charakter eines im Landkreis durchgeführten Projektes sein, wie es in Bürgernetzen in Norddeutschland bereits erfolgreich praktiziert wird. Die bei derartigen Projekten oftmals erwartete Anschlussquote von 60 Prozent kann im Ausbaugebiet Mainz-Bingen angesichts der gegebenen Wettbewerbs- und Nachfragesituation allerdings wahrscheinlich nicht erreicht werden. Deshalb ist davon auszugehen, dass beim Ausbau anhand einer festen Vorvermarktungsquote einige Gebiete aufgrund eines zu geringen Kundenpotentials weiterhin unterversorgt bleiben.

## Ergebnisse aus Sicht einer Betreibergesellschaft

Für die Betreibergesellschaft zeigt sich im Vergleich zur Infrastrukturgesellschaft ein differenziertes Bild: Die aufgeführten Pachten für den Betrieb des passiven Netzes stellen Kosten dar, die der Betreiber durch die erfolgreiche Vermarktung des Netzes decken muss. Neben diesen Kosten sind in der Kalkulation Betriebskosten für den Zeitraum von sieben Jahren berücksichtigt (z.B. Rechnungstellung, IT-Systeme, Energie- und Mietkosten). Zusätzlich zu den passiven Investitionskosten muss die Betreibergesellschaft die aktiven Teile des FTTB-Netzes errichten, u.a. die zentralen Knotenpunkte (PoP) und die kundenseitigen Micro-DSLAMs. Die Kosten für die Endgeräte trägt der Betreiber entweder selbst oder erhebt hierfür eine Mietgebühr von den Kunden.

| KOSTENBESTANDTEILE BETREIBERGESELLSCHAFT | | |
|---|---|---|
| Kosten | Szenario FTTB 100 % | Szenario FTTB 95 % |
| Investitionskosten aktive Infrastruktur | 25,5 Mio. € | 23,1 Mio. € |
| Betriebskosten (inkl. Pacht) | 65,7 Mio. € | 60,8 Mio. € |
| **Gesamt** | **91,1 Mio. €** | **84,0 Mio. €** |

Tabelle 50: Kostenbestandteile der Betreibergesellschaft

Legt man die Gesamtkosten von 91,1 bzw. 84 Mio. Euro je nach Ausbauszenario zugrunde, zeigt sich, dass die Betreibergesellschaft das kommunale FTTB-Netz bei einer Mindestpacht von 17,80 Euro bzw. 16,94 Euro voraussichtlich nicht wirtschaftlich betreiben könnte. Die Wirtschaftlichkeitslücke liegt zwischen 29,4 und 33,7 Mio. Euro für den Betreiber. Dieses Ergebnis basiert auf der Annahme, dass der Betreiber in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einen Bewertungszeitraum von sieben Jahren zugrunde legt.

| WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG BETREIBERGESELLSCHAFT | | |
|---|---|---|
| Kosten | Szenario FTTB 100 % | Szenario FTTB 95 % |
| Investitions- und Betriebskosten für aktives FTTB-Netz (inkl. Pacht) | 91,1 Mio. €* | 84,0 Mio. €* |
| Einnahmen | 54,8 Mio. €* | 52,7 Mio. €* |
| **Barwert Wirtschaftlichkeitslücke** | **- 33,7 Mio. €**** | **- 29,4 Mio. €**** |

*nicht diskontiert **diskontiert

Tabelle 51: Wirtschaftlichkeitslücke der Betreibergesellschaft

### 7.2.4 Kombination der Modelle Förderung und Betreibermodell

Indem der privaten Betreibergesellschaft Zuschüsse gewährt werden oder der Netzausbau der kommunalen Infrastrukturgesellschaft gefördert wird, lässt sich die Wirtschaftlichkeit eines Ausbauvorhabens erhöhen. Hierzu wird im Folgenden der Fördermittelbedarf ermittelt, der für realistische Pachtzahlungen des Betreibers notwendig erscheint.

#### FTTB-Ausbauszenario 100 Prozent

Die folgende Tabelle zeigt für das Vollausbauszenario, wie sich Veränderungen der Anschlussquote (30-60 %) sowie der Förderquote für die passive Infrastruktur (10-50 %) auf die Wirtschaftlichkeit des Ausbauvorhabens aus Betreibersicht auswirkt. So ergibt sich ein positiver Barwert der Wirtschaftlichkeitslücke in grün (+) und ein negativer in rot (-).

| WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG BETREIBERGESELLSCHAFT – SZENARIO FTTB 100 % | | | |
|---|---|---|---|
| | Förderquote 10 % | Förderquote 30 % | Förderquote 50 % |
| Anschlussquote 30 % | - | - | - |
| Anschlussquote 45 % | - | - | - |
| Anschlussquote 60 % | - | - | - |

Tabelle 52: Wirtschaftlichkeitslücke nach Anschluss- und Förderquote bei FTTB 100 Prozent

**Die Ergebnisse zeigen, dass bei einer vollständigen Erschließung des Landkreises Mainz-Bingen** auch bei größtmöglichen positiven Annahmen (Förderung von 50 Prozent der Investitionskosten der Infrastrukturgesellschaft und eine Marktpenetration von 60 Prozent) **kein wirtschaftlicher Betrieb des Netzes zu erwarten ist.** Die Pacht je Kunde liegt in diesem Szenario nur noch bei 9,16 Euro je Monat. Dennoch werden die Investitionen in die aktive Technik und die laufenden Betriebskosten nicht durch die Einnahmen im Zeitraum von sieben Jahren gedeckt.

Die Betrachtung ist jedoch auf diese sieben Jahren beschränkt. **Die Ergebnisse verdeutlichen das Ungleichgewicht zwischen den Ausbaukosten (Jahr 0) und der aktuell geringen Zahlungsbereitschaft und Vermarktungsquote für hochbitratige Anschlüsse (Jahr 1-7). Die Vorteile des Ausbaus eines leistungsfähigen NGA-Netzes kommen erst zum Zuge und werden von einem Betreiber monetarisiert, wenn künftig die Bandbreitennachfrage steigt.**

#### FTTB-Ausbauszenario 95 Prozent

Positiver stellt sich das Szenario zur Erschließung von 95 Prozent der unterversorgten Haushalte dar. In diesem Fall wird bei einer Anschlussquote von mindestens 45 Prozent sowie einer gleichzeitigen Förderquote von 50 Prozent für die Investitionskosten der Infrastrukturgesellschaft ein positiver Barwert der Wirtschaftlichkeitslücke erreicht.

| WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG BETREIBERGESELLSCHAFT – SZENARIO FTTB 95 % | | | |
|---|---|---|---|
| | Förderquote 10 % | Förderquote 30 % | Förderquote 50 % |
| Anschlussquote 30 % | - | - | - |
| Anschlussquote 45 % | - | - | + |
| Anschlussquote 60 % | - | - | + |

Tabelle 53: Wirtschaftlichkeitslücke nach Anschluss- und Förderquote bei FTTB 95 Prozent

Erst unter diesen Voraussetzungen erscheint ein wirtschaftlicher Betrieb des FTTB-Netzes aus Betreibersicht möglich. Nur bei einer Förderung der Errichtung des passiven Netzes mit einer Quote von 50 Prozent – die Pacht je Kunde sinkt dann auf 8,75 Euro – können positive Ergebnisse bei Vermarktungsquoten von mehr als 45 Prozent erzielt werden.

Die geringe Wirtschaftlichkeit ergibt sich auch aus dem Fördergebiet. Entsprechend den zugrunde gelegten Ausbauszenarien werden lediglich solche Gebiete ausgebaut, in denen 95 Prozent der Haushalte mit weniger als 100 Mbit/s versorgt sind. Dabei handelt es sich um Regionen, in denen die Marktakteure nur eingeschränkt oder keinen eigenwirtschaftlichen Ausbau umsetzen. Dies liegt in den hohen Ausbaukosten begründet, die in einem ländlich geprägten Landkreis mit geringer Einwohnerdichte anfallen. Zudem würde ein Betreiber auch die aktuellen Vermarktungsquoten und den demografischen Wandel in seine Betrachtung einbeziehen und das Kundenpotential im betreffenden Gebiet entsprechend bewerten (siehe Kapitel 7.3).

Die untersuchten Ausbauszenarien greifen nicht auf Leerohrkapazitäten zurück. Aus diesem Grund weist das dargestellte Pachtmodell tendenziell konservative Ergebnisse aus. Synergietrassen würden jedoch bei einer detaillierten Planung auf Landkreisebene berücksichtigt. Aus der möglichen Nutzung von vorhandenen Leerrohren und Infrastrukturen resultieren Einsparpotentiale und verbesserte wirtschaftliche Ergebnisse (siehe Abschnitt 5.2.5.2).

### FAZIT

Die Modellrechnung für ein Betreibermodell im Landkreis Mainz-Bingen zeigt, dass sowohl von einer Infrastrukturgesellschaft als auch einer Betreibergesellschaft grundsätzlich verschiedene Zielstellungen verfolgt werden. Die öffentliche Hand bevorzugt ein geringes Vermarktungsrisiko und eine langfristigen Refinanzierung des passiven Netzes. Die private Betreibergesellschaft ist zwar ebenfalls an einem geringen Vermarktungsrisiko interessiert, zielt aber zusätzlich auf eine kurz- bis mittelfristige Refinanzierung seiner Investitionen ab. Das gewählte Pachtmodell bestimmt das Vermarktungsrisiko, je nachdem ob die Pacht je angeschlossenem Haushalt oder je Kunde zu entrichten ist.

Durch die Einsparpotentiale im 95-Prozent-Szenario sinken die Investitionskosten, wodurch geringere Pachten für den Betreiber ermöglicht werden. Ein wirtschaftlicher Betrieb des Netzes aus Sicht der Betreibergesellschaft und gleichzeitig eine erfolgreiche Refinanzierung der Investitionskosten aus Sicht der Infrastrukturgesellschaft setzen allerdings voraus, dass das Betreibermodell durch eine erhebliche Förderung der Investitionskosten für die passiven Infrastrukturen unterstützt wird.

Grundsätzlich bildet eine solche Modellrechnung einen wichtigen Baustein in der Analyse des für den Landkreis besten Trägermodells und dessen Ausgestaltung. Im nächsten Schritt kann über eine Machbarkeitsstudie ein umsetzbares Modell entwickelt werden, das u.a. auf Basis einer Marktkonsultation die Investitionsvoraussetzungen der Akteure berücksichtigt. Dann liegt eine vollständige Entscheidungsvorlage für den Landkreis vor, wie ein netzausbau erfolgen kann.

# 7.3 Kosten-Nutzen-Analyse

Die Ergebnisse der Planung eines FTTB-Netzes werden einer Kosten-Nutzen-Analyse unterzogen. In diesem Fall erfolgt eine Bewertung der Kosten eines Netzausbaus vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung im Land. Als Datenbasis dient die Erhebung des Statistischen Landesamtes von Rheinland-Pfalz[35].

## Demografische Entwicklung

Ausgangspunkt bildet die Analyse der Bevölkerungsentwicklung. Die Betrachtung zeigt große regionale Unterschiede, wie sie auch in der Breitbandversorgung zu beobachten sind. Während die kreisfreien Städte in den letzten Jahren leicht an Einwohnern hinzugewannen, sinkt die Bevölkerungszahl in den Landkreisen mehrheitlich[36]. Gut ein Viertel der Bürger lebt in Rheinland-Pfalz in den kreisfreien Städten und etwas weniger als drei Viertel in den Landkreisen. Auch in Hinblick auf das Medianalter werden die Unterschiede deutlich: In den Städten liegt das durchschnittliche Alter bei 43 Jahre, in den Landkreisen hingegen bei 47 Jahren.

**Die Analyse der vorliegenden Daten für Besiedlung, Lage, Demographie und Infrastruktur verweist auf eine bestehende Wechselwirkung zwischen den regionalen Strukturmerkmalen und der Breitbandversorgungssituation. Eine ländlichere Prägung eines Raumes bedingt eine schlechtere Versorgungssituation, da für Netzbetreiber oftmals ein eigenwirtschaftlicher Ausbau der Breitbandinfrastruktur nicht darstellbar ist.** Die durchschnittliche Versorgung mit Bandbreiten größer 100 Mbit/s erreicht in den 12 kreisfreien Städten 85 Prozent, im Rest des Landes 45 Prozent im Durchschnitt.

Besonders flächenreiche Kreise wie *Bernkastel-Wittlich* oder *Vulkaneifel* im Nordwesten des Landes weisen geringe Versorgungsgrade auf. Diese Kreise sind stark ländlich geprägt, verfügen über eine geringe Bevölkerungsdichte und einen niedrigen Siedlungsflächenanteil. Sie können als Archetypen für ländliche Gebiete in Rheinland-Pfalz betrachtet werden. Kennzeichnende Eigenschaften für diese sind eine niedrige Geburtenrate und Wanderungsverluste. Letztere bedingen ein hohes durchschnittliches Alter durch eine hohe Nettoabwanderung junger Menschen. Einen Gegenpol dazu bilden die kreisfreien Städte wie beispielsweise Mainz, Worms oder Frankenthal im Westen des Landes. Die Basisstrukturmerkmale für Besiedlung und Lage lassen eine klare Abgrenzung zu den oben genannten ländlichen Räumen zu. Die kreisfreien Städte verfügen über ein niedriges Medianalter und weisen in der jüngeren Vergangenheit Wanderungsgewinne auf[37].

## Einfluss auf Kosten des Breitbandausbaus

Für den Ausbau eines Breitbandnetzes besitzt die Besiedlungsstruktur einen entscheidenden Einfluss auf die Kosten. Je nach Besiedlungsdichte unterscheiden sich die Abstände zwischen Gebäuden und Verteilerkästen, folglich die notwendige Länge für Tiefbau, Kabel und Rohr. **Eine ländlichere Prägung eines Raumes bedingt höhere Ausbaukosten, da die Wege zum Verlegen der passiven Netzelemente länger sind. Da in einer marktwirtschaftlichen Wettbewerbsumgebung die notwendigen Ausbaukosten je Haushalt den entscheidenden Faktor für einen wirtschaftlichen Breitbandausbau darstellen, entscheiden sich private Netzbetreiber in solchen Fällen gegen den Ausbau.** Dadurch entsteht eine schlechtere Versorgungssituation. Nachfolgende Abbildung spiegelt diesen Zusammenhang wider.

---

[35] Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz: Rheinland-Pfalz 2060. Vierte regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung mit dem Basisjahr 2013 in der korrigierten Fassung vom 22.07.2015

[36] Unter den 24 Landkreisen verzeichnen drei Kreise Bevölkerungsgewinne, die anderen verzeichnen zum Teil deutliche Verluste.

[37] Eine Ausnahme bildet Primasens, welches in seiner demographischen Struktur und Entwicklung den ländlichen Gebieten ähnelt.

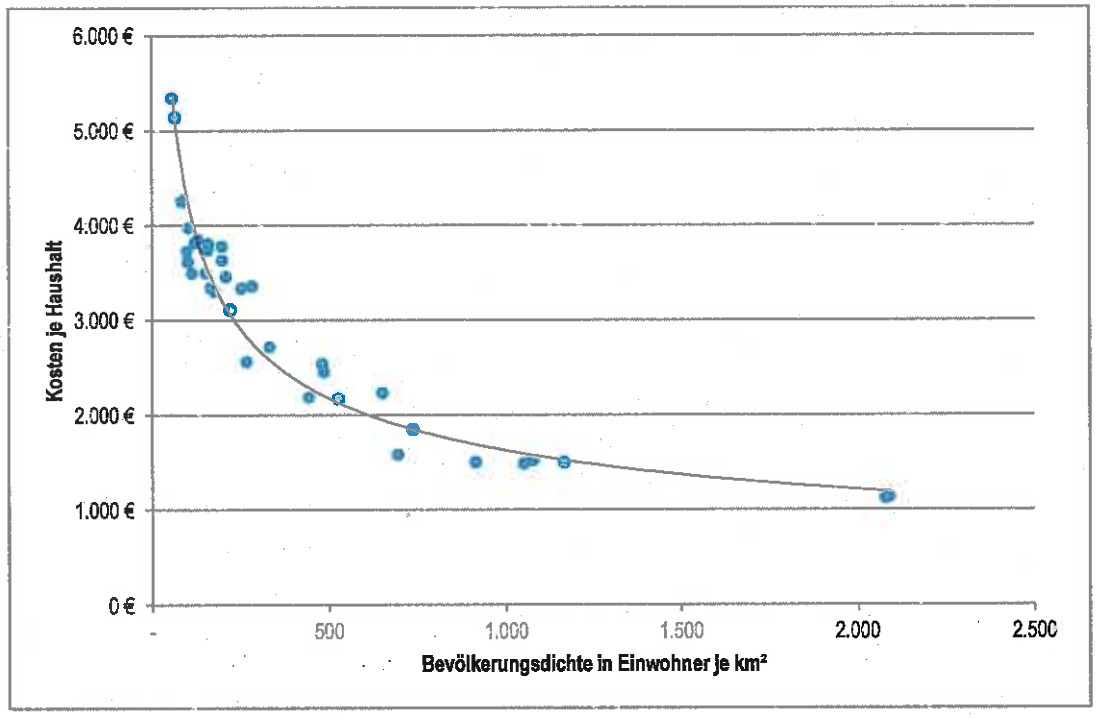



Abbildung 31: Zusammenhang Bevölkerungsdichte und FTTB-Ausbaukosten

Die Landkreise sind durch Punkte in der Abbildung dargestellt. Die Trendlinie illustriert die Wechselwirkung zwischen höchsten Ausbaukosten und geringer Bevölkerungsdichte. Diese Korrelation ist für jeden Landkreis und kreisfreie Stadt in der folgenden Tabelle dargestellt.

| GEGENÜBERSTELLUNG FTTB-AUSBAUKOSTEN UND DEMOGRAFISCHE ENTWICKLUNG | | | | |
|---|---|---|---|---|
| KREISE | FTTB-KOSTEN JE HAUSHALT IN EURO | BEVÖLKERUNGS-DICHTE IN KM² | ANTEIL HAUSHALTE ≥ 300 MBIT/S | BEVÖLKERUNGS-ENTWICKLUNG BIS 2035 |
| Ahrweiler | 3 740 Euro | 160 | 43,3 % | - 4,8 % |
| Altenkirchen (Westerwald) | 3 779 Euro | 200 | 27,2 % | - 10,8 % |
| Alzey-Worms | 3 460 Euro | 213 | 50,8 % | - 1,8 % |
| Bad Dürkheim | 3 115 Euro | 222 | 45,2 % | - 3,1 % |
| Bad Kreuznach | 3 304 Euro | 180 | 51,7 % | - 3,6 % |
| Bernkastel-Wittlich | 4 269 Euro | 94 | 26,2 % | - 3,6 % |
| Birkenfeld | 3 619 Euro | 104 | 38,2 % | - 14,7 % |
| Cochem-Zell | 4 255 Euro | 86 | 14,5 % | - 10,8 % |
| Donnersbergkreis | 3 493 Euro | 116 | 26,7 % | - 9,8 % |
| Eifelkreis Bitburg-Prüm | 5 345 Euro | 59 | 11,2 % | - 3,3 % |
| Frankenthal (Pfalz) (Stadt) | 1 521 Euro | 1 081 | 95,1 % | + 1.1 % |
| Germersheim | 2 562 Euro | 271 | 49,5 % | - 0,9 % |
| Kaiserslautern (Landkreis) | 1 578 Euro | 163 | 54,3 % | - 9,3 % |
| Kaiserslautern (Stadt) | 3 809 Euro | 696 | 90,3 % | - 2.6 % |
| Koblenz (Stadt) | 1 486 Euro | 1 054 | 76,4 % | - 2,3 % |
| Kusel | 3 820 Euro | 124 | 33,5 % | - 13,9 % |

| GEGENÜBERSTELLUNG FTTB-AUSBAUKOSTEN UND DEMOGRAFISCHE ENTWICKLUNG | | | | |
|---|---|---|---|---|
| KREISE | FTTB-KOSTEN JE HAUSHALT IN EURO | BEVÖLKERUNGS-DICHTE IN KM² | ANTEIL HAUSHALTE ≥ 300 MBIT/S | BEVÖLKERUNGS-ENTWICKLUNG BIS 2035 |
| Landau in der Pfalz (Stadt) | 2 171 Euro | 529 | 80,9 % | + 1,1 % |
| Ludwigshafen am Rhein (Stadt) | 1 123 Euro | 2 079 | 93,4 % | + 5,1 % |
| Mainz (Stadt) | 1 135 Euro | 2 091 | 85,8 % | + 2,8 % |
| Mainz-Bingen (Landkreis) | 2 719 Euro | 336 | 40,0 % | + 3,0 % |
| Mayen-Koblenz | 3 340 Euro | 257 | 65,1 % | - 5,3 % |
| Neustadt an der Weinstraße (Stadt) | 2 163 Euro | 447 | 77,0 % | - 2,9 % |
| Neuwied | 3.358 Euro | 286 | 58,7 % | - 6,9 % |
| Pirmasens (Stadt) | 2 233 Euro | 653 | 82,1 % | - 15,1 % |
| Rhein-Hunsrück-Kreis | 3 975 Euro | 106 | 44,8 % | - 10,2 % |
| Rhein-Lahn-Kreis | 3 502 Euro | 155 | 49,1 % | - 9,4 % |
| Rhein-Pfalz-Kreis | 2 454 Euro | 489 | 82,3 % | + 2,2 % |
| Speyer (Stadt) | 1 499 Euro | 1 168 | 93,4 % | + 1,2 % |
| Südliche Weinstraße | 3 341 Euro | 170 | 43,8 % | - 1,0 % |
| Südwestpfalz | 3 730 Euro | 101 | 38,3 % | - 12,9 % |
| Trier (Stadt) | 1 501 Euro | 916 | 81,2 % | + 3,7 % |
| Trier-Saarburg | 3 847 Euro | 132 | 26,2 % | + 1,9 % |
| Vulkaneifel | 5 144 Euro | 67 | 6,0 % | - 11,3 % |
| Westerwaldkreis | 3 634 Euro | 201 | 66,8 % | - 7,5 % |
| Worms (Stadt) | 1 850 Euro | 738 | 83,3 % | + 0,7 % |
| Zweibrücken (Stadt) | 2 539 Euro | 483 | 71,4 % | - 9,7 % |

Tabelle 54: Gegenüberstellung Ausbaukosten und Demografie auf Landkreisebene

Ein Ausbau ländlicher Kreise mit den entsprechenden demographischen Merkmalen weist nicht nur höhere Ausbaukosten je Haushalt aus. Auch die Wirtschaftlichkeitslücke ist in der Folge bedeutend größer anzusetzen. Die erforderliche Anschlussquote wird aufgrund der niedrigeren Einwohnerzahl, des höheren Medianalters und der damit verbundenen teilweise geringen Nachfrage nach Breitbandanschlüssen nicht erreicht. Die Einnahmen decken daher nicht die Investitionskosten.

## Zusammenhang Breitbandversorgung und Abwanderung

**Der Breitbandausbau kann ein Instrument bilden, den Abwanderungstrend in die Städte zu verlangsamen - der Zugang zu ultraschnellen Netzen sichert die Standortattraktivität der ländlichen Regionen.** Gewerbetreibende / Freiberufler, aber auch öffentliche Einrichtungen wollen auf die gleichen digitalen Dienste zurückgreifen wie auch die Städte. Kapitel 4 stellt die Anwendungsszenarien vor, von denen auch ländliche Regionen profitieren können. Unternehmensverbände verweisen auf die Wachstumsimpulse, die durch digitale Anwendungen und Dienste entstehen: Für das Jahr 2012 wurde für Deutschland ein Plus von rund 145 Mrd. Euro berechnet, das entspricht fünf Prozent des Bruttoinlandsproduktes[38].

**Am Beispiel des Eifelkreises Bitburg-Prüm werden diese Möglichkeiten illustriert. Der Landkreis verfügt auf betriebswirtschaftlicher Sicht über schlechte Voraussetzungen für den Breitbandausbau:** Die Haushaltsdichte ist auf-

[38] Deutscher Industrie- und Handelskammertag. Wirtschaftspolitische Positionen 2015 der IHK-Organisation. Digitale Agenda - Digitalisierung vorantreiben, Standortvorteil sichern. Abruf September 2015

grund der topografischen Lage, mehrheitlich Landwirtschaftsfläche, mit nur 59 Einwohnern pro Quadratkilometer sehr niedrig. Die Kosten für einen Glasfaserausbau bis ins Gebäude liegen sehr hoch, bei 5.345 Euro pro Haushalt, da in dem flächengrößten Landkreis in Rheinland-Pfalz weite Wege im Bau der passiven Infrastruktur zurückgelegt werden müssen. Die Bevölkerungsentwicklung ist leicht negativ.

**Der Landkreis ist trotz allem an ultraschnelle Breitbandnetze anzuschließen. Die niedrige Arbeitslosenquote des Landkreises von nur 3,3 Prozent wird nur gehalten, wenn weder Unternehmen abwandern noch Erwerbstätige ihren Wohnort verlagern.** Breitbandversorgung ist ein Standortfaktor. Hohe Bandbreiten benötigen die klein- und mittelständisch geprägte Wirtschaft für ihre Produktion und Dienstleistungsangebot sowie das wichtige Standbein Tourismus und die landwirtschaftlichen Betriebe. Touristen wollen auf WLAN nicht verzichten, ihre Fotos und Videos von Wanderungen in der Eifel in den Cloud hochladen. Architekten- oder Ingenieurbüros wollen auch fernab der Städte Cloud Computing und Filesharing Dienste, digitale Verwaltungsangebote oder Open Source Softwareprogramme nutzen, um standortunabhängig ihre Dienstleistungen anzubieten. Hohe Bandbreiten werden aber auch von Privatpersonen nachgefragt, um Entertainment-Dienste wie UHD-TV, Live-Streaming von z.B. Fußballspielen oder Online-Lernplattformen zur Weiterqualifizierung zu nutzen. Die medizinische Versorgung der pflegebedürftigen Personen, deren Anzahl im Landkreis über dem Landesdurchschnitt liegt, kann durch die Möglichkeiten von Telemedizin und Telemonitoring ausgeweitet und verbessert werden. So wird ein Beitrag zur Sicherung der hohen Lebensqualität im Eifelkreis Bitburg-Prüm geleistet.

Um im Standortwettbewerb zu bestehen, sind die umfangreichen Investitionen in die Breitbandinfrastruktur unerlässlich. In dünn besiedelten Regionen mit Abwanderungstrend ist ein wirtschaftlich tragfähiger Ausbau umso notwendiger. Eine Kostensenkung wird über einen Stufenausbau unter Verwendung der Brückentechnologie FTTC, Glasfaser bis zum Verteilerkasten, erreicht.

Landkreise mit solch schwierigen wirtschaftlichen Voraussetzungen sind vor allem auf die Nachfrage nach Breitbandanschlüssen und das aktive Engagement von lokalen Einrichtungen (z.B. der Daseinsvorsorge) und Unternehmen angewiesen. In Hinblick auf die Wahl eines Trägermodells muss nicht das Zuschussmodell (Förderung der Wirtschaftlichkeitslücke) die beste Wahl darstellen. Wie in den Kapitel 6.1 und 6.2 aufgezeigt, stellen auch Betreibermodelle oder ÖPP Optionen für solche Ausbauvorhaben dar.

# 8.

# Förderung und Finanzierung

# 8.1 Überblick verfügbare Förderinstrumente

Die Förderbedingungen des Breitbandausbaus sind im Schwerpunkt über drei Rahmenregelungen definiert. Die Kommunen können auf Förderprogramme von EU, Bund und Ländern für Projekte zur Beschleunigung des Ausbaus der Zugangsnetze der nächsten Generation zurückgreifen. Diese ermöglichen einen Netzausbau auch in Gebieten, die Netzbetreiber als unwirtschaftlich bewerten.

## 8.1.1 Rahmenregelungen

### Beihilferechtliche Vorgaben der Europäischen Union

Die Grundlage der Breitbandförderung für alle EU-Mitgliedstaaten bilden zum einen die Allgemeine Gruppenfreistellungsverordnung (AGVO) und zum anderen die Mitteilung der Europäischen Kommission „Leitlinien der EU für die Anwendung der Vorschriften über staatliche Beihilfen im Zusammenhang mit dem schnellen Breitbandausbau (2013/C25/01)". Diese beihilferechtlichen Vorgaben definieren die förderfähigen Gebiete innerhalb der EU. Die AGVO bezieht sich auf Förderung der sogenannten „weißen Flecken", in denen bisher keine Breitbandinfrastruktur aufgebaut ist und auch in den nächsten drei Jahren nicht wird. Die Leitlinien zeigen wiederum die Möglichkeiten einer Förderung von „grauen Flecken" und „schwarzen Flecken" auf[39].

Finanzielle Unterstützung darf für folgende Investitionen verwendet werden: in die passive Infrastruktur, in Baumaßnahmen (Tiefbau etc.), in den Ausbau der Grundversorgung sowie der NGA-Netze. Gemäß dem Förderrahmen ist in den Fördermaßnahmen ein offener Zugang auf der Vorleistungsebene (aktive und passive Infrastruktur) durch die Netzbetreiber zu gewährleisten, um Wettbewerbsverzerrungen zu verhindern.

### NGA-Rahmenregelung des Bundes

Die Rahmenregelung des Bundes zur Unterstützung des Aufbaus einer flächendeckenden Next Generation Access (NGA)-Breitbandversorgung (NGA-Rahmenregelung) ersetzt die bisherige Bundesrahmenregelung Leerrohre. Die NGA-Rahmenregelung stellt die nationale beihilferechtliche Grundlage für die Förderung einer Wirtschaftlichkeitslücke und eines Betreibermodells dar. Auf dieser Grundlage dürfen allerdings zurzeit noch nicht Ausbauprojekte gefördert werden, die auf Vectoring zurückgreifen. Die EU-Kommission lehnte die pauschale Bewilligung mit Verweis auf Wettbewerbsbeschränkungen ab[40]. Vielmehr ist die Notifizierung eines sogenannten Bitstrom-Vorleistungsprodukts erforderlich, das die betreffenden Telefon- und Breitbandanschlüsse virtuell entbündelt (virtual unbundled local access, kurz: VULA).

[39] Siehe Randnummern 67 ff. in den Leitlinien. Link zu den Breitbandleitlinien der Kommission

[40] Die EU-Kommission bemängelte, „dass die Technologie den in den Breitbandleitlinien geforderten offenen Zugang zum Netz derzeit nicht gewährleistet. [...] [Z]ahlreiche Anschlüsse müssen gebündelt werden, die dann nur von einem Betreiber bedient werden können. Dies bedeutet, dass Wettbewerber keinen physischen Zugang zu einzelnen Teilnehmeranschlussleitungen erhalten. Die Kommission hat daher Bedenken, dass die Vectoring-Technologie wettbewerbsschädigende Auswirkungen haben könnte. [...] [daher] kann sie in staatlich geförderten Projekten vorerst nicht zum Einsatz kommen." Pressemitteilung, 15.06.2015

### 8.1.2 Förderprogramme

#### Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

Der EFRE-Fonds dient dem Ausgleich regionaler Ungleichgewichte sowie Förderung der flächendeckenden wirtschaftlichen Entwicklung und strukturellen Anpassung. Die Errichtung von Hochleistungsbreitband zur Stärkung von kleinen und mittleren Unternehmen fällt unter diese Zielsetzung. Im Rahmen dieses Förderprogramms werden Zuschüsse zum Schließen der Wirtschaftlichkeitslücke gewährt. Die Fördermittel fließen vor allem in die Erschließung von gewerblichen Anschlüssen, die mind. 30 Mbit/s erreichen müssen.

#### Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER)

Der ELER-Fonds stellt spezielle Mittel für die Erschließung des ländlichen Raums bereit. Sogenannte LEADER/ILE-Regionen bilden Kooperationen aus Städten und Gemeinden. Innerhalb dieser Regionen werden Förderschwerpunkte definiert, wozu auch die Breitbanderschließung zählt. Mit ELER-Mitteln werden sowohl passive Infrastrukturen als auch die Wirtschaftlichkeitslücke gefördert. Die Förderquote liegt bei bis zu 100 Prozent für kommunale Zuwendungsempfänger.

#### Bundesförderprogramm Breitbandausbau

Der Bund hat ein neues Bundesförderprogramm für den Breitbandausbau aufgesetzt, das u.a. die Einnahmen aus der Versteigerung der Digitalen Dividende II verwendet und bis 2019 läuft. Dieses Förderprogramm richtet sich an Kommunen und Landkreise in unterversorgten Gebieten, in denen in den nächsten 3 Jahren kein privatwirtschaftlicher Ausbau erwartet wird. Kommunen können direkt beim Bund Fördermittel beantragen, welcher über ein Punktesystem (Scoring-Modell) die förderfähigen Gebiete auswählt. Als Zielgebiete gelten jene, in denen nach einem Breitbandausbau zuverlässig mindestens für 85 Prozent der Haushalte im Projektgebiet Bandbreiten von mindestens 50 Mbit/s zur Verfügung stehen und für 95 Prozent der Haushalte grundsätzlich Bandbreiten von mindestens 30 MBit/s.

Fördergegenstand ist zum einen das Zuschussmodell einer Wirtschaftlichkeitslückenförderung sowie das Betreibermodell. Der Fördersatz liegt bei 50 Prozent der zuwendungsfähigen Kosten. Über eine Erhöhung der Quote auf 60 oder 70 Prozent wird im Einzelfall entschieden. Eine Kombination des Bundesprogramms mit den Förderprogrammen der Länder erlaubt eine weitere Förderung in Höhe von bis zu 40 Prozent. Die Fördersumme kann somit bis zu 90 Prozent der Kosten erreichen. Die Kommunen müssen schließlich den Eigenanteil von 10 Prozent stemmen.

#### Förderung finanzschwacher Kommunen / Kommunalinvestitionsfonds

Der Bund weist über das Gesetz zur Förderung finanzschwacher Kommunen den Bundesländern Investitionshilfen zu. Rheinland-Pfalz erhält 253 Mio. Euro. Die Aufteilung dieser Mittel auf die im Bundesgesetz festgelegten Fördergebiete nehmen die rheinland-pfälzischen Kommunen nach eigenem Ermessen vor. Die Mittel aus diesem Kommunalinvestitionsfonds können für den Breitbandausbau genutzt werden, sofern die Landkreise sich hierfür entscheiden. Die Förderquote hierfür liegt bei bis zu 90 Prozent.

#### Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK)

Der Bund stellt über das Förderprogramm GAK finanzielle Mittel für die Breitbanderschließung des ländlichen Raums zur Verfügung. Es zielt vor allem auf die Erschließung von land- und forstwirtschaftlichen Unternehmen und ländlichen Gebieten, die mit weniger als 6 Mbit/s versorgt sind. Die Fördergelder können für Machbarkeitsuntersuchungen, die Errichtung passiver Infrastrukturen (Verlegung von Leerrohren) und die Schließung der Wirtschaftlichkeitslücke verwendet werden. Kommunen

profitieren von einer Förderquote von bis zu 65 Prozent. Der Förderhöchstbetrag für den Ausbau liegt bei 130.000 Euro für Einzelprojekte und bei 325.000 Euro für Gemeinschaftsprojekte auf Landkreis-, Verbands- oder Ortsgemeindeebene. Begleitende Maßnahmen werden mit bis zu 6.500 Euro (Einzelprojekte) bzw. 13.000 Euro (Gemeinschaftsprojekte) gefördert. Allerdings steht bei diesem Programm die Gewährleistung einer Grundversorgung der ländlichen Räume im Vordergrund. Für den NGA-Ausbau ist das GAK-Programm nicht geeignet.

### Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur" (GRW)

Das Bundesförderprogramm GRW stellt die Verbesserung der Standortbedingungen in strukturschwachen Regionen in den Mittelpunkt. Dieses Programm legt die Fördergebiete bereits fest, weshalb nicht alle Regionen und Bundesländer in Deutschland davon profitieren. Die GRW-Förderung dient speziell der Erschließung von wirtschaftsnahen Infrastrukturen; damit sollen in erster Linie Unternehmen an NGA-Netze angeschlossen werden. Die Fördermittel fließen sowohl in passive Infrastrukturen als auch die Wirtschaftlichkeitslücke. Aufgrund der Zweckbindung (Förderung der regionalen Wirtschaft) erfolgt allerdings kein flächendeckender Ausbau von Privathaushalten über GRW-Mittel.

### Landesmittel

Neben den Förderprogrammen der Europäischen Union und des Bundes erhöhen viele Bundesländer die für den Breitbandausbau zur Verfügung stehenden Fördertöpfe nochmals durch eigene Landesprogramme. Zur Umsetzung der NGA-Strategie von Rheinland-Pfalz („Strategie zum Auf- und Ausbau von Hochgeschwindigkeitsnetzen"[41] vom Dezember 2014) stehen in den kommenden Jahren insgesamt rund 70 Mio. Euro an originären Landesmitteln zum Auf- und Ausbau der Breitbandinfrastruktur mit Bandbreiten von mindestens 30 Mbit/s zur Verfügung. Zu denen zählt auch der Landesanteil an den Versteigerungserlösen der Digitalen Dividende II. Grundlage der Breitbandförderung bildet die Förderrichtlinie des Landes. Die rheinland-pfälzischen Kommunen können sich außerdem für das neue Bundesförderprogramm bewerben.

Darüber hinaus können die Landkreise grundsätzlich auch auf Mittel des „Kommunalen Investitionsprogramm 3.0 - Rheinland-Pfalz (KI 3.0)" zurückgreifen. Dieses wurde vom Land aufgesetzt, um das in 2015 bereitgestellte Sondervermögen des Bundes aus dem Kommunalinvestitionsförderungsgesetz an die Kommunen zu verteilen. In diesem Förderprogramm liegt der Eigenanteil des Trägers der Maßnahme (Landkreis oder Kommune) bei 10 Prozent. Die kommunalen Entscheidungsträger verfügen selbst über die Verwendung der Fördermittel, welche nicht ausschließlich in den Breitbandausbau fließen, sondern auch für andere kommunale Projekte genutzt werden können.

Die Landesförderung priorisiert kreisweite Cluster und zielt auf die Erschließung von sowohl Privathaushalten als auch Gewerben. Es ist wichtig, beide Zielgruppen in der Förderung einbeziehen. Gerade in Hinblick auf die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen sind auch für deren Anschluss finanzielle Mittel aus den Fördertöpfen zur Verfügung zu stellen. So können die unterschiedlichen Bedarfe im Breitbandausbau abgedeckt werden.

Die unterschiedlichen Förderstrategien der Bundesländer stellt folgende Übersicht vor.

[41] Die NGA-Strategie von Rheinland-Pfalz ist unter http://isim.rlp.de/fileadmin/ism/NGA-Strategie.pdf einsehbar.

| | Erschließung von Gewerben | | Erschließung von Nicht-Gewerben | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Bundesländer (ohne Stadtstaaten) | GRW | EFRE | GAK | ELER | Landes-mittel |
| Baden-Württemberg | | | x | | x |
| Bayern | | | | | x |
| Brandenburg | x | X | | x | |
| Hessen | x | | x | x | x |
| Mecklenburg-Vorpommern | x | X | x | x | |
| Niedersachsen | x | X | x | | x |
| Nordrhein-Westfalen | x | X | x | x | x |
| Rheinland-Pfalz | | | x | x | x |
| Saarland | | | x | x | |
| Sachsen | x | X | | x | x |
| Sachsen-Anhalt | x | X | x | x | |
| Schleswig-Holstein | | | x | x | x |
| Thüringen | x | X | x | | x |

Tabelle 55: Übersicht Förderprogramme der Bundesländer

Rheinland-Pfalz kombiniert Förderprogramme ähnlich den anderen Bundesländern. Lediglich die Bayerische Landesregierung verzichtet gänzlich auf den Rückgriff auf Fördergelder von Bund und EU, sondern verwendet (bisher) ausschließlich Landesmittel für den Breitbandausbau.[42]

[42] Mit Inkrafttreten des neuen Bundesförderprogramms werden sich aber auch Bayerische Kommunen um Fördermittel bewerben.

# 8.2 Beispiele für unterschiedliche Förderansätze

Der Breitbandausbau wird über unterschiedliche staatliche Mittel unterstützt. Folgende Beispiele aus Rheinland-Pfalz und anderen Bundesländern zeigen Förderstrategien auf, die sich in der Praxis bewährt haben.

## Förderansatz: Zentrale Bereitstellung von Informationen und kommunalen Ansprechpartnern

Länder können die Kommunen in der Informationsgewinnung und Analyse der Netzausbauoptionen unterstützen. Kommunen sparen die finanziellen Aufwendungen für die Informationsbeschaffung, indem über das Land u.a. zentral eine digitale Planungs- und Informationsplattform sowie ein Breitbandatlas bereitgestellt und betrieben werden. Zusätzlich unterstützt das jeweilige Breitbandkompetenzzentrum des Landes mit technischem Know-How die Kommunen bei der Bewertung von Ausbauszenarien. Der administrative Aufwand sinkt für die Kommunen durch diese zentrale projekttechnische Unterstützung. Diesen Ansatz verfolgt die Mehrheit der Bundesländer.

## Förderansatz: Finanzierung und Beauftragung von Machbarkeitsstudien durch das Land

Das Land kann die Beauftragung von Machbarkeitsstudien der Landkreise mit Landesmitteln fördern. Rheinland-Pfalz setzt diesen Förderansatz um und finanziert solche Analysen zu 90 Prozent. Das Breitbandkompetenzzentrum des Landes berät die Kommunen bei der Ausschreibung einer Machbarkeitsstudie.

Eine andere Möglichkeit besteht für das Land in der Schaffung eines zentralen, zertifizierten Breitbandberaterpools. Die Berater sind ebenfalls zu 100 Prozent durch das Land finanziert. Ohne Einzelausschreibungen stehen diese den Kommunen sofort zur Seite und übernehmen alle Beratungsleistungen, inkl. der Netzplanungen. Sachsen-Anhalt hat sich für diese Fördermaßnahmen entschieden.

In beiden Ländern führen diese Fördermaßnahmen zu einer Reduzierung der administrativen Aufwände für Landkreise und Kommunen. Das Breitbandkompetenzzentrum bzw. die Landesregierung kann die Durchführung von Studien und Gutachten über den kommunalen Breitbandausbau zentral steuern und erfassen. Zwischen den Ansprechpartnern der Landesregierung und denen der Landkreise sowie den Kommunen findet eine enge Abstimmung statt, sodass eine effiziente Umsetzung der Landesbreitbandstrategie erfolgen kann.

## Förderansatz: Bildung von Landkreiscluster

Um effiziente Ausbauvorhaben umzusetzen, kann die Bildung von größeren Erschließungsgebieten einen wichtigen Baustein darstellen. Rheinland-Pfalz setzt auf die Bildung von Landkreisclustern, welche prioritär gefördert werden. Möglich ist auch die Bildung von gemeindeübergreifenden Ausbauprojekten auf Verbandsgemeindeebene. Die aus den größeren Ausbaugebieten resultierende Losgröße ist für Netzbetreiber attraktiver als für kleinere. Ein flächendeckender Netzausbau kann auf diese Weise zeitnah erreicht und Lücken in der Abdeckung verringert werden. Gleichzeitig werden Synergien in den Ausbauprojekten gehoben und Kosten gesenkt.

Hierbei sollte ein flexibler Förderrahmen gegeben sein, der den Landkreisen die Umsetzung derjenigen Ausbauprojekte ermöglicht, die auf ihre individuellen Rahmenbedingungen am besten abgestimmt sind. Entscheidend ist beispielsweise, dass in der Förderrichtlinie sowohl die Förderung eines Betreibermodells als auch eines Zuschussmodells (Förderung der Wirt-

schaftlichkeitslücke) als Fördergegenstand genannt werden und keine Festlegung auf nur ein Ausbaumodell erfolgt. Auf diese Weise können Landkreise alternative regionale und lokale Anbieter einbinden, die auf finanzielle Unterstützung angewiesen sind, und so den Wettbewerb unter den Netzbetreibern ankurbeln. Dieser Ansatz wird z.B. in Rheinland-Pfalz, Sachsen und Hessen umgesetzt.

### Förderansatz: Bildung von Gemeindecluster

Das Land unterstützt die Bildung von regionalen Ausbauclustern für kleine Projektgebiete als Zuwendungsempfänger, um die lokalen Gegebenheiten zu berücksichtigen. Zielsetzung ist ebenfalls die Erreichung von zeitnahen regionalen Erfolgen. Hierfür wird vom Land der Förderprozess zentral gestaltet und standardisiert. Die Kommunen profitieren in diesem Ansatz von regional spezifischen Lösungen, in die sie ihre Gemeindehoheit und Entscheidungsfreiheit einbringen können. Das Verfahren führt zu kurzen kommunalen Abstimmungswegen, aber auch zu einem kleinteiligen Ausbauansatz, in dem Lücken im Ausbau bestehen bleiben können. Diese Förderstrategie wird z.B. von Bayern umgesetzt.

### Förderansatz: Beauftragung von Ausbauprojekten durch das Land

Eine Möglichkeit besteht in der Beauftragung von Ausbaubauvorhaben durch das Land, welche über EU-Mittel sowie GRW-Gelder zu 100 Prozent finanziert werden. Diese Förderstrategie verfolgt z.B. Brandenburg. Der Eigenanteil für Kommunen liegt bei null. Im Fokus steht die Wirtschaftlichkeitslückenförderung. Die Verteilung der Fördermittel übernimmt das zuständige Landesministerium; Kommunen sind in die Antragstellung nicht involviert. Ihnen stehen Breitbandverantwortliche auf Kreisebene als Ansprechpartner zur Seite.

Die Ausschreibung der zu erschließenden Gebiete erfolgt nicht auf Verbands- oder Landkreisebene, sondern über große Planungsregionen. Mit diesen großflächigen Erschließungsgebieten soll das sogenannte ‚Rosinenpicken' verhindert werden. Durch die zeitliche Begrenzung der Ausbauvorhaben und der Vorgabe großer Erschließungsgebiete wird eine hohe Flächendeckung schnell erreicht. Außerdem ist der administrative Aufwand begrenzt und die Zielerreichung des Landes wird adäquat unterstützt.

# 8.3 Überblick der Finanzierungsinstrumente

Die Finanzierung eines Breitbandausbaus erfolgt über Eigen- oder Fremdkapital, Darlehen und Investitionskredite sowie Bürgschaften. Dieses Kapitel stellt die verschiedenen Darlehensprogramme vor, da diese Finanzierungsinstrumente die aufgezeigten Fördermittel ergänzen. Anschließend werden Beispiele der Finanzierung vorgestellt, die auf Rheinland-Pfalz übertragbar sind bzw. bereits erfolgreich umgesetzt werden.

Im Kontext des Breitbandausbaus genutzte Darlehen bieten den Vorteil, dass diese in der Regel mit einer langen Laufzeit und günstigen Zinssätzen versehen sind. Kommunen können Darlehen direkt über das jeweilige Förderinstitut in Anspruch nehmen.

## 8.3.1 Finanzierungsinstrumente auf EU- und Bundesebene

### Darlehen der Europäischen Investitionsbank (EIB)

Über Darlehen der EIB können sowohl öffentliche wie auch privatwirtschaftliche Kunden Breitbandausbauvorhaben finanzieren. Die Darlehen werden über die nationalen Partnerbanken verteilt[43]. Zwei Instrumente stellt die Europäische Investitionsbank hierfür bereit.

| | EINZELDARLEHEN EIB | GLOBALDARLEHEN EIB |
|---|---|---|
| Zuwendungsempfänger | ▪ Öffentliche und private Projektträger | ▪ Kleine und mittlere Unternehmen oder Projekte |
| Zuwendungsvoraussetzung | ▪ Projektumfang größer 25 Mio. Euro<br>▪ Projekt muss den Finanzierungszielen der EIB entsprechen | ▪ Projektumfang bis zu 25 Mio. Euro<br>▪ Projekt muss den Finanzierungszielen der EIB entsprechen |
| Umfang und Höhe der Förderung | ▪ Bis zu 50 % der Gesamtkosten des Vorhabens | ▪ Bis zu 50 % der Gesamtkosten des Vorhabens<br>▪ bei Spezialfällen bis zu 100 % eines bereits gewährten Darlehens eines anderes Instituts |

Tabelle 56: Überblick Darlehensprogramme der EIB

Die Partnerbanken der EIB legen die Finanzierungsbedingungen fest, die auch über die Vergabe der Darlehen entscheiden. Projektträger stellen die Anträge direkt bei den nationalen Finanzinstituten.

### Darlehensprogramm Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)

Zur Förderung von privatrechtlichen Gesellschaften existiert ein Darlehensprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau[44]. Über einen Investitionskredit stehen Mittel für den Ausbau kommunaler und sozialer Infrastrukturen zur Verfügung. Die bereitgestellten Darlehen können mit anderen öffentlichen Fördermitteln kombiniert werden. Neben direkten Darlehen vergibt die KfW auch Globaldarlehen an die Landesbanken. Diese Mittel werden durch die Landesbanken an die Kunden weitergegeben, um diese unter bestimmten Bedingungen für einen Breitbandausbau zu nutzen.

[43] Eine Übersicht der deutschen Partnerbanken findet sich auf der Webseite der EIB
[44] Weitere Programme der KfW sind auf der Webseite der KfW einsehbar.

| DARLEHEN DER KFW (KREDIT 208) | |
|---|---|
| Art der Förderung | ▪ Tilgungs- oder Annuitätendarlehen |
| Gegenstand der Förderung | ▪ Investitionen in kommunale Infrastrukturen und Breitbandnetze<br>▪ Grundstücke, die notwendiger Bestandteil eines aktuellen Investitionsvorhabens sind<br>▪ Beratungs- und Planungsleistungen |
| Zuwendungsempfänger | ▪ Städte, Gemeinden und Landkreise<br>▪ Rechtlich unselbstständige Eigenbetriebe<br>▪ Gemeindeverbände |
| Umfang und Höhe der Förderung | ▪ Kreditbeträge bis 2 Mio. Euro: bis zu 100 % der Investitionskosten<br>▪ Kreditbeträge über 2 Mio. Euro: 50 % der Investitionskosten<br>▪ Bis zu 150 Mio. Euro pro Antragsteller und Jahr |

Tabelle 57: Überblick Darlehen der KfW

### Landwirtschaftliche Rentenbank

Die Landwirtschaftliche Rentenbank vergibt Darlehen für Investitionen in kommunale Infrastrukturen und Daseinsvorsorge. Dazu zählen auch Investitionen in den Aufbau einer technologieneutralen und geeigneten Breitbandinfrastruktur (passive Infrastrukturen).

| DARLEHEN „RÄUMLICHE STRUKTURMASSNAHMEN" | |
|---|---|
| Art der Förderung | ▪ Tilgungs- oder Annuitätendarlehen |
| Gegenstand der Förderung | ▪ Errichtung passiver Infrastrukturen |
| Zuwendungsempfänger | ▪ Gemeinden und Gemeindeverbände (bis 50 000 Einwohner)<br>▪ Gebietskörperschaften und Zweckverbände<br>▪ Landkreise in ländlichen Regionen<br>▪ Unternehmen |
| Umfang und Höhe der Förderung | ▪ Bis zu 100 % der förderfähigen Investitionen<br>▪ Bis zu 10 Mio. Euro je Kreditnehmer |

Tabelle 58: Überblick Darlehen der Landwirtschaftlichen Rentenbank

## 8.3.2 Rheinland-Pfalz spezifische Finanzierungsinstrumente

### Darlehen

Rheinland-Pfalz bietet über die Investitions- und Strukturbank des Landes (ISB) zinsgünstige Darlehen von insgesamt rund 100 Mio. Euro für die Erschließung des ländlichen Raums mit NGA-Netzen. Darlehen werden in Höhe von bis zu 10 Mio. Euro pro Projekt vergeben. Die Mittel der ISB stammen in der Regel von der Landwirtschaftlichen Rentenbank oder der KfW. Die ISB verlangt verschiedene förderrechtliche Nachweise.

| DARLEHEN DER ISB: KOMMUNALDARLEHEN ZUR BREITBANDFÖRDERUNG | |
|---|---|
| Art der Förderung | ▪ Tilgungs- oder Annuitätendarlehen |
| Gegenstand der Förderung | ▪ Investitionskosten des Breitbandausbaus<br>▪ Planungskosten |
| Zuwendungsempfänger | ▪ Gemeinden, Städte, Verbandsgemeinden und Landkreise<br>▪ Zweckverbände<br>▪ Gesellschaften in öffentlicher Rechtsform, die hinsichtlich der Breitbandversorgung selbst keine wirtschaftlichen Tätigkeiten am Markt anbieten |
| Zuwendungsvoraussetzung | ▪ Unterversorgung mit mind. 30 Mbit/s<br>▪ Verwendung für Ausbau einer Kommune mit weniger als 50 000 Einwohnern, die außerhalb eines Verdichtungsraums liegt |
| Umfang und Höhe der Förderung | ▪ Bis zu 100 % der Kosten sind förderfähig<br>▪ Bagatellgrenze 1 Mio. Euro<br>▪ Förderhöchstbetrag 10 Mio. Euro |

Tabelle 59: Überblick Darlehen der ISB

Auch die anderen Bundesländer setzen mehrheitlich für die Finanzierung von Breitbandprojekten Darlehensprogramme der Landesförderbanken ein. Ein spezielles Darlehensprogramm existiert meist in den Ländern, in denen ein gezielter NGA-Ausbau bzw. die Errichtung von passiven Netzen stattfinden soll. Zweckgebundene Investitionskredite werden z.B. in Baden-Württemberg, Bayern und Hessen vergeben; spezielle Darlehen wiederum in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Thüringen.

## Bürgschaften

Privatrechtliche Unternehmen mit kommunaler Beteiligung können in Rheinland-Pfalz Landesbürgschaften in Anspruch nehmen, wenn die Vorhaben im „besonderen Interesse" des Landes liegen. Der Breitbandausbau fällt in diese Kategorie. Das Landesbürgschaftsprogramm wird durch die Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz verwaltet.

| LANDESBÜRGSCHAFTSPROGRAMM RHEINLAND-PFALZ | |
|---|---|
| Art der Förderung | ▪ Gewährleistung von Bürgschaften |
| Gegenstand der Förderung | ▪ Bürgschaften für Investitionskredite oder Betriebsmittelkredite |
| Zuwendungsempfänger | ▪ Unternehmen |
| Zuwendungsvoraussetzung | ▪ Der zu verbürgende Kredit muss zur Finanzierung eines volks- und betriebswirtschaftlich förderfähigen Vorhabens verwendet werden |
| Umfang und Höhe der Förderung | Die Bürgschaftsquote beträgt<br>▪ bei Investitionskrediten maximal 80 %<br>▪ bei Betriebsmittelkrediten (Bar-/Avakredite) maximal 60 %<br>*Keine betragsmäßige Obergrenze hinsichtlich des zu verbürgenden Kredites* |

Tabelle 60: Überblick Landesbürgschaftsprogramm Rheinland-Pfalz

# 8.4 In Rheinland-Pfalz anwendbare Finanzierungsinstrumente

## ÖPP mit privatwirtschaftlicher Finanzierung und öffentlichen Bürgschaften

Im Landkreis Cochem-Zell wurde eine Infrastrukturgesellschaft im Rahmen einer ÖPP gegründet, Breitband-Infrastrukturgesellschaft Cochem-Zell mbH, um den Breitbandausbau im Landkreis zu beschleunigen. Die Gesellschaft übernimmt Planung, Aufbau und Vermietung des Breitbandnetzes, während der Betrieb durch den Netzbetreiber Inexio erfolgt.

Der Ausbau des kreisweiten Breitbandnetzes wird mit 13,8 Mio. Euro veranschlagt[45]. Die Infrastrukturgesellschaft finanziert sich ohne Zuschüsse der öffentlichen Hand. Das Geschäftsmodell ist wirtschaftlich tragfähig, u.a. durch die Nutzung vorhandener Infrastrukturen und Synergietrassen. Das ÖPP erhielt eine Landesbürgschaft mit 80-prozentiger Ausfallbürgschaft. Weitere Fremdkapitaldarlehen sind z.B. durch ebenfalls 80-prozentige kommunale Bürgschaften gesichert.

Die Gesellschaft greift auf einen Kapitelstock von über 8,16 Mio. Euro zurück. Dieser setzt sich aus einer Stammeinlage von 164.000 Euro und 8 Mio. Euro Bar- und/oder Sachdarlehen der Gesellschafter zusammen (4,6 Mio. Gelddarlehen und 3,4 Mio. Euro vorhandene Leitungsstrecken in Form von Leerrohren und Breitbandtrassen). Zusätzlich wurden Fremdkapitaldarlehen von 9,3 Mio. Euro eingeworben. Die Darlehen werden den Gesellschaftern innerhalb von 20 Jahren zurückgezahlt. Die Refinanzierung soll u.a. über monatliche Mieteinnahmen von 130.000 Euro erfolgen.

## Privatwirtschaftliches Unternehmen mit Förderung Wirtschaftlichkeitslücke durch öffentliche Zuschüsse

Um private Unternehmen für den Breitbandausbau zu gewinnen, können über das Zuschussmodell die Investitionskosten für einen privaten Netzbetreiber reduziert werden (siehe Kapitel 6.3). Diese ergeben sich aus den sehr hohen Kosten für Errichtung bzw. Ausbau der passiven Infrastruktur, die nicht durch zukünftige Einnahmen refinanziert werden. Kommunen können die öffentliche Förderung zur Schließung der Wirtschaftlichkeitslücke nutzen. Die Finanzierung der Zuschüsse kann u.a. über Darlehen der Investitions- und Strukturbank des Landes oder über Fördermittel aus EU-, Bundes- oder Landesprogrammen sowie unter Einbeziehung einer Bürgschaft des Landes erfolgen[46].

Der Rhein-Lahn-Kreis fördert ebenfalls die Wirtschaftlichkeitslücke, die sich beim kreisweiten Ausbau ergibt, über Fördergelder des Landes. Seit Juli 2015 können zusätzliche Mittel aus dem „Kommunalen Investitionsprogramm 3.0 - Rheinland-Pfalz (KI 3.0)" verwendet werden. Der Landkreis setzt die Gelder aus diesem Programm für den Breitbandausbau ein[47]. Insgesamt greift der Rhein-Lahn-Kreis auf rund 10 Mio. Euro Fördermittel zurück.

[45] Das ÖPP-Projekt und die ökonomischen Kennzahlen wurden auf der Regionalkonferenz des BMVI zum Breitbandausbau im September 2015 durch den Landkreis Cochem-Zell vorgestellt.
[46] Zu solchen Praxisbeispielen zählen die Landkreise Marburg-Biedenkopf und Eichsfeldkreis.
[47] Informationen zum Ausbauvorhaben des Rhein-Lahn-Kreises finden sich auf der Webseite des Kreises, abrufbar unter: http://www.rhein-lahn-kreis.de/html/cs_7185.html

## Betreibermodell Zweckverband mit Darlehensfinanzierung

Im Gegensatz zu einzelnen Kommunen können Zusammenschlüsse der Gemeinden z.B. in Form von Zweckverbänden als Instrument der interkommunalen Zusammenarbeit von höheren Fördersummen profitieren (siehe Kapitel 6.1.1). In diesen Fällen übernimmt der Zweckverband eigenverantwortlich den Ausbau der passiven Infrastruktur, beauftragt hierfür aber einen Netzbetreiber und verpachtet schließlich das Netz an diesen. Der Ausbau erfolgt schrittweise nach erfolgreicher Vorvermarktung der Anschlüsse. Zweckverbände können auf Darlehen der Landesinvestitionsbank (in Rheinland-Pfalz bis 10 Mio. Euro) und der KfW (max. 50 Prozent der Investitionskosten) zurückgreifen. Zusätzlich werden lokale Kreditinstitute zur Finanzierung eingebunden sowie eine Verbandsumlage von den teilnehmenden Gemeinden erhoben[48].

## Betreibermodell Fondsgesellschaft mit privatwirtschaftlicher Finanzierung

Eine Form der ausschließlich privaten Finanzierung bildet die Fondsgesellschaft (in der rechtlichen Form einer GmbH & Co. KG), zu der sich Bürger zusammenschließen (siehe Kapitel 6.1.2.3). Die Fondsgesellschaft (auch Bürgergesellschaft genannt) beauftragt einen Netzbetreiber mit Aufbau und Betrieb des Netzes.

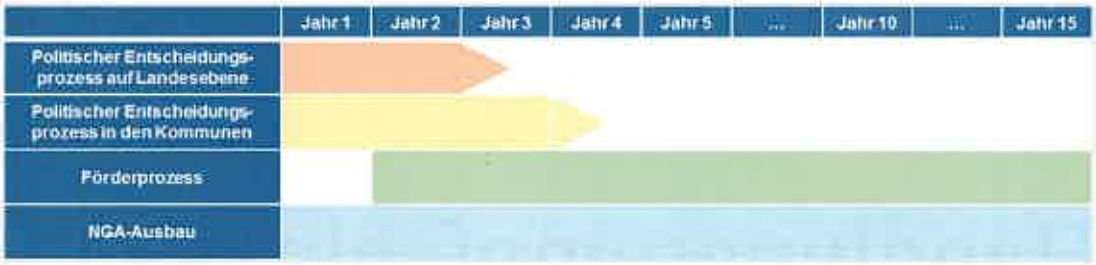
Endnutzer von Breitbandanschlüssen werden in diesem Fall Gesellschafter und stellen als Anleger der Fondsgesellschaft ein Darlehen zur Verfügung. Je mehr Anleger sich an dem Projekt beteiligen, desto größer ist die Darlehenssumme. Die Anleihen werden je nach Ausbau- bzw. Betriebsphase des Breitbandnetzes mit unterschiedlichen Zinsätzen bewertet. Ein Beispiel einer solchen Fondsgesellschaft rechnet mit folgenden Anteilen und Zinssätzen[49]: Bei einem Anlegeranteil von 1.000 Euro entfallen 100 Euro auf den Kommanditanteil und 900 Euro auf den eigentlichen Darlehensbetrag. Auf diesen werden während der Netzaufbauphase 2,5 Prozent Zinsen geleistet, auf die Betriebsphase schließlich maximal 4,5 Prozent. Die Laufzeit solcher „Bürgerdarlehen" beträgt u.a. 30 Jahre. Die Investitionskosten sollen so zu 30 Prozent aus Kommanditeinlagen und Gesellschafterdarlehen finanziert werden. Zusätzlich wird weiteres Fremdkapital von Kreditinstituten (Privatbanken sowie Landesinvestitionsbank) einbezogen, über die die restlichen 70 Prozent des Kapitalbedarfs gedeckt werden.

[48] Beispiel des Zweckverbandes Dithmarschen in Schleswig-Holstein, welcher Investitionskosten von rund 130 Mio. Euro decken muss.
[49] Beispiel der BürgerBreitbandNetz GmbH & Co. KG im Landkreis Nordfriesland/Schleswig-Holstein. In diesem Projekt soll ein FTTH-Ausbau für ca. 68 Mio. Euro erfolgen.

# 9.

# Handlungsempfehlungen

Der Ausbau der Breitbandinfrastruktur in Rheinland-Pfalz kann durch viele Faktoren gestärkt und vorangetrieben werden. Der Prozess bis zur vollständigen Realisierung eines flächendeckenden 300 Mbit/s-Netzes wird erfahrungsgemäß mindestens 15 Jahre in Anspruch nehmen.

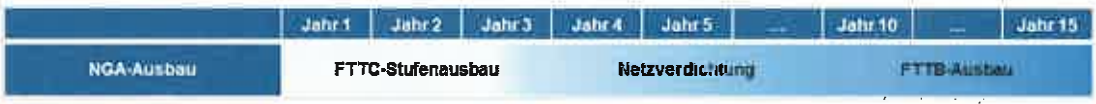



Dieser große Zeithorizont ist in der Formulierung einer Strategie zu berücksichtigen. Sowohl der netztechnische Ausbau als auch die politischen und förderrechtlichen Entscheidungsprozesse folgen Verfahrensschritten, die nur begrenzt beschleunigt werden können.

# 9.1 Netzplanung und Umsetzung

## Stufenausbau senkt Investitionskosten

**Der Breitbandausbau mit Bandbreiten von mindestens 300 Mbit/s ist aus heutiger Sicht in vielen Regionen mit einem Infrastrukturwandel verbunden.** Der flächendeckende Ausbau von Glasfasernetzen muss mehrheitlich bis in die Gebäude erfolgen, um die zukünftig nachgefragten hohen Bandbreiten sicherzustellen (FTTB). Aufgrund der in der Studie beschriebenen Marktzusammenhänge und Investitionsvolumen sind Zwischenschritte notwendig und sinnvoll. **Der in Rheinland-Pfalz bereits durchgeführte Stufenausbau stellt die Weichen für die Realisierung eines zukünftigen FTTB/FTTH-Netzes.**




Der Rückgriff auf FTTC-Netze und deren Erschließung mit Glasfaser stellt einen geeigneten Zwischenschritt dar, die Glasfasernetze bis in die Ortslagen zu bringen. Wenn in den Baumaßnahmen bereits zusätzliche Netzreserven vorgesehen sind, bilden diese die Basis für den nächsten Schritt in Richtung Netzverdichtung. Diese wird über zusätzliche aktive Netzelemente wie Multifunktionsgehäuse bzw. MSANs erreicht. Hierbei muss das Kundenpotenzial geprüft werden. Die Installation neuer Verteiler ist bei einer geringen zu versorgenden Haushaltszahl unwirtschaftlich, weshalb eine direkte FTTB-Verlegung sinnvoller ist. **Über FTTC und eine Netzverdichtung werden Teile des späteren Hauptkabel- und Verteilnetzbereich eines FTTB-Netzes realisiert. Entsprechend wird ca. ein Viertel der notwendigen Investitionen für ein FTTB-Netz schon vorab getätigt.**

Alle verfügbaren Technologien wie G.fast und Super Vectoring, die höhere Bandbreiten im Nahbereich der Kabelverzweiger bereitstellen, sollten für den Stufenausbau genutzt werden. **Ein Technologiemix kann die Investitionskosten senken und den Ausbau in der Fläche voranbringen.**

Die folgenden Abbildungen illustrieren den vorgestellten Stufenausbau von FTTC zu FTTB und die Netzverdichtung.

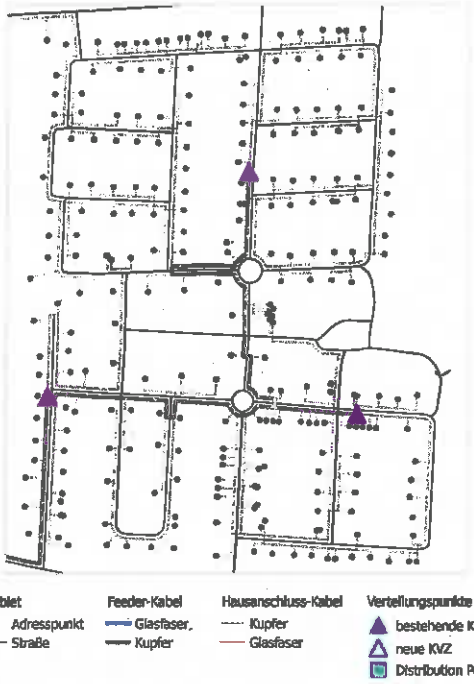



Abbildung 32: Schematischer Stufenausbau und Netzverdichtung

Bild 1: Ausgangspunkt bildet das Netz auf Basis von KVz und Kupferkabel, mit dem alle Adressen verbunden sind.

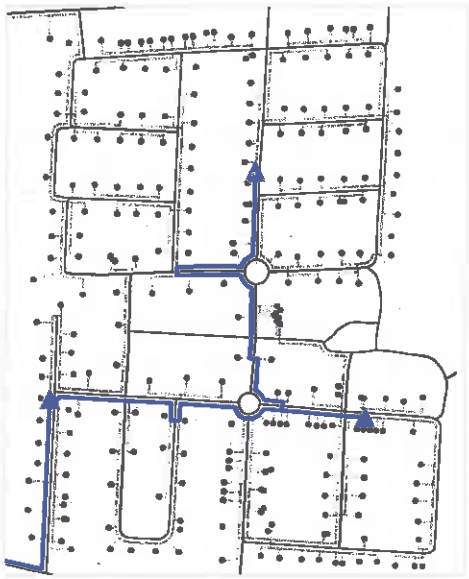


Bild 2: Im ersten Ausbauschritt werden KVz mit Outdoor-DSLAM's überbaut und Glasfaser angeschlossen. Dieser „klassische" FTTC-Ausbau berücksichtigt bereits die notwendigen Netzkapazitäten und -strukturen eines FTTB/FTTH-Zielnetzes.

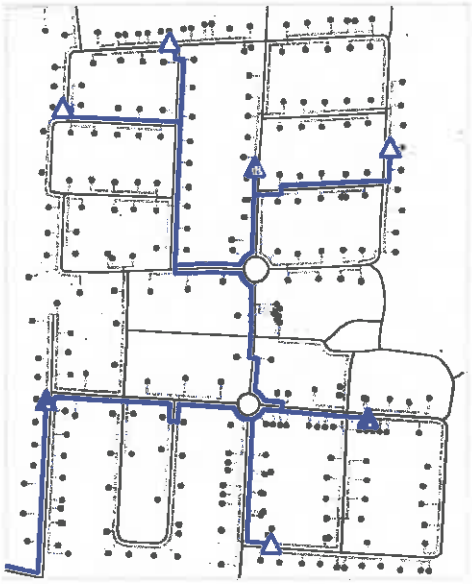


Bild 3: Für den Stufenausbau im Sinne einer Netzverdichtung werden schließlich neue strategische KVz gesetzt, so dass die Kupferleitungslängen weiter reduziert werden. Auf dieser Basis werden technologische Potentiale von FTTC-Technologien optimal ausgenutzt.

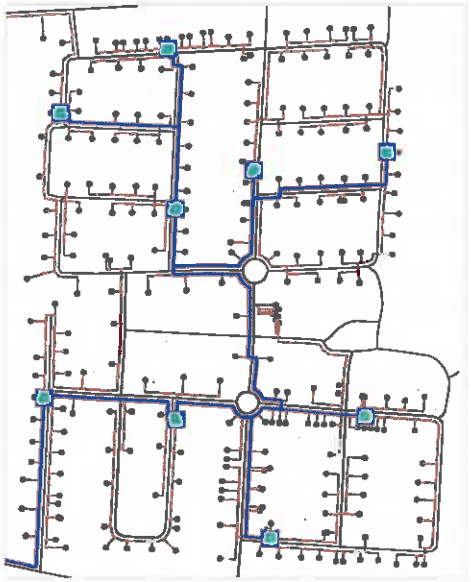


Bild 4: Der Technologiewandel von Kupfer auf Glas vollzieht sich mit dem Ausbau von FTTB/FTTH. Glasfaseranschlusskabel werden von den Netzverteilern bis hin zu den Gebäuden verlegt. Die aktive Technologie von FTTC wird abgebaut und durch passive Netzverteiler ersetzt.

## Ausbau auf Bedarfsorientierung ausrichten

Angesichts der hohen Investitionssummen empfiehlt sich ein öffentlich geförderter Ausbau des FTTB-Netzes nach Prioritäten und Bedarf. Insbesondere Gewerbestandorte können in einem ersten Schritt mit FTTB angeschlossen werden. Ihrem Bedarf an hohen Bandbreiten für z.B. Cloud-Computing-Dienste könnte Vorrang vor der Nachfrage der privaten Haushalte eingeräumt werden, welche im direkten Vergleich vorrangig Dienste mit geringerer Bandbreitenanforderung nutzen und auch zukünftig nutzen werden.

**Im Sinne einer Bedarfsorientierung ist zu prüfen, ob und wie die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und die Steigerung der Standortattraktivität sowie die Versorgung von Behörden und anderen Institutionen der öffentlichen Verwaltung, Bildungseinrichtungen sowie wichtigen Trägern in den Sektoren Gesundheit, Verkehr und Energie in den jeweiligen kommunalen Ausbaustrategien stärker berücksichtigt werden könnten.**

## Erfassung von Infrastrukturen ausweiten und standardisieren

In einer Netzplanung müssen alle verfügbaren Infrastrukturen berücksichtigt werden, weshalb die Informationen aktuell und allen Beteiligten zugänglich sein sollten. Letzteres ist bereits der Fall. **Optimierungspotential besteht in der einheitlichen, stringenten und zeitnahen Erfassung und Dokumentation auf allen Ebenen.** Das Land könnte die Dokumentation von analog vorliegenden Infrastrukturen übernehmen, standardisierte Erfassungsformate festlegen und Informationsangebote und Leitfäden für Infrastrukturinhaber (Baulastträger, Versorger, Telekommunikationsunternehmen) anbieten, um den Wissenstransfer zwischen Infrastrukturinhabern und -nutzern zu verbessern.

**Der Infrastrukturatlas Rheinland-Pfalz übernimmt die Rolle des wichtigsten Planungswerkzeuges, weil die darin enthaltenen standardisiert erfassten Breitbandinfrastrukturen nutzbringend und kostensenkend in die Projektplanung einbezogen werden.** Die Ergebnisse der Netzplanung der 300-Mbit/s-Studie fließen in den Infrastrukturatlas ein und können für laufende und zukünftige Ausbauvorhaben genutzt werden.

## Synergienutzung ausbauen und zentrale Koordination schaffen

Die Kostenreduktion durch Nutzung von Synergien stellt einen entscheidenden Baustein im Aufbau einer flächendeckenden NGA-Versorgung dar. **In Vorbereitung einer Netzplanung werden vorhandene Synergien erfasst und auf Kreisebene eine Leerrohrplanung durchgeführt.** Eine Basis hierfür bildet die landesweite Netzplanung, die der Studie zu Grunde liegt.

**Die Bauämter können die Mitverlegung koordinieren.** Sie haben bereits die Hoheit über geplante Tiefbaumaßnahmen und können den Prozess gestalten. Außerdem sollten die Baulastträger direkt in der Planungsphase der Baumaßnahmen integriert werden. Bei ihnen muss frühzeitig das Verständnis für die Potentiale einer Synergienutzung geschaffen werden.

# 9.2 Marktakteure

## Rolle der Versorgungsunternehmen stärken

Ein Großteil der zukünftigen Investitionen in FTTB-Netze kann über die Versorgungsunternehmen (VSU) in Rheinland-Pfalz getragen werden. Im Vergleich zu den Telekommunikationsunternehmen (TKU) besitzen Versorgungsunternehmen zum Teil bessere Voraussetzungen, indem sie Synergien u.a. in den Energienetzstrukturen nutzen und mit längeren Refinanzierungszeiträumen planen als TKU.

Regionale VSU können den FTTB-Ausbau insbesondere in den Landkreisen und kreisfreien Städten übernehmen, in denen sie bereits über eine umfangreiche Infrastruktur verfügen. Flächenversorger sind wiederum nicht regional begrenzt aktiv und könnten mithilfe von förderrechtlichen Anreizen den NGA-Ausbau in Kooperation mit TKU in den Gebieten vorantreiben, in denen keine anderen Netzbetreiber über Netzstrukturen verfügen.

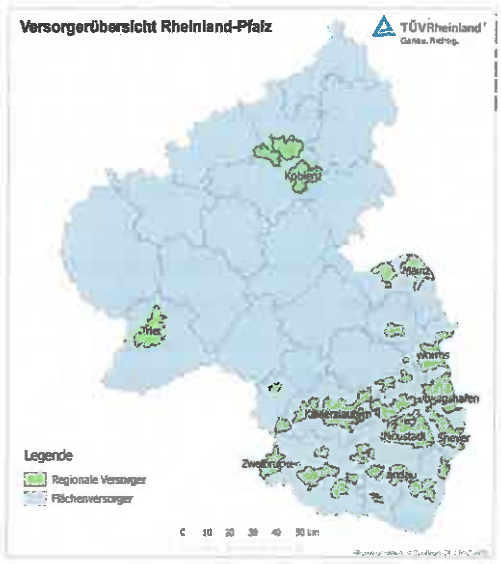



Abbildung 33: Regionale Verteilung der Versorgungsunternehmen in Rheinland-Pfalz

## Versorgungspotentiale der Kabelnetzbetreiber nutzen

In Rheinland-Pfalz sind bereits 56,8 Prozent der Haushalte perspektivisch durch vorhandene CATV-Netze mit 300 Mbit/s versorgt. **Die vorhandenen Infrastrukturen der Kabelnetzbetreiber (KNB) spielen eine entscheidende Rolle, um Synergien zu heben und Investitionskosten für einen kompletten Neubau zu senken.** KNB sind strategische Partner; Politik sollte im direkten Austausch mit ihnen Kooperationen prüfen und für die Öffnung ihrer Netze (Open Access) werben. Mit welchen Instrumenten dies erfolgen kann, ist nachfolgend vorgestellt.

## Kooperation aller Marktakteure

Der Ausbau der Netze ist nur durch Zusammenarbeit und Abstimmung aller Akteure aus den Bereichen öffentliche Hand, TKU, VSU und KNB möglich. **Die Netzbetreiber sind in die Formullerung von Ausbaustrategien frühzeitig einzubinden - über eine institutionalisierte Kooperation in Form von z.B. einer Allianz oder eines erweiterten Runden Tisches.** Neben den Netzbetreibern sollten auch Vertreter der Wirtschaftsförderung, Wirtschaftsverbände und anderer Breitbandkundengruppen sowie die öffentliche Hand an einer solch formalisierten Kooperation teilnehmen.

**Diensteanbieter sind als weitere wichtige Marktteilnehmer ebenfalls einzubinden:** Für den Erfolg von Kooperationsmodellen ist es entscheidend, möglichst viele für die Nutzung der Infrastrukturen und Vorleistungsprodukte zu gewinnen. Auf diese Weise kann die notwendige hohe Auslastung des Netzes erreicht werden.

Neben gemeinsamen Absichtserklärungen sollte vor allem eine **Abstimmung bei Ausbauvorhaben** erfolgen – trotz der wettbewerblichen Situation. Das ÖPP in Cochem-Zell zeigt die Vorteile einer direkten Kooperation, um unter schwierigen Ausgangsbedingungen trotzdem ein Ausbauvorhaben voranzutreiben. Es ist zu prüfen, ob ein Teil der Investitionen in passi-

ve Netze durch die öffentliche Hand und VSU übernommen werden kann. Diese Vorleistungen können dann im Wettbewerb durch TKU betrieben werden.

### Grenzkostenbetrachtung Betreibermodell FTTB - Stufenausbau

Die Modellbetrachtung einer Infrastruktur- und Betreibergesellschaft hat gezeigt, dass ein FTTB-Ausbaukonzept aus heutiger Sicht in Rheinland-Pfalz ohne Zuschuss von mindestens 50 Prozent der Investitionskosten nicht wirtschaftlich zu betreiben ist. Der Grenzwert für die Realisierbarkeit von FTTB-Projekten über ein Betreibermodell liegt bei einer Pachtzahlung von maximal neun Euro je Kunde. Angesichts dieser Anforderung müssen entsprechende Projektgebiete eine hohe Quote an vorhandenen Infrastrukturen und Synergien (z.B. Mitverlegungen bei innerörtlichen Versorgungstrassen) aufweisen.

**Auf Basis der in der Studie erhobenen Daten und Berechnungen können erste Projektgebiete für detaillierte Bewertungen ausgewählt werden. Beispiele, die die Vorbedingungen erfüllen, sind die Landkreise Mainz-Bingen und Trier-Saarburg. Regionen ohne diese notwendigen Voraussetzungen für einen FTTB-Vollausbau wird empfohlen, den beschriebenen zukunftsorientierten Stufenausbau voranzutreiben.**

## 9.3 Förderung

### Förderprogramme an höhere Bandbreitenziele anpassen

Fast alle Förderprogramme stellen die Grundversorgung mit Bandbreiten von 50 Mbit/s in den Mittelpunkt. Diese Festlegung ist u.a. der Erreichung des politischen Ziels für das Jahr 2018 geschuldet. **Für die weitere Entwicklung der Breitbandnetze ist eine Voraussetzung, dass auch Projekte zur Versorgung mit höheren Bandbreiten schon jetzt unterstützt und in die Förderung eingeschlossen werden.**

**Aufgabe ist es, dass bereits heute in der Netzplanung und in der Gestaltung von Förderprogrammen die aufgebauten und noch aufzubauenden Netze für das 50-Mbit/s-Versorgungsziel die zukünftigen Netzkapazitäten und Strukturen berücksichtigt werden.** Der Ausbau sollte in eine langfristige regionale Infrastrukturplanung eingebunden werden, die aus Koordinierung der Ausbauvorhaben, Synergienutzung und Stufenausbau besteht. Das Bundesförderprogramm honoriert über das Scoring-Modell beispielsweise den Ausbau bis 100 Mbit/s.

**Zur Umsetzung des NGA-Ausbaus bildet die Förderrichtlinie des Landes die Grundlage.** Diese stellt eine Förderung von Maßnahmen zur Mitverlegung von Leerrohren in Vorbereitung auf zukünftige FTTB-/FTTH-Anschlüsse in Aussicht.

### Gleichberechtigte Förderung Betreibermodell und Zuschussmodell

Die Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit von FTTB-Netzen zeigen, dass der Ausbau vorrangig ein Refinanzierungsproblem darstellt. Die notwendigen Fördermittel in Höhe von mindestens zwei Mrd. Euro können durch die öffentliche Hand nicht bereitgestellt werden; die Förderquote betrüge hier 84 und 94 Prozent. Stattdessen sollten Betreibermodelle unter Beteiligung von öffentlicher Hand und von VSU genutzt werden, um mit langen Refinanzierungszeiträumen einen Teil der für TKU unwirtschaftlichen Investitionen zu stemmen.

Bürgschaften und Darlehen für Kommunen stellen ein wichtiges Instrument dar. Die durch die Betreibermodelle entstehenden Vorteile reichen allerdings nicht aus, um flächendeckende FTTB-Netze aus heutiger Sicht ohne Zuschüsse zu realisieren. Die notwendigen Anschlusszahlen von mehr als 60 Prozent werden in Rheinland-Pfalz nicht erreicht.

Die Förderansätze Wirtschaftlichkeitslücke und Betreibermodelle sind gleichberechtigt zu berücksichtigen. Die neue Förderrichtlinie des Landes trägt dem Rechnung. Die Förderung von unterschiedlichen Trägermodellen (Betreibermodelle, ÖPP und Wirtschaftlichkeitslücke) könnte je nach Ausbaustufe erwogen werden. Wenn die notwendigen regionalen Rahmenbedingungen für ein Betreibermodell nicht erreicht werden, dann stellt der Ausbau der Netze über die Wirtschaftlichkeitslückenförderung mit dem Zwischenziel einer Netzverdichtung eine ebenso sinnvolle Vorgehensweise dar. Dies kann auch die abschnittsweise Mitverlegung von Leerrohren zur Vorbereitung der nächsten Ausbaustufe FTTB umfassen.

In Hinblick auf einen Stufenausbau ist entscheidend, dass diejenigen Projekte vor allem gefördert werden, die zukunftsorientierte und erweiterbare Netze sicherstellen und die nächsten Ausbauschritte in Richtung FTTB/FTTH bereits in der Planung berücksichtigen.

## Refinanzierung

Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der Projekte sind die Kundenzahlen. Gerade zu Projektbeginn werden noch nicht die notwendigen Anschlusszahlen erreicht. Zeitgleich fallen jedoch Kosten für Zinsen und Betrieb direkt an. **Es bietet sich an, eine tilgungs- und zinsfreie Anfangsphase zu ermöglichen bzw. einen Teil der Finanzierungskosten zu subventionieren.**

## Fördergegenstand Beratungsleistungen

Für die Umsetzung eines notwendigen Stufenausbaus von FTTC über Zwischenschritte zu FTTB sind umfangreiche vorbereitende planerische Maßnahmen notwendig. Die hierfür anfallenden Planungs- und Beratungskosten sind über Fördermittel zu unterstützen, sodass Anreize zur zukunftssicheren Ausgestaltung des Ausbaus bestehen. **Die Förderung könnte alle Beratungsleistungen einschließen, die in Vorbereitung auf einen Netzausbau erforderlich sind.**

Fachkompetenz und Qualität müssen in den Planungs- und Beratungsleistungen sichergestellt sein. Zur Orientierung für die Kommunen können durch das Land jenseits der Vorgaben in der Förderrechtlinie Standards und Leitfäden entwickelt werden. Dazu zählen u.a. ein standardisiertes Leistungsverzeichnis für Beratungsleistungen oder ein Annahmen- und Bewertungskatalog für Netzplanungen (netztechnische und betriebswirtschaftliche Planungsparameter wie Reichweitenentfernung von Technologien und Kostengerüste) sowie Standards für eine einheitliche Geodatenverarbeitung.

## Zulässige Förderung von Gewerbebetrieben

Zur Umsetzung des stufenweisen Ausbaus sollten Glasfaseranschlüsse für Gewerbe explizit gefördert werden. Gewerbe besitzen heute bereits Bedarf nach symmetrischen Anschlüssen. Die so entstehenden Netze bilden die Grundlage für einen späteren flächendeckenden Breitbandausbau.

# 9.4 Kommunikation

Der Erfolg eines schrittweisen Ausbaus von 300-Mbit's-Netzen ist abhängig von der politischen und öffentlichen Wahrnehmung. Der Breitbandausbau muss als wichtige und notwendige Zukunftsinvestition verstanden werden. **Information, Aufklärung und Mobilisierung aller betroffenen Akteure sollte intensiviert werden, um das lokale und regionale Engagement zu stärken.** Entscheidungen über den Netzausbau werden nicht nur von einem Akteur getroffen wie den Landräten oder Bürgermeistern. Eine breite Mehrheit u.a. in Kreistagen und Gemeinderäten ist erforderlich, um die notwendigen Haushaltsmittel zur Verfügung zu stellen. Ein strukturierter und kontinuierlicher Dialogprozess kann Entscheidungsverfahren positiv begleiten.

## Mobilisierung der Zielgruppen – „Informieren und Vernetzen"

**Die vom Land (Breitbandkompetenzzentrum) bereits umgesetzte Aufklärungs-, Öffentlichkeits- und Beratungsarbeit muss fortgesetzt und ausgebaut werden.** Auf Landesebene wurde bereits ein Runder Tisch eingerichtet. Die Bildung einer landesweiten Allianz bzw. einer institutionalisierten Kooperation stellt einen weiteren wichtigen Baustein dar, der unter „Kooperation der Marktakteure" (Punkt 9.2) bereits vorgestellt wurde.

Es ist allerdings auch von großer Bedeutung, **auf kommunaler Ebene eigenständige regelmäßige Dialogformate durchzuführen.** In jedem Landkreis könnte halbjährlich/jährlich ein Runder Tisch stattfinden, um den Informationsaustausch und Wissenstransfer zu fördern, insbesondere über Erfahrungen aus geplanten oder laufenden Ausbauprojekten. Der potentielle Teilnehmerkreis umfasst:

- Mandatsträger in allen politischen Gremien (z.B. im Landtag, in Kreistagen und Gemeinderäten sowie die rheinland-pfälzischen Abgeordnete des Bundestages und des Europäischen Parlaments)
- Marktteilnehmer, die den Netzausbau betreiben, wie Telekommunikations- und Versorgungsunternehmen sowie Kabelnetzbetreiber
- Gewerbetreibende und Vertreter der Einrichtungen, die vom Ausbau profitieren
- Multiplikatoren wie kommunale Spitzenverbände (Städte- und Gemeindebund, Landkreistag)
- Multiplikatoren aus der Wirtschaft wie Industrie- und Handelskammern, Handwerkskammern und andere Verbände, u.a. Mittelstandvereinigung, Tourismusverband und Branchenverbände aus dem Telekommunikationssektor aber auch aus den mit Breitband anzubindenden Sektoren
- Presse und Öffentlichkeit

Das Land kann auf diese Weise fortlaufend über Entwicklungen u.a. über Förderprogramme auf Bundesebene und Pilotprojekte in anderen Bundesländern berichten.

## Öffentlichkeitsarbeit – „Informieren und Gesicht zeigen"

Der Breitbandausbau muss eine positive Konnotation in der Presse und Öffentlichkeit erhalten. Über die enormen finanziellen Anstrengungen solite transparent und proaktiv aufgeklärt werden. Allerdings bilden sie nur eine Seite des Themas ab. **Die Perspektiven und Potentiale, die sich für Privatpersonen und Gewerbetreibende durch den Anschluss an ultraschnelles Internet ergeben, sollten stärker kommuniziert werden.** Hierfür können über alle Kommunikationskanäle (Webseite, Printmaterial, Veranstaltungen etc.) Pilotprojekte aus Rheinland-Pfalz oder anderen Bundesländern vorgestellt werden.

# 9.5 Organisation und Steuerung

## Zentrale Koordinierungs- und Projektstelle auf Landesebene

Zur Steuerung und Koordinierung eines langfristigen stufenweisen Breitbandausbaus in Rheinland-Pfalz ist die Arbeit der zentralen Koordinierungs- und Projektstelle, dem Breitbandkompetenzzentrum, entscheidend. Eine Vernetzung und intensive Abstimmung aller Beteiligten führt zu Effizienzgewinnen und beschleunigt die Umsetzung von Ausbauprojekten. **Der Aufbau einer Projektstruktur bis in die kommunale Ebene unterstützt und vereinfacht Entscheidungsprozesse. Mit den regionalen Breitbandberatern hat Rheinland-Pfalz bereits einen wichtigen Schritt unternommen.**

Zur Sicherstellung der Qualität und Zukunftsorientierung der Netzausbaumaßnahmen wird die **zentrale Standardisierung von Planungs- und Umsetzungsvorgaben** empfohlen. Entsprechende Leitlinien des Landes sind für die Bereiche Planung, Technologie und Beratungsleistungen aufzubauen und umzusetzen. Beispiele sind unter dem Punkt 9.3 „Fördergegenstand Beratungsleistungen" in den Handlungsempfehlungen vorgestellt.

## Kreiskoordinatoren

**Die Einsetzung von Kreiskoordinatoren stellt einen zusätzlichen Mehrwert dar**, weil sie als zentrale Ansprechpartner in den Kreisen die Entscheider vor Ort aufklären und mobilisieren sowie Projekte koordinieren und moderieren können. Diese Notwendigkeit wurde von den Kommunen erkannt. Der Einsatz solcher Kreiskoordinatoren in Rheinland-Pfalz hat sich in vielen Projekten bewährt und sollte fortgeführt werden. Insbesondere für die Realisierung von Kooperationsmodellen oder komplexeren Betreibermodellen sind sowohl umfassendes Fachwissen als auch weitere Ressourcen auf kommunaler Seite notwendig. Kommunen, die ein großes Potential für den Start solcher Projekte besitzen, sollten die Schaffung einer Vollzeitstelle eines Breitbandkoordinators prüfen. Die Erfahrung zeigt, dass von den ersten Ideen für eine kommunale Ausbaustrategie bis zum Bau der Breitbandinfrastruktur über zwei Jahre vergehen. In dieser Zeit übernimmt der Koordinator wichtige Planungs- und Steueraufgaben.

# 9.6 Verzahnung der Breitbandstrategie

Der Breitbandausbau ist ein Bestandteil des grundsätzlichen Ausbaus von digitalen Infrastrukturen. Diese umfassen auch die Verbindung der Telekommunikationsnetze mit den Energie- und Verkehrsnetzen sowie den Logistik-, Verwaltungs-, Gesundheits- und Bildungsnetzen. Aus diesem Grund ist der **Ausbau von NGA-Netzen eng mit der digitalen Strategie des Landes verknüpft**, die Potentiale der Digitalisierung auch im ländlichen Raum zu nutzen. Die Standortunabhängigkeit sowohl für Gewerbetreibende wie auch für Privatpersonen ist ein wichtiges Argument, dass die Nachfrage nach intelligent vernetzten, digitalen Diensten und Produkten und damit auch nach höheren Bandbreiten stärkt. Eine Landesstrategie sollte daher auch immer die Potentiale und Nutzungsmöglichkeiten einbeziehen, die durch den Breitbandausbau entstehen.

Die Vorstellung von Pilotprojekten aus allen Sektoren, jenseits des Breitbandausbaus, ist Teil einer Kommunikationsstrategie.

# Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

## Abbildungsverzeichnis


Abbildung 1: Verteilung der Breitbandverfügbarkeit ..... 20
Abbildung 2: Breitbandverfügbarkeit Rheinland-Pfalz ≥ 30 Mbit/s ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
Abbildung 3: Breitbandverfügbarkeit Rheinland-Pfalz ≥ 50 Mbit/s ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
Abbildung 4: Breitbandverfügbarkeit Rheinland-Pfalz ≥ 100 Mbit/s ..... 26
Abbildung 5: Netzabschnitte ..... 28
Abbildung 6: Netzabschnitt 1 – Backbone ..... 28
Abbildung 7: Netzabschnitt 2 – Hauptkabelbereich ..... 29
Abbildung 8: Netzabschnitt 3 – Anschluss- und Verteilbereich und Netzabschnitt 4 – Hausanschluss ..... 29
Abbildung 9: Grundsätzlich verfügbare Technologien ..... 31
Abbildung 10: Kabelgebunde Technologien ..... 32
Abbildung 11: Kabelfernsehnetz/Hybrid Fibre Coax ..... 33
Abbildung 12: P2P und P2MP (GPON) ..... 34
Abbildung 13: Theoretisch erreichbare Bandbreiten von Mobilfunkstandards ..... 36
Abbildung 14: Kabelgebundene Technologien – Reichweiten und Übertragungsraten ..... 40
Abbildung 15: Vorgehen zur NGA-Netzplanung und Kostenermittlung ..... 60
Abbildung 16: Geobasisdaten für die Netzplanung ..... 61
Abbildung 17: Schema einer adress- und lagegenauen Netzplanung ..... 66
Abbildung 18: Versorgungsgrad der Landkreise mit 300 Mbit/s ..... 67
Abbildung 19: Überblick Netzschemaplan inkl. Backbone-Netz ..... 68
Abbildung 20: Überblick Hauptkabeltrassenverlauf in Rheinland-Pfalz ..... 70
Abbildung 21: Netztopologie in der Detailansicht ..... 71
Abbildung 22: Überblick der FTTB-Ausbaukosten je Landkreis bzw. kreisfreie Stadt ..... 72
Abbildung 23: Verteilung der FTTB-Ausbaukosten je Haushalt ..... 76
Abbildung 24: Übersicht Synergietrassen ..... 81
Abbildung 25: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse ..... 85
Abbildung 26: Stufen der Wertschöpfung eines Netzausbaus ..... 87
Abbildung 27: Vergleich Top-Down und Bottom-Up Ansatz von Trägermodellen ..... 91
Abbildung 28: Zusammensetzung der Wirtschaftlichkeitslücke ..... 94
Abbildung 29: Analyseschritte zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeitslücke ..... 96
Abbildung 30: Sensitivität der Wirtschaftlichkeitslücke ..... 101
Abbildung 31: Zusammenhang Bevölkerungsdichte und FTTB-Ausbaukosten ..... 110
Abbildung 32: Schematischer Stufenausbau und Netzverdichtung ..... 127
Abbildung 33: Regionale Verteilung der Versorgungsunternehmen in Rheinland-Pfalz ..... 129


## Tabellenverzeichnis


Tabelle 1: Kostenübersicht FTTB- und FTTH-Ausbau in Rheinland-Pfalz ..... 10
Tabelle 2: Überblick der Einsparpotentiale bei einem FTTB-Vollausbau ..... 11
Tabelle 3: Breitbandversorgung in Rheinland-Pfalz mit 30 Mbit/s und 50 Mbit/s nach Technologien ..... 21
Tabelle 4: Breitbandversorgung 30 und 50 Mbit/s nach Siedlungsstrukturen ..... 21
Tabelle 5: Versorgungssituation in Landkreisen und kreisfreien Städte ..... 24
Tabelle 6: Breitbandversorgung ≥ 100 Mbit/s ..... 25
Tabelle 7: Breitbandversorgung über CATV ..... 25
Tabelle 8: Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Netztechnologien ..... 35
Tabelle 9: Vergleichsübersicht der Technologiebewertung ..... 41
Tabelle 10: Geschäftsbereiche und Planungshorizonte der unterschiedlichen Unternehmenskategorien ..... 45
Tabelle 11: Technische Anforderungen der Entertainment-Dienste für den privaten Sektor ..... 48
Tabelle 12: Technische Anforderungen der Industrie-4.0-Dienste ..... 49
Tabelle 13: Technische Anforderungen der KMU-Dienste ..... 50
Tabelle 14: Technische Anforderungen der eHealth-Dienste ..... 51
Tabelle 15: Technische Anforderungen der eGovernment-Dienste ..... 52
Tabelle 16: Technische Anforderungen der intelligenten Mobilitätsdienste ..... 53
Tabelle 17: Technische Anforderungen der Landwirtschaftsdienste ..... 53

Tabelle 18: Anforderungen der Smart-Grid-Dienste ..... 54
Tabelle 19: Datenübertragungsdauer 50 GB ..... 55
Tabelle 20: Bandbreitenbedarf parallel laufender Anwendungen ..... 55
Tabelle 21: Datenübertragung 10 GB ..... 56
Tabelle 22: Technische Anforderungen von Anwendungsbeispielen ..... 56
Tabelle 23: Geobasisdaten in Rheinland-Pfalz ..... 61
Tabelle 24: Parameter der Netzplanung ..... 64
Tabelle 25: Struktur der Netzkosten und Basis der Mengenplanungen ..... 65
Tabelle 26: Übersicht der auszubauenden Haushalte ..... 66
Tabelle 27: Gesamtkosten für FTTB-Vollausbau auf Landesebene ..... 69
Tabelle 28: Verteilung der Gesamtkosten für FTTB-Vollausbau nach Netzelementen ..... 69
Tabelle 29: FTTB-Ausbaukosten nach Landkreisen/kreisfreien Städten ..... 73
Tabelle 30: FTTB-Ausbaukosten nach Verbandsgemeinden ..... 75
Tabelle 31: Gesamtkosten für FTTH-Ausbau on top FTTB-Vollausbau ..... 77
Tabelle 32: Kosten für den FTTH-Ausbau on top nach Landkreisen/kreisfreien Städten ..... 78
Tabelle 33: Kostanteile für FTTB- und FTTH-Ausbau ..... 79
Tabelle 34: Einsparpotential durch Nutzung von FTTC-Trassen ..... 80
Tabelle 35: Einsparpotential durch die Nutzung von Synergietrassen ..... 80
Tabelle 36: Gesamtkosten und Einsparungen beim FTTB-95-Prozent-Szenario ..... 82
Tabelle 37: Gesamtkosten für das Ausbauszenario FTTB 95 Prozent ..... 83
Tabelle 38: Fixkosten und Einsparpotentiale beim FTTB-Vollausbau ..... 84
Tabelle 39: Ergebnisübersicht Wirtschaftlichkeitslücke ..... 98
Tabelle 40: Wirtschaftlichkeitslücke FTTB-Ausbau 100 % ..... 99
Tabelle 41: Wirtschaftlichkeitslücke FTTB-Ausbau 95 % ..... 100
Tabelle 42: Wirtschaftlichkeitslücke FTTB-Ausbau mit Synergieeffekten ..... 100
Tabelle 43: Variation der Wirtschaftlichkeitslücke beim FTTB-Vollausbau ..... 101
Tabelle 44: Vorgehensweise zur Modellrechnung eines Betreibermodells ..... 103
Tabelle 45: Kundenpotential in der Modellrechnung ..... 104
Tabelle 46: Verwaltungskosten der Infrastrukturgesellschaft beim Betreibermodell ..... 104
Tabelle 47: Kostenbestandteile der Infrastukturgesellschaft ..... 105
Tabelle 48: Monatliche Pacht je Anschluss und Kunde ..... 105
Tabelle 49: Monatliche Pacht je Anschluss und Kunde nach Anschlussquote ..... 105
Tabelle 50: Kostenbestandteile der Betreibergesellschaft ..... 106
Tabelle 51: Wirtschaftlichkeitslücke der Betreibergesellschaft ..... 106
Tabelle 52: Wirtschaftlichkeitslücke nach Anschluss- und Förderquote bei FTTB 100 Prozent ..... 107
Tabelle 53: Wirtschaftlichkeitslücke nach Anschluss- und Förderquote bei FTTB 95 Prozent ..... 107
Tabelle 54: Gegenüberstellung Ausbaukosten und Demografie auf Landkreisebene ..... 111
Tabelle 55: Übersicht Förderprogramme der Bundesländer ..... 117
Tabelle 56: Überblick Darlehensprogramme der EIB ..... 120
Tabelle 57: Überblick Darlehen der KfW ..... 121
Tabelle 58: Überblick Darlehen der Landwirtschaftlichen Rentenbank ..... 121
Tabelle 59: Überblick Darlehen der ISB ..... 122
Tabelle 60: Überblick Landesbürgschaftsprogramm Rheinland-Pfalz ..... 122

# Anhang

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Ergänzend zu den Erläuterungen in Kapitel 7.1 werden nachfolgend die grundsätzlichen Annahmen zur Berechnung der Wirtschaftlichkeitslücke weiterführend zusammengefasst sowie die Detailergebnisse der drei Ausbauszenarien dargestellt.

### ERGÄNZENDE ALLGEMEINE ANNAHMEN

#### Barwerte

Der Barwert drückt den Wert aus, den ein zukünftiger Zahlungsfluss in der Gegenwart hat. Übersteigen die Barwerte der erwarteten Einnahmen aus dem Betrieb die Barwerte der kalkulierten Investitions- und Betriebskosten, ist der Barwert insgesamt positiv. Das bedeutet, dass ein marktgetriebener Netzausbau in dem betreffenden Gebiet möglich ist. Ein solcher Fall tritt beispielsweise in Gebieten mit günstigen Voraussetzungen wie hoher Haushaltsdichte und vorhandenen Leerrohrkapazitäten ein.

#### Privat- und Geschäftskundenbasis

Die Anzahl der Haushalte in Rheinland-Pfalz, die im Sinne der genannten Definition unterversorgt sind, beläuft sich auf insgesamt 816.353, entsprechend einem Anteil von 43,2 Prozent aller Haushalte im Bundesland. Zur Bemessung des Kundenpotentials beim Betrieb eines ausgebauten FTTB-Breitbandnetzes muss zwischen Privat- und Geschäftskunden unterschiedenen werden. Deren Verteilung wird in die Kalkulation einbezogen.

Für Privatkunden beläuft sich das Potential auf insgesamt 806.307 Haushalte; während 10.046 Haushalte als potentielle Geschäftskunden in Frage kommen. Letztere entsprechen etwa 1,2 Prozent der unterversorgten Haushalte in Rheinland-Pfalz. Als Geschäftskunden sind diejenigen Unternehmen definiert, die in ausschließlich gewerblich genutzten Betriebsstätten angesiedelt sind. Dies schließt Kleinunternehmer in Einzelhandelslagen aus, die i.d.R. keine gewerblichen, sondern private Breitbandbandangebote nutzen (vgl. auch Kapitel 5). Die Schätzung der Geschäftskundenbasis erfolgt über Vergleichswerte alternativer Netzbetreiber und Ergebnisse einer Befragung von Experten. So geht beispielsweise das Wissenschaftliche Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (WIK) von einer Geschäftskundenbasis von 10 Prozent aus[50]. Dem gegenüber nehmen Landesbanken eine Basis von ca. 3 Prozent Geschäftskunden an.

Auch die Dauer des Verbleibs eines Kunden bei einem Telekommunikationsanbieter spielt eine wichtige Rolle bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. In der Praxis bleiben Kunden über die branchenübliche standardmäßige Vertragslaufzeit von 24 Monaten bei einem Anbieter. Gemäß Erfahrungswerten der Telekommunikationsbranche beläuft sich der auch Life-Cycle genannte Verbleib im Durchschnitt auf 92 Monate. Diese Werte werden im Folgenden erläutert.

#### Passives Netz versus aktive Komponenten

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeitslücke werden die aktiven Netzkomponenten, wie z.B. der Micro-DSLAM im Keller des Hauses, berücksichtigt. Diese fallen bei der Errichtung des Netzes beim Netzbetreiber tatsächlich an. Allerdings sind die Hausanschlusskosten nur für das mögliche Kundenpotential (siehe Punkt Privat- und Geschäftskunden) eingeschlossen. In Kapitel 6 wurde demgegenüber ein kompletter Netzausbau mit Hausanschlüssen für alle unterversorgten Haushalte geplant. Dies soll die Konzipierung eines Betreibermodells ermöglichen, bei dem passives und aktives Netz jeweils von verschiedenen Akteuren errichtet bzw. betrieben werden.

[50] Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (Hrsg.): Implikation eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, Bad Honnef 2011

## Betrachtungszeitraum

Mit dem Auftraggeber ist ein Betrachtungszeitraum von sieben Jahren vereinbart. Dieser Zeithorizont wird auch in anderen Bundesländern als Grundlage zur Berechnung der Wirtschaftlichkeitslücke verwendet, da innerhalb dieses Zeithorizonts die Gewährleistung von Open Access auf Vorleistungsebene und eine Zweckbindungsfrist gegeben sind. Das Jahr 0 beschreibt dabei den Zeitpunkt vor Inbetriebnahme, das Jahr 1 das erste Jahr nach Inbetriebnahme des Netzes.

## Kosten

In Absprache mit dem Auftraggeber sind keine Kosten für Endgeräte in die Berechnung einbezogen. Am Markt sind verschiedene Vorgehensweisen der Anbieter zu beobachten, d.h. teilweise werden die Endgeräte dem Kunden nur für die Vertragsdauer zur Verfügung gestellt oder müssen über eine zusätzliche Miete für das Endgerät vom Kunden selbst bezahlt werden. Eine Berücksichtigung dieser Kosten würde in der hier vorgenommenen Kalkulation zu höheren Investitionskosten für aktive Komponenten führen. Darüber hinaus fließen keine weiteren Kapitalkosten in die Berechnung der Wirtschaftlichkeitslücke ein.

# ANNAHMEN ZU FREMDLEISTUNGEN UND BETRIEBSKOSTEN

Im Folgenden sind Parameter und Annahmen für die Kostengerüste erläutert, welche die Grundlage für das Basisszenario (s.u.) bilden, anhand dessen die drei Ausbauszenarien kalkuliert werden.

## Penetrationsrate (Take Rate)

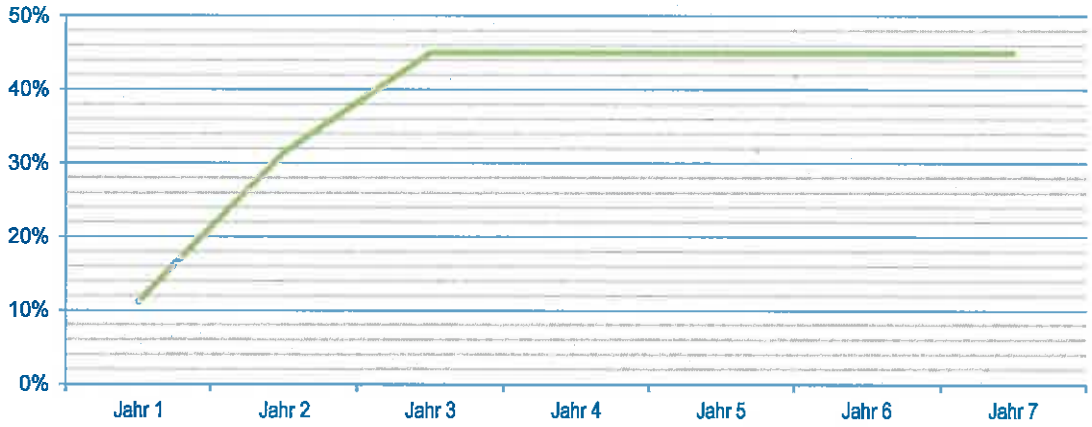
Zum Jahresende 2014 gab es in Deutschland 36,9 Mio. Festnetzanschlüsse. Damit verfügen nur noch 85 Prozent der Haushalte und Unternehmen über einen Festnetzanschluss. In der vorliegenden Prognose wird davon ausgegangen, dass der Trend zu Mobile-Only-Haushalten anhält und mittelfristig Festnetze nur noch zu drei Vierteln ausgelastet werden können. Daraus ergibt sich eine maximale Penetration von FTTx-Netzen in Höhe von 75 Prozent.

Die Zahl der Festnetzbreitbandanschlüsse in Deutschland belief sich im Jahr 2014 nach Angaben der Bundesnetzagentur auf 29,6 Mio. Der Großteil der vermarkteten und nachgefragten Breitbandanschlüsse liegt im mittleren Bandbreitenkorridor mit Übertragungsgeschwindigkeiten von maximal 30 Mbit/s. In Kabelnetzgebieten liegt die nachgefragte Bandbreite bei 67 Prozent der Anschlüsse ab 30 Mbit/s aufwärts und bei 23 Prozent der Anschlüsse ab 100 Mbit/s aufwärts. Diese Werte übertreffen deutlich diejenigen der Anschlusstechnologien insgesamt.

Das Basisszenario beruht auf der Annahme, dass ein Netzbetreiber innerhalb von sieben Jahren eine Penetration von 45 Prozent erreichen kann, um das gesamte Kundenpotenzial in Rheinland-Pfalz auszuschöpfen. Dies ist ein ehrgeiziges Ziel, denn der Betreiber müsste unter diesen Verhältnissen einen Marktanteil von knapp 60 Prozent am Festnetzmarkt erreichen. Auf Basis eines sehr leistungsfähigen Breitbandnetzes sowie einer aggressiven Vermarktung von Privat- und Geschäftskundenprodukten ist dieses Ziel jedoch durchaus als realistisch zu bewerten.

Die angenommene Penetrationsrate ist nachfolgend dargestellt. In den ersten beiden Jahren wird von einer schrittweisen Steigerung der Kundenzahlen ausgegangen. Dies wird in den Sensitivitätsanalysen bei der Variation der Penetrationsrate untersucht. Würde die angenommene Penetrationsrate von 45 Prozent erst im siebten Jahr nach der Errichtung des Netzes erreicht, würde dies für niedrigere Einnahmen und damit für eine entsprechend höhere Wirtschaftlichkeitslücke sprechen.

Penetrationsrate im FTTB-Ausbau




## Durchschnittliche Einnahmen je Kunde (ARPU)

Einen entscheidenden Faktor bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung stellt die durchschnittliche Einnahmenhöhe je Kunde dar (engl. Average Revenue per User, kurz ARPU). Zur Herleitung des ARPU für Privatkunden werden die aktuellen Angebote der TKU am Beispiel der Deutschen Telekom (im Folgenden abgekürzt DTAG), 1&1 United Internet, Kabel Deutschland (Vodafone) und dem Regionalnetzbetreiber NetCologne ausgewertet.

Der Fokus liegt auf den vier am stärksten nachgefragten Produktkategorien:

- Telefonie
- 2-Play – Internet (16 Mbit/s) und Telefonie (Festnetzflat)
- 2-Play – Internet (50 Mbit/s) und Telefonie (Festnetzflat)
- 3-Play – Internet (50 Mbit/s), Telefonie (Festnetzflat) und TV

In Hinblick auf die Marktanteile der einzelnen Produkte wird folgende Verteilung angenommen. Bei den Anteilen handelt es sich um erfahrungsbasierte Schätzungen, welche Marktteilnehmer als realistisch bewerten.

| ARPU PRODUKTVERTEILUNG | |
|---|---|
| PRODUKT | ANTEIL |
| Telefonie | 12 % |
| 2-Play – Internet (16 Mbit/s) und Telefonie (Festnetzflat) | 54 % |
| 2-Play – Internet (50 Mbit/s) und Telefonie (Festnetzflat) | 22 % |
| 3-Play – Internet (50 Mbit/s), Telefonie (Festnetzflat) und TV | 12 % |

Der Preis bzw. ARPU setzt sich im Wesentlichen aus drei Komponenten zusammen: dem monatlichen Entgelt, dem einmaligen Entgelt und einmaligen Rabatten für den Abschluss eines 24-Monatsvertrages. Diese drei Komponenten sind für die vier Produktkategorien jeweils den ausgewählten Telekommunikationsunternehmen zugeordnet.

| ARPU KOMPONENTE: MONATLICHER PREIS IN EURO INKL. MWST. | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Monatlich | Telefonanschluss Festnetzflat | Internet (16 Mbit/s) & Telefon (Festnetzflat) | Internet (50 Mbit/s) & Telefon (Festnetzflat) | Internet (50 Mbit/s) & Telefon (Festnetzflat) & TV |
| DTAG | 29,95 | 34,95 | 39,95 | 49,90 |
| 1&1 | – | 34,99 | 39,99 | 44,98 |
| Kabel Deutschland | 22,99 | 29,99 | 34,99 | 44,99 |
| NetCologne | 24,90 | 29,90 | 34,90 | – |

| ARPU KOMPONENTE: EINMALIGE ENTGELTE IN EURO INKL. MWST. | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Monatlich | Telefonanschluss Festnetzflat | Internet (16 Mbit/s) & Telefon (Festnetzflat) | Internet (50 Mbit/s) & Telefon (Festnetzflat) | Internet (50 Mbit/s) & Telefon (Festnetzflat) & TV |
| DTAG | 69,95 | 69,95 | 69,95 | 69,95 |
| 1&1 | – | 59,95 | 59,95 | 59,95 |
| Kabel Deutschland | 39,99 | 39,99 | 39,99 | 59,99 |
| NetCologne | 44,90 | 49,90 | 49,90 | – |

| ARPU KOMPONENTE: WERT DER AKTIONSVORTEILE IN EURO INKL. MWST. | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Monatlich | Telefonanschluss Festnetzflat | Internet (16 Mbit/s) & Telefon (Festnetzflat) | Internet (50 Mbit/s) & Telefon (Festnetzflat) | Internet (50 Mbit/s) & Telefon (Festnetzflat) & TV |
| DTAG | 0,00 | 60,00 | 120,00 | 120,00 |
| 1&1 | – | 120,00 | 240,00 | 240,00 |
| Kabel Deutschland | 30,00 | 240,00 | 195,00 | 360,00 |
| NetCologne | 30,00 | 60,00 | 90,00 | – |

Die einmaligen Entgelte und Rabatte werden auf den durchschnittlichen Life-Cycle eines Kunden von 92 Monaten umgerechnet.

| ARPU KOMPONENTE: MONATLICHER PREIS IN EURO INKL. MWST. AUF 24 MONATE UMGELEGT | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Monatlich | Telefonanschluss Festnetzflat | Internet (16 Mbit/s) & Telefon (Festnetzflat) | Internet (50 Mbit/s) & Telefon (Festnetzflat) | Internet (50 Mbit/s) & Telefon (Festnetzflat) & TV |
| DTAG | 30,71 | 35,06 | 39,41 | 49,36 |
| 1&1 | – | 34,34 | 38,04 | 43,03 |
| Kabel Deutschland | 23,10 | 27,82 | 33,31 | 41,74 |
| NetCologne | 25,12 | 29,79 | 34,47 | – |
| Durchschnitt | 26,31 | 31,75 | 36,31 | 44,71 |

Die von TÜV Rheinland kalkulierten durchschnittlichen Einnahmen je Privatkunde (Privatkunden-ARPU) liegen bei 30,50 Euro pro Nutzer und Monat. Dieser Wert bewegt sich im Rahmen vergleichbarer Studien. Beispielsweise ermittelte das Beratungsunternehmen Solon für die europäische Kabelbranche einen ARPU in Höhe von 30 Euro im Jahr 2013[51]. Das WIK beziffert den Privatkunden-ARPU auf 29,20 Euro[52].

Die Ableitung des ARPU für Geschäftskunden basiert auf Gesprächen mit Akteuren in der Telekommunikationsbranche, der Analyse von Studien und Geschäftsberichten sowie der Expertise von TÜV Rheinland. Die gesamte Produktpalette eines 2-Play-Business-Angebots für kleine Unternehmen über die Vernetzung von Standorten bis hin zu Whole-Sale-Produkten für andere Netzbetreiber sollte entwickelt und angeboten werden. Wird eine solche Geschäftspolitik verfolgt, erscheint ein ARPU in Höhe von 130 Euro pro Geschäftskunde und Monat realistisch. Diese Summe wird dem Basisszenario zugrunde gelegt. Das Worst-Case-Szenario kalkuliert hingegen mit einem Parameter des WIK, das einen ARPU in Höhe von lediglich 88 Euro je Geschäftskunde und Monat ansetzt.

## Churn-Rate

Die Churn-Rate ist ein Instrument, um die Kundenabwanderung eines Unternehmens darzustellen. Sie setzt die prozentuale Anzahl der abgewanderten Kunden ins Verhältnis zum Gesamtkundenstamm. Für DSL-, Mobilfunk- oder Pay-TV-Betreiber ist sie eine der wichtigsten Kennzahlen für die Messung des Geschäftserfolges.

Laut Solon liegt die Churn-Rate bei europäischen Kabelnetzbetreibern zwischen 8 und 21 Prozent. Dabei stellte das Beratungsunternehmen fest, dass die Kundenloyalität mit einer stärkeren Bündelung von Produkten ansteigt. Während 1-Play-Kunden eine Quote von 21 Prozent aufweisen, sinkt die Churn-Rate auf 8 Prozent bei 3-Play-Kunden. Bei 2-Play-Kunden von Kabelnetzbetreibern liegt die Quote wiederum bei 13 Prozent[53]. Für das Basisszenario wird als Churn-Rate ein erfahrungsbasierter Mittelwert von 13 Prozent angenommen.

[51] Solon Survey of European Cable Communication 2014
[52] Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (Hrsg.): Implikation eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, Bad Honnef 2011
[53] Solon Survey of European Cable Communication 2014

## OPEX passive und aktive Infrastruktur

Zu den operativen Ausgaben (engl. operational expenditure, kurz OPEX) für Infrastruktur gehören im Wesentlichen Betriebs- und Wartungskosten sowie Energie- und Mietausgaben. Für die reinen Betriebskosten sind pauschale Aufschläge in Höhe von 0,5 Prozent auf Investitionen in die passive Infrastruktur pro Jahr und 8 Prozent auf Investitionen für aktive Technik angesetzt. Bei diesen Werten handelt es sich um erfahrungsbasierte und marktübliche Durchschnittswerte. Die Kosten für Energie und Mieten werden in Abhängigkeit von den eingesetzten aktiven Komponenten und dem Platzbedarf von technischen Einrichtungen kalkuliert.

## OPEX Retail-Kosten

Die operativen Ausgaben für Vertrieb (OPEX-Retail-Kosten) beziehen sich auf den Aufwand für Abrechnung, Kundenservice, Vertrieb und Marketing. Auf Grundlage eigener betrieblicher Erfahrungen und durchgeführten Branchengesprächen werden diese Kosten erhoben, analysiert und plausibilisiert. Einmalige Kosten wie z.B. Vertriebskosten werden auf den Life-Cycle eines Kunden von 92 Monaten verteilt. Das Basisszenario für alternative Wettbewerber setzt die OPEX-Retail-Kosten bei 6,85 Euro pro Kunde und Monat an. Im Falle des aktuellen Betreibers (Incumbent) sinkt der Wert auf 1,03 Euro je Kunde pro Monat, da dieser nur ein inkrementelles Umsatzwachstum aufweist und in Folge dessen lediglich die anteiligen Kosten kalkuliert werden können.

## OPEX Vorleistungskosten

Das Kalkulationsmodell unterstellt, dass Vorleistungsprodukte für Telefonie, Internet und TV als sogenannte White-Label-Produkte fremdbezogen werden. Diese operativen Ausgaben werden ebenfalls als Parameter berücksichtigt (OPEX Vorleistungskosten). Die Inanspruchnahme eines Layer-3-Bitstrom mit lokaler Terminierung inkl. Internet, VoIP und TV wird mit folgenden Kostengrößen angegeben:

- Einmalige Kosten für Aufschaltung und Rufnummernportierung: 42,50 Euro
- Monatliche Kosten: 3,64 Euro

Die einmaligen Kosten werden auf den 92-monatigen Life-Cycle eines Kunden umgelegt.

Das Basisszenario für alternative Wettbewerber veranschlagt die OPEX-Vorleistungskosten mit 4,11 Euro pro Kunde und Monat. Im Falle des Incumbent reduziert sich der Wert auf 0,66 Euro je Kunde und Monat, da im Modell der Marktführer nur ein inkrementelles Umsatzwachstum erwarten kann, sodass lediglich die anteiligen Kosten in die Berechnung einfließen.

## Diskontierungszinsfuß

Beim Diskontierungszinssatz handelt es sich um den Zinssatz, mit dessen Hilfe zukünftige Einnahmen abgezinst werden. Auf diese Weise wird ein Barwert (s.o.) errechnet. Dabei gilt, dass der Barwert umso kleiner wird, je höher der Diskontierungszins ist und je später die Zahlungen erfolgen. Der Diskontierungszins basiert auf dem Standard S1 des Instituts der Wirtschaftsprüfer. Er beträgt in den vorgenommenen Kalkulationen 7,7 Prozent.

## BASISSZENARIO

Aus den vorgestellten Parametern und angenommenen Kostengrößen ergibt sich folgendes Basisszenario. Dieses wird dem FTTB-Ausbau bei allen drei beschriebenen Ausbauszenarien zugrunde gelegt.

| BASISSZENARIO DER PARAMETER UND KOSTENANNAHMEN | |
|---|---|
| Parameter | FTTB |
| Penetration / Upgrade | 45 % |
| ARPU Privatkunde | 30,50 Euro |
| ARPU Geschäftskunde | 130,00 Euro |
| Churn-Rate | 13 % |
| OPEX Passive Infrastruktur | 0,5 % auf Investitionen |
| OPEX Aktive Infrastruktur | 8 % auf Investitionen aktive Infrastruktur plus Kosten für Energie / Miete |
| OPEX Retail-Kosten | 6,85 Euro |
| OPEX Vorleistungsproduktkosten | 4,11 Euro |
| Diskontierungsfuß | 7,7 % |

## ERGEBNISSE WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG — FTTB – 100% unterversorgte Haushalte

100% unterversorgte Haushalte | Technologie: FTTB | Gebiet: Rheinland-Pfalz | Ziel-Penetrationsrate: 45 %

| | Jahr 0 | Jahr 1 | Jahr 2 | Jahr 3 | Jahr 4 | Jahr 5 | Jahr 6 | Jahr 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Investitionskosten | | | | | | | | |
| Tiefbau Graben | 1.541.106.590 € | | | | | | | |
| Gebäude | 33.561.968 € | | | | | | | |
| Kabel & Rohr | 341.876.739 € | | | | | | | |
| PoP & Netzknoten | 158.937.080 € | | | | | | | |
| Aktive Netzkomponenten | 417.105.096 € | | | | | | | |
| Backbone | - € | | | | | | | |
| Betriebskosten | | | | | | | | |
| Passives Netz | | 13.987.805 € | 13.987.805 € | 13.987.805 € | 13.987.805 € | 13.987.805 € | 13.987.805 € | 13.987.805 € |
| Aktives Netz | | 30.893.150 € | 30.893.150 € | 30.893.150 € | 30.893.150 € | 30.893.150 € | 30.893.150 € | 30.893.150 € |
| Fremdleistung | | - € | - € | - € | - € | - € | - € | - € |
| Vorleistung | | 4.529.535 € | 12.682.697 € | 18.118.138 € | 18.118.138 € | 18.118.138 € | 18.118.138 € | 18.118.138 € |
| Marketing / Vertrieb / Customer Care | | 7.549.224 € | 21.137.828 € | 30.196.897 € | 30.196.897 € | 30.196.897 € | 30.196.897 € | 30.196.897 € |
| Einnahmen | | | | | | | | |
| Einnahmen aus Privatkundengeschäft | | 33.199.888 € | 92.959.120 € | 132.798.743 € | 132.798.743 € | 132.798.743 € | 132.798.743 € | 132.798.743 € |
| Einnahmen aus Gewerbekundengeschäft | | 1.763.094 € | 4.936.863 € | 7.052.376 € | 7.052.376 € | 7.052.376 € | 7.052.376 € | 7.052.376 € |
| Wirtschaftlichkeitslücke | | | | | | | | |
| Summe Kosten | 2.492.609.493 € | 58.959.714 € | 78.701.480 € | 93.195.991 € | 93.195.991 € | 93.195.991 € | 93.195.991 € | 93.195.991 € |
| Summe Einnahmen | - € | 34.962.780 € | 97.895.783 € | 139.851.119 € | 139.851.119 € | 139.851.119 € | 139.851.119 € | 139.851.119 € |
| Wirtschaftlichkeitslücke pro Jahr | -2.492.609.493 € | - 21.996.934 € | 19.194.303 € | 46.655.128 € | 46.655.128 € | 46.655.128 € | 46.655.128 € | 46.655.128 € |
| Barwert Wirtschaftlichkeitslücke | -2.492.609.493 € | - 20.424.286 € | 16.547.826 € | 37.346.704 € | 34.676.605 € | 32.197.405 € | 29.895.455 € | 27.758.083 € |
| Kumulierter Barwert Wirtschaftlichkeitslücke | -2.334.611.682 € | | | | | | | |

Die Erreichung der Zielpenetration nach dem dritten Jahr bei einem linearen Verlauf der Penetrationsrate könnte hier für geringere Einnahmen im Betrachtungszeitraum sprechen, da auch eine konservativere Annahme getroffen werden kann.

| ERGEBNISSE WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG | FTTB – 95% unterversorgte Haushalte | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 95% unterversorgte Haushalte | Technologie: FTTB | | Gebiet: Rheinland-Pfalz | | | | Ziel-Penetrationsrate: 45% | |
| | Jahr 0 | Jahr 1 | Jahr 2 | Jahr 3 | Jahr 4 | Jahr 5 | Jahr 6 | Jahr 7 |
| Investitionskosten | | | | | | | | |
| Tiefbau Graben | 1.135.587.599 € | | | | | | | |
| Gebäude | 25.706.039 € | | | | | | | |
| Kabel & Rohr | 256.456.441 € | | | | | | | |
| PoP & Netzknoten | 117.033.804 € | | | | | | | |
| Aktive Netzkomponenten | 322.822.173 € | | | | | | | |
| Backbone | - € | | | | | | | |
| Betriebskosten | | | | | | | | |
| Passives Netz | | 11.319.736 € | 11.319.736 € | 11.319.736 € | 11.319.736 € | 11.319.736 € | 11.319.736 € | 11.319.736 € |
| Aktives Netz | | 23.516.347 € | 23.516.347 € | 23.516.347 € | 23.516.347 € | 23.516.347 € | 23.516.347 € | 23.516.347 € |
| Fremdleistung | | - € | - € | - € | - € | - € | - € | - € |
| Vorleistung | | 4.005.851 € | 11.216.382 € | 16.023.402 € | 16.023.402 € | 16.023.402 € | 16.023.402 € | 16.023.402 € |
| Marketing / Vertrieb / Customer Care | | 6.676.419 € | 15.583.966 € | 26.705.670 € | 26.705.670 € | 26.705.670 € | 26.705.670 € | 26.705.670 € |
| Einnahmen | | | | | | | | |
| Einnahmen aus Privatkundengeschäft | | 29.313.469 € | 82.077.704 € | 117.253.863 € | 117.253.863 € | 117.253.863 € | 117.253.863 € | 117.253.863 € |
| Einnahmen aus Gewerbekundengeschäft | | 1.793.094 € | 4.936.663 € | 7.052.376 € | 7.052.376 € | 7.052.376 € | 7.052.376 € | 7.052.376 € |
| Wirtschaftlichkeitslücke | | | | | | | | |
| Summe Kosten | 1.857.606.057 € | 45.518.351 € | 64.746.434 € | 77.565.156 € | 77.565.156 € | 77.565.156 € | 77.565.156 € | 77.565.156 € |
| Summe Einnahmen | - € | 31.076.560 € | 87.014.367 € | 124.306.239 € | 124.306.239 € | 124.306.239 € | 124.306.239 € | 124.306.239 € |
| Wirtschaftlichkeitslücke pro Jahr | -1.857.606.057 € | - 14.441.792 € | 22.267.933 € | 46.741.083 € | 46.741.083 € | 46.741.083 € | 46.741.083 € | 46.741.083 € |
| Barwert Wirtschaftlichkeitslücke | -1.857.606.057 € | - 13.409.277 € | 19.197.699 € | 37.415.509 € | 34.740.492 € | 32.258.724 € | 29.950.533 € | 27.809.223 € |
| Kumulierter Barwert Wirtschaftlichkeitslücke | -1.699.845.185 € | | | | | | | |

| ERGEBNISSE WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG | | | FTTB – Synergieeffekte | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Synergieeffekte | Technologie: FTTB | | Gebiet: Rheinland-Pfalz | | | | Ziel-Penetrationsrate:45% | |
| | Jahr 0 | Jahr 1 | Jahr 2 | Jahr 3 | Jahr 4 | Jahr 5 | Jahr 6 | Jahr 7 |
| [illegible] | | | | | | | | |
| Tiefbau Graben | 1.192.229.537 € | | | | | | | |
| Gebäude | 33.581.988 € | | | | | | | |
| Kabel & Rohr | 334.405.822 € | | | | | | | |
| PoP & Netzknoten | 158.937.080 € | | | | | | | |
| Aktive Netzkomponenten | 417.105.086 € | | | | | | | |
| Backbone | - € | | | | | | | |
| [illegible] | | | | | | | | |
| Passives Netz | | 12.206.055 € | 12.206.055 € | 12.206.055 € | 12.206.055 € | 12.206.055 € | 12.206.055 € | 12.206.055 € |
| Aktives Netz | | 30.893.150 € | 30.893.150 € | 30.893.150 € | 30.893.150 € | 30.893.150 € | 30.893.150 € | 30.893.150 € |
| Fremdleistung | | - € | - € | - € | - € | - € | - € | - € |
| Vorleistung | | 4.529.535 € | 12.682.697 € | 18.118.138 € | 18.118.138 € | 18.118.138 € | 18.118.138 € | 18.118.138 € |
| Marketing / Vertrieb / Customer Care | | 7.549.224 € | 21.137.828 € | 30.196.897 € | 30.196.897 € | 30.196.897 € | 30.196.897 € | 30.196.897 € |
| Einnahmen | | | | | | | | |
| Einnahmen aus Privatkundengeschäft | | 33.199.686 € | 92.959.120 € | 132.798.743 € | 132.798.743 € | 132.798.743 € | 132.798.743 € | 132.798.743 € |
| Einnahmen aus Gewerbekundengeschäft | | 1.763.094 € | 4.936.663 € | 7.052.376 € | 7.052.376 € | 7.052.376 € | 7.052.376 € | 7.052.376 € |
| Wirtschaftlichkeitslücke | | | | | | | | |
| Summe Kosten | 2.136.259.523 € | 55.177.964 € | 76.918.730 € | 91.414.241 € | 91.414.241 € | 91.414.241 € | 91.414.241 € | 91.414.241 € |
| Summe Einnahmen | - € | 34.962.780 € | 97.895.783 € | 139.851.119 € | 139.851.119 € | 139.851.119 € | 139.851.119 € | 139.851.119 € |
| Wirtschaftlichkeitslücke pro Jahr | -2.136.259.523 € | - 20.215.184 € | 20.976.053 € | 48.436.878 € | 48.436.878 € | 48.436.878 € | 48.436.878 € | 48.436.878 € |
| Barwert Wirtschaftlichkeitslücke | -2.136.259.523 € | - 18.769.902 € | 18.083.911 € | 38.772.967 € | 36.000.898 € | 33.427.017 € | 31.037.158 € | 28.818.158 € |
| Kumulierter Barwert Wirtschaftlichkeitslücke | -1.968.889.318 € | | | | | | | |

Mit 832 Mio. Euro kann der Anbieter gleiche Einnahmen wie im ersten Ausbauszenario erzielen, da die gleichen Annahmen zu Penetrationsraten und ARPU gelten. Die Erreichung der Zielpenetration bereits nach dem dritten Jahr bei einem linearen Verlauf der Penetrationsrate spricht demgegenüber für geringere Einnahmen im Betrachtungszeitraum.

*Urheberrechtsvermerk*

*Dieses Dokument und alle seine Inhalte sind urheberrechtlich geschützt. Der TÜV Rheinland Consulting GmbH sind alle Rechte vorbehalten. Urheberbezeichnung, Kennzeichen oder andere Hinweise dürfen weder verändert noch entfernt werden.*

*Dem Auftraggeber ist es gestattet, dieses Dokument vollständig und unverändert an Dritte weiterzugeben und zu veröffentlichen, wobei im Falle der elektronischen Form gewährleistet sein muss, dass die Inhalte des Dokuments nicht verändert und nicht kopiert werden können (z.B. pdf-Dokument mit entsprechendem Dokumentenschutz).*

*Übersetzung und Veränderung von jeglichen Teilen des Dokuments sowie die Weitergabe von nur Auszügen bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der TÜV Rheinland Consulting GmbH.*

*Die Grafiken zur Erläuterung der NGA-Technologien wurden durch Elbzeichnung Dresden erstellt.*