TÜVRheinland®
Genau. Richtig.

Machbarkeitsstudie zum Breitbandausbau im Rhein-Hunsrück-Kreis

Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeits-betrachtung für den Breitbandausbau

KREISVERWALTUNG
RHEIN-HUNSRÜCK-KREIS

AUFTRAGGEBER

Kreisverwaltung Rhein-Hunsrück-Kreis

Ludwigstr. 3-5
55460 Simmern]

DIENSTLEISTER

TÜV Rheinland Consulting GmbH
Planning & Deployment

Uhlandstraße 88-90
10717 Berlin

AUTOREN

Frithjof Reimers
Bastian Kalytta
Jakob Hafner
Michael Logen
Bastian Rixen

STAND

November 2016

HINWEIS

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 und 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 Breitbandtechnologien wurden durch das Gestaltungsbüro Elbzeichnung Dresden erstellt.

Inhalt

1 Aufgabenstellung und Zielsetzung 4

2 Versorgungs- und Bedarfsanalyse 5

2.1 Versorgungsanalyse 5
2.2 Breitbandbedarfe 11
2.3 Marktakterkundung und Ausbaustrategien 14
2.4 Ergebnis und Bewertung der Analyse der Ausgangslage 16

3 Netztechnologien 17

3.1 Netzstruktur 17
3.2 Verfügbare Netztechnologien 18
3.3 Netztechnologien im Vergleich 22
3.4 Projektspezifische Technologieauswahl 23

4 Netzplanung 24

4.1 Methodik 24
4.2 Annahmen und Parameter 27
4.3 Validität der Planungsergebnisse 28
4.4 Definition des Ausbaugebiets 29
4.5 Netzplan 30

5 Kostenschätzung 31

5.1 FTTC-Bestandsausbau + FTTC Erweiterung + FTTB 31
5.2 Zwischenfazit 32

6 Träger- und Geschäftsmodelle 33

6.1 Wertschöpfungsstufen des Breitbandausbaus 33
6.2 Träger- und Geschäftsmodelle im Vergleich 34

7 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 36

7.1 Methodik 36
7.2 Annahmen und Parameter 37
7.3 Wirtschaftlichkeitsanalyse 39
7.4 Risikoanalyse 40
7.5 Sensitivitätsanalyse 42
7.6 Ergebnis 44

8 Fazit und Handlungsempfehlungen 45

Anhang – Finanzierungs- und Fördermodelle 46

Förderprogramme 46
Allgemeine Rahmenregelungen 47

Abbildungsverzeichnis 49

Abkürzungsverzeichnis 50

1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Mit der rapide zunehmenden Verfügbarkeit und Verbreitung internetfähiger Endgeräte steigt seit Jahren auch die Nutzung digitaler und vernetzter Dienste und Anwendungen kontinuierlich an. Zugleich werden die Dienste und Anwendungen immer umfangreicher und ausgefeilter; deshalb nimmt auch der Datenverkehr insgesamt rasant zu.

Mit der steigenden Nutzung digitaler Dienste und Anwendungen geht ein rasant wachsender Bedarf an Breitbandanschlüssen einher, die deren Nutzung ermöglichen. Dieser Bedarf lässt sich nur über den Ausbau leistungsfähiger Zugangsnetze der nächsten Generation (engl. Next Generation Access, kurz: NGA) decken. Laut NGA-Rahmenregelung, die für alle öffentlich geförderten Breitbandprojekte Anwendung findet, sind hierfür Datenübertragungsraten von mindestens 30 Mbit/s im Downstream erforderlich.

Der wachsende Breitbandbedarf macht sich dabei nicht nur im privaten Bereich bemerkbar, sondern wegen der Digitalisierung der Arbeitswelt mit zunehmender Automatisierung und Vernetzung von Geschäfts-, Produktions- und Dienstleistungsprozessen auch im wirtschaftlichen Bereich. Im Standortwettbewerb um Unternehmen und Fachkräfte ist die Verfügbarkeit von schnellen Datenverbindungen deshalb zu einem Schlüsselfaktor geworden; für eine hohe Lebensqualität ist eine gute Breitbandversorgung mittlerweile unabdingbar.

Dies gilt nicht allein für urbane Gebiete, sondern ganz besonders auch in ländlich geprägten Räumen. Dort ist eine hohe Standortattraktivität für Bürger sowie Unternehmen und Gewerbe notwendig, um dem demografischen Wandel entgegenzuwirken. Eine leistungsfähige Breitbandversorgung ist deshalb eine Voraussetzung für die wirtschaftliche, strukturelle und gesellschaftliche Entwicklung im Rhein-Hunsrück-Kreis.

Innovative Breitbanddienste schaffen Wachstumspotenziale und erhöhen die Attraktivität der Standorte für Unternehmen sowie Bürger. Auch für den Tourismus werden Breitbanddienste und -anschlüsse immer wichtiger, z.B. im Rahmen von WLAN-Hotspots und einer adäquaten Anbindung der touristischen Unterkünfte. Dienste wie UHD-TV, zeitversetztes Fernsehen, Cloud-Anwendungen für Home Office oder den privaten Gebrauch, aber auch die Anforderungen im Umfeld von Industrie 4.0 sowie der intelligenten Vernetzung der Basissektoren werden eine Weiterentwicklung der bestehenden Netze und den Ausbau neuer Infrastrukturen erfordern.

Im Landkreis Rhein-Hunsrück zeigt sich, dass der Breitbandausbau in den vergangenen Jahren und vor allem in den vergangenen Monaten durch den Eigenausbau verschiedener Telekommunikationsunternehmen in vielen Bereichen vorangetrieben wurde. Dennoch ist dieser Ausbau meist nicht flächendeckend und es bleiben mancherorts unterversorgte Bereiche bestehen. Stellt man für diese Bereiche die zu erwartenden notwendigen Investitionen für den Netzausbau dem sich abzeichnenden Kundenpotenzial und den sich daraus ergebenden Einnahmeerwartungen gegenüber, wird deutlich, dass der flächendeckende Breitbandausbau nicht eigenwirtschaftlich durch die Unternehmen zu realisieren ist. Daher liegt es in der Verantwortung der öffentlichen Hand, den Ausbau der Breitbandnetze vor Ort mithilfe von Fördermitteln zu unterstützten.

Vor diesem Hintergrund soll mit der vorliegenden Machbarkeitsstudie eine Kostenschätzung für einen flächendeckenden NGA-Breitbandausbau im Rhein-Hunsrück-Kreis vorgenommen werden. Diese Kostenschätzung basiert auf einer umfangreichen Versorgungs- und Bedarfsanalyse und ist Grundlage für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Auf diesem Wege sollen der tatsächliche Förderbedarf ermittelt und konkrete Maßnahmen zur Realisierung des Breitbandausbaus angeleitet werden.

Das Ausbauvorhaben im Rhein-Hunsrück-Kreis verfolgt dabei mehrere Ziele:

1) Das zu errichtende Breitbandnetz soll **Skalierbarkeit** sicherstellen. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass das Netz entsprechende Reserven besitzt, um auch zukünftig wachsende Breitbandbedarfe zu bedienen. Dabei soll stets die **Netzneutralität** gewährleistet sein.

2) Die im Ausbauvorhaben geschaffene Breitbandinfrastruktur soll **Nachhaltigkeit** gewährleisten. Dadurch wird eine langfristige und qualitativ hochwertige Breitbandversorgung auch über den Zweckbindungszeitraum hinaus garantiert.

3) Bei der Breitbandversorgung soll eine **100%-ige Flächendeckung** erreicht werden. So ist gewährleistet, dass nicht einzelne Haushalte und Unternehmen im Ausbaugebiet unversorgt bleiben.

4) Der Ausbau der Infrastruktur soll **glasfaserbasiert** erfolgen. Auf diese Weise wird die technische Zukunftsfähigkeit und Leistungsfähigkeit des Netzes sichergestellt.

5) Das Breitbandnetz soll **Innovation befördern** und ermöglichen, indem neue Anwendungen und Dienste nutzbar gemacht werden.

6) Die technische Infrastruktur des Netzes soll **hochbitratige symmetrische Anschlüsse** ermöglichen, um insbesondere dem Bedarf und den Anforderungen von Unternehmen und Gewerben gerecht zu werden.

Prämisse ist dabei, den Ausbau durch einen **effektiven Mitteleinsatz** gemäß §7 BHO sowie der entsprechenden Vorgaben der Landeshaushaltsordnung technisch sinnvoll und zugleich wirtschaftlich zu gestalten. Der Breitbandausbau soll zudem den **ländlichen Raum aufwerten**, die Region sowie das Land Rheinland-Pfalz insgesamt als **Wirtschaftsstandort stärken** und die **Attraktivität der Region steigern**, um der rückläufigen Bevölkerungsentwicklung entgegenzuwirken.

2 Versorgungs- und Bedarfsanalyse

Ausgangspunkt für die Netzplanung und Kostenschätzung ist eine Versorgungs- und Bedarfsanalyse. Diese basiert auf einer Untersuchung des Ist-Zustands der Breitbandversorgung im Rhein-Hunsrück-Kreis und der erwarteten bzw. ermittelten Bedarfe. Als weitere Datengrundlage dient außerdem der Infrastrukturatlas der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA). Die Analyse der Versorgungslage wurde adresspunktgenau durchgeführt; Grundlage hierfür sind die aktuellen Daten aus dem Breitbandatlas des Bundes mit Stand Ende 2015.

2.1 Versorgungsanalyse

Bevölkerungs- und Siedlungsstruktur

Die gegenwärtige Versorgungssituation im Rhein-Hunsrück-Kreis wird wesentlich durch die bevölkerungs- und siedlungsstrukturellen Gegebenheiten bestimmt. Hiervon hängt ab, wie aufwändig sich der Ausbau in technischer Hinsicht gestaltet und wie groß die Nachfrage nach Breitbandanschlüssen und damit das Einnahmepotenzial der Netzbetreiber ausfällt.

Der Rhein-Hunsrück-Kreis in Rheinland-Pfalz umfasst eine Fläche von rund 991 km² mit rund 102.000 Einwohnern. Die 137 Ortsgemeinden teilen sich auf sechs Verbandsgemeinden und die Stadt Boppard auf. Die Bevölke-

rungsdichte für das Kreisgebiet beträgt ca. 103 Einwohner/km² und liegt damit deutlich unter dem bundesweiten Durchschnitt von 226 Einwohnern/km². Der Landkreis ist insgesamt geprägt durch eine vielseitige Topografie, hauptsächlich Mittelgebirgs- und Flusstallagen wie dem Mittelrheintal. Die Siedlungsstruktur umfasst sowohl kleinere Städte wie Boppard, Emmelshausen, Kastellaun und Simmern, die als Zentren der Verbandsgemeinden und des Kreises dichter besiedelt sind, als auch eine Vielzahl geringbesiedelter Ortschaften, wie z.B. Lahr, Henau und Bubach. Die heterogene Topografie und die Siedlungsstruktur stellen den Ausbau der Breitbandinfrastruktur vor einige Herausforderungen.

Die Bevölkerungsentwicklung ist in den vergangenen Jahren leicht positiv – ein Umstand, der die Nachfrage nach Breitbandanschlüssen beeinflusst.

Breitbandversorgung im Detail

Bei der Breitbandverfügbarkeit unterscheidet man laut gängiger Definition zwischen sogenannten weißen, grauen und schwarzen Flecken. Diese beschreiben, ob und wie viele Technologien für eine 30-Mbit/s-Versorgung vorhanden sind. Als unterversorgter weißer Fleck gelten laut der maßgeblichen NGA-Rahmenregelung solche Gebiete, in denen weniger als 95 % der Haushalte über eine Bandbreite von mindestens 30 Mbit/s verfügen.

Die Breitbandversorgung im Rhein-Hunsrück-Kreis hat sich in den vergangenen Jahren stetig verbessert. Mittlerweile ist kreisweit eine nahezu flächendeckende Versorgung der Haushalte mit Bandbreiten von bis zu 2 Mbit/s erreicht. An der bestehenden Grundversorgung kann der Ausbau der Breitbandinfrastrukturen anknüpfen. Allerdings zeigen sich bereits bei Bandbreiten ab 6 Mbit/s erhebliche lokale Unterschiede im Kreisgebiet. Zwar liegt die kreisweite Versorgungsrate bei 89,2 %, allerdings ist die Spanne innerhalb des Kreises erheblich. Sie reicht von (annähernder) Vollversorgung in Bärenbach, Biebern, Fronhofen, Kastellan, Keidelheim, Michelbach, Norath, Reich, Rödelhausen, Spesenroth, Steinbach und Thörlingen bis 12,8% in Mermuth. Noch größer ist die Spannweite bei Bandbreiten von mindestens 16 Mbit/s. Den Spitzenreitern mit 100% Versorgung stehen hier die Gemeinden Bickenbach, Hausbay, Leiningen, Mermuth, Mühlpfad, Norath und Thörlingen mit weniger als 10% Versorgung gegenüber.

	VERSORGUNGSRATEN HAUSHALTE				
	Breitbandversorgung leitungsgebundene Technologien [in % der Haushalte]				
	≥ 2 Mbit/s	≥ 6 Mbit/s	≥ 16 Mbit/s	≥ 30 Mbit/s	≥ 50 Mbit/s
Deutschland	96,6	92,9	85,9	78,5	69,8
Rheinland-Pfalz	96	91,5	84,8	79,1	68,5
LK Rhein-Hunsrück-Kreis	93,9	89,2	84,1	79,7	71,4
Alterkülz	66,8	66,8	66,8	66,8	66,8
Altweidelbach	98,2	65,3	65,3	65,3	65,3
Argenthal	82,5	82,5	82,5	82,5	82,5
Badenhard	64,6	64,6	64,6	64,6	64,6
Bärenbach	100	100	100	100	100
Belg	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5
Belgweiler	62,8	62,8	62,8	62,8	62,8
Bell (Hunsrück)	75,5	75	64,1	63,3	63,3
Beltheim	81,6	74	72,6	72,6	72,6
Benzweiler	85,1	52,1	52,1	52,1	52,1
Bergenhausen	100	56,8	56,8	56,8	56,8
Beulich	66,8	62,9	62,9	62,9	62,9

Bickenbach	100	98,7	5,9	2,7	2,7
Biebern	100	100	100	85,4	6,6
Birkheim	98,8	75,3	75,3	75,3	75,3
Boppard	99,5	97,6	95,1	88,6	74
Braunshorn	66,6	66,6	66,6	66,6	66,6
Bubach	83	56,5	56,5	55,4	55,4
Buch	94,2	75,9	75,7	75,7	75,7
Büchenbeuren	96,9	83,9	81,7	81,7	81,7
Budenbach	98,7	46,8	46,8	46,8	46,8
Damscheid	97,5	96,7	96,7	96,7	96,7
Dichtelbach	99,3	94,3	84,1	84,1	84,1
Dickenschied	92,6	92,6	92,6	92,6	92,6
Dill	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1
Dillendorf	99,9	78,9	78,9	78,9	78,9
Dommershausen	70	70	70	70	70
Dörth	94,7	88,6	85,5	85,5	85,5
Ellern (Hunsrück)	96,6	95	95	95	95
Emmelshausen	99,9	94,6	79,6	71,7	58,8
Erbach	78,7	75,3	75,3	75,3	75,3
Fronhofen	100	100	99,3	85,6	12,3
Gehlweiler	98,3	78,5	65,6	65,6	65,6
Gemünden	99,4	99,4	85,7	77,4	54,6
Gödenroth	100	78,4	69,1	69,1	69,1
Gondershausen	99,6	99,3	89,9	32,1	5,6
Hahn	100	92,8	92,8	92,8	70,6
Halsenbach	99,5	82,8	75,9	75,4	75,4
Hasselbach	98,6	68,4	61,3	61,3	61,3
Hausbay	98,8	97,9	3,6	3,6	3,6
Hecken	100	61,1	61,1	61,1	61,1
Heinzenbach	99,2	94,4	94,4	94,4	94,4
Henau	100	59,1	59,1	59,1	59,1
Hirschfeld (Hunsrück)	83,6	54,2	54,2	54,2	54,2
Hollnich	100	99	67,5	67,5	67,5
Holzbach	99,1	82,3	82,3	82,3	82,3
Horn	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8
Hungenroth	67,5	63,2	63,2	63,2	63,2
Kappel	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3
Karbach	97,3	97,2	97,2	96,7	13,2
Kastellaun	100	100	94,4	78,2	78,2
Keidelheim	100	100	88,9	88,9	88,9
Kirchberg (Hunsrück)	99,9	99,7	97,2	95,9	95,9
Kisselbach	99,6	99,6	59,7	18,7	4,5
Klosterkumbd	61,8	61,8	61,8	61,8	61,8
Kludenbach	55,8	55,8	55,8	55,8	55,8

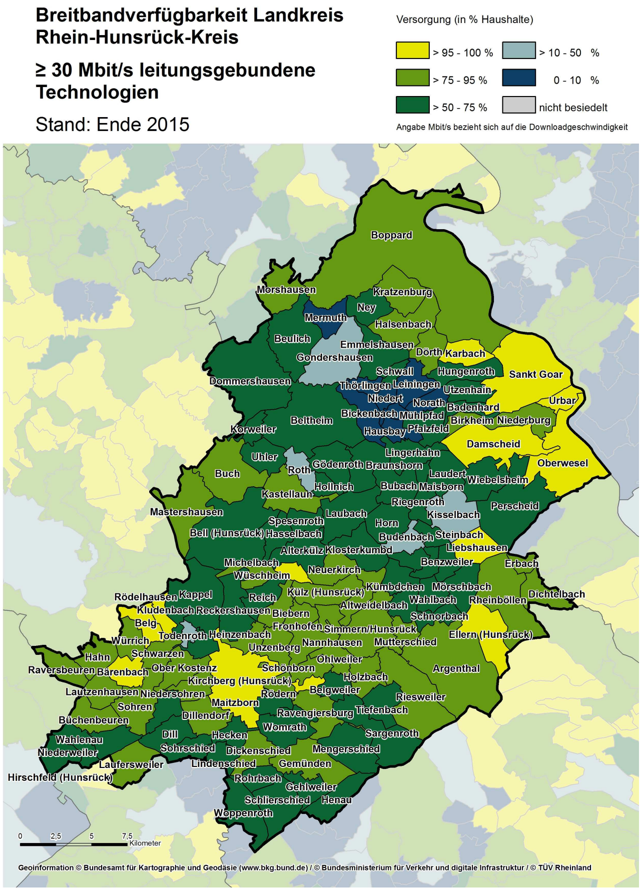
Korweiler	52,6	52,6	52,6	52,6	52,6
Kratzenburg	75,5	75,5	75,4	75,3	75,3
Külz (Hunsrück)	95,6	87,1	87,1	87,1	87,1
Kümbdchen	99,5	95,5	87,5	87,5	87,5
Laubach	64,2	64,2	64,2	64,2	64,2
Laudert	89,7	56,4	56,4	56,4	56,4
Laufersweiler	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4
Lautzenhausen	98,9	88,4	79,9	79,9	49
Leiningen	77,9	31,6	2,6	2,4	2,4
Liebshausen	96	96	96	96	96
Lindenschied	62	62	62	62	62
Lingerhahn	95,5	62,2	62,2	62,2	62,2
Maisborn	100	57,1	57,1	57,1	57,1
Maitzborn	97,2	66,3	53,3	53,3	53,3
Mastershausen	77,5	77,2	77,2	77,2	77,2
Mengerschied	93,5	73,7	72,5	72,5	72,5
Mermuth	100	12,8	0,6	0,6	0,6
Metzenhausen	61,9	61,9	61,9	61,9	61,9
Michelbach	100	100	100	100	45,4
Mörschbach	82	65,7	65,7	65,7	65,7
Morshausen	76,5	76,5	76,5	76,5	76,5
Mühlpfad	82,3	79,4	8	8	8
Mutterschied	93,4	88,4	88,4	88,4	88,4
Nannhausen	99	81,1	76,5	76,5	76,5
Neuerkirch	85,6	85,6	85,6	85,6	85,6
Ney	82,8	68,2	68,2	68,2	68,2
Nieder Kostenz	99,6	92	92	91,4	91,4
Niederburg	89,3	89,2	89,2	89,2	89,2
Niederkumbd	100	86,3	86,3	86,3	86,3
Niedersohren	61,6	58,5	58,5	50,6	50,6
Niedert	98,3	97,1	87,1	2,4	2,4
Niederweiler	100	66,7	66,7	66,7	66,7
Norath	100	100	3,1	3,1	3,1
Ober Kostenz	86,5	86,5	86,5	86,5	72,4
Oberwesel	99,9	97,9	97,8	97,8	97,6
Ohlweiler	100	91,4	91,4	91,4	91,4
Oppertshausen	98	98	98	98	98
Perscheid	71,2	71,2	71,2	71,2	71,2
Pfalzfeld	98,4	80	72,4	54,5	7,4
Pleizenhausen	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8
Ravengiersburg	83,6	83,6	83,6	83,6	83,6
Raversbeuren	100	77,5	77,5	75,6	69,5
Rayerschied	64,2	64,2	64,2	64,2	64,2
Reckershausen	74,5	62,2	62,2	62,2	62,2

Reich	100	100	84,5	62,3	11,7
Rheinböllen	99,5	98,4	94,8	94,8	94,5
Riegenroth	100	98,9	53,2	53,2	53,2
Riesweiler	92,1	92,1	92,1	92,1	92,1
Rödelhausen	100	100	97,2	97,2	97,2
Rödern	100	76,1	76,1	76,1	76,1
Rohrbach	67,2	67,2	67,2	67,2	67,2
Roth	96,2	96,2	95,5	10,4	10,4
Sankt Goar	99,4	96,9	96,7	96,7	96,5
Sargenroth	74,3	74,3	74,3	74,3	74,3
Schlierschied	100	67,1	67,1	67,1	67,1
Schnorbach	73,9	73,9	73,9	73,9	73,9
Schönborn	90,7	89	89	89	89
Schwall	99,3	97,9	72,2	72,2	72,2
Schwarzen	79,9	79,9	79,9	79,9	57
Simmern/Hunsrück	99,9	99,6	92,6	92,3	91,2
Sohren	99,5	99,5	99,3	85,6	18,6
Sohrschied	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5
Spesenroth	100	100	65,3	65,3	65,3
Steinbach	100	100	56,7	56,7	56,7
Thörlingen	100	100	1,3	1,3	1,3
Tiefenbach	71,3	71,3	71,3	71,3	71,3
Todenroth	48,2	48,2	48,2	48,2	48,2
Uhler	98,1	96	87,5	70,4	70,4
Unzenberg	94	94	94	94	94
Urbar	99,4	99,4	99,4	98,9	19,1
Utzenhain	71,9	71,9	71,9	71,9	71,9
Wahlbach	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2
Wahlenau	100	70,7	67,8	67,8	67,8
Wiebelsheim	89,5	63,4	63,4	63,4	63,4
Womrath	68	62,3	62,3	62,3	62,3
Woppenroth	65	65	65	65	65
Würrich	94,7	94,7	94,7	94,7	49,3
Wüschheim	96,6	96,6	95,2	93	15,4

Abbildung 1: Breitbandversorgung in % aller Haushalte, Stand: Ende 2015

Versorgung mit 30 Mbit/s

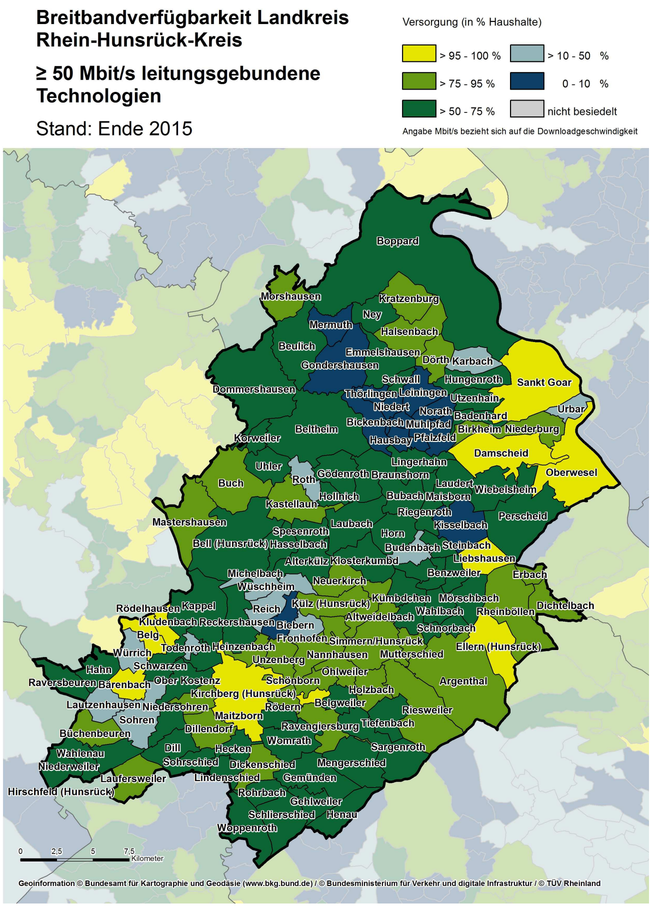
Bei höheren Bandbreiten weist der Rhein-Hunsrück-Kreis eine schlechtere Versorgungssituation auf. Da ein eigenwirtschaftlicher Netzausbau von den Netzbetreibern in den vergangenen Jahren nur teilweise umgesetzt wurde, bleiben derzeit noch große Lücken in der Grundversorgung bestehen. Auf Kreisebene ist deshalb keine NGA-konforme Breitbandversorgung gegeben. Trotzdem erreichen hier bereits 79,7 % der Haushalte potenziell Übertragungsraten von mindestens 30 Mbit/s – etwas mehr als der Landesdurchschnitt in Rheinland-Pfalz (79,1 %) und im Bundesdurchschnitt (78,5%).



Die am besten versorgten Gebiete (95-100% der Haushalte) befinden sich dabei insbesondere am Rhein in der Verbandsgemeinde St. Goar-Oberwesel sowie in den Verbandsgemeinden Rheinböllen und Kirchberg. Viele Gebiete in den Verbandsgemeinden Emmelshausen und Kastellaun sind dagegen tendenziell weniger gut versorgt. Oft erreichen hier nur weniger als 50% der Haushalte Bandbreiten über 30 Mbit/s.

Versorgung mit 50 Mbit/s

Bandbreiten ab 50 Mbit/s stehen im Rhein-Hunsrück-Kreis insgesamt immerhin 71,4% der Haushalte zur Verfügung. Das liegt sowohl über dem Landesdurchschnitt von 68,5% als auch dem Bundesdurchschnitt von 69,8%. Am niedrigsten ist die Versorgungsrate dabei in der Verbandsgemeinde Emmelshausen mit ca. 45,6%. Die besten Versorgungsgrade im Rhein-Hunsrück-Kreis erreichen bei dieser Bandbreite dagegen St. Goar-Oberwesel (85,3%) und Rheinböllen (83,6%).



2.2 Breitbandbedarfe

Mit der rapide zunehmenden Verfügbarkeit und Verbreitung internetfähiger Endgeräte steigt seit Jahren auch die Nachfrage nach digitalen und vernetzten Diensten und Anwendungen kontinuierlich an. Damit einher geht ein rasant wachsender Bedarf an Breitbandanschlüssen, die die Nutzung der Dienste und Anwendungen ermöglichen.

Diese Entwicklung macht sich auch im Rhein-Hunsrück-Kreis bemerkbar, wo sich ein zunehmender Breitbandbedarf abzeichnet. Ja nach den individuellen Anforderungen wird der Bedarf privater Haushalte mittelfristig Bandbreiten von bis zu 50 Mbit/s erfordern, sei es durch Entertainment-Anwendungen wie Streaming, Smart-Home-Lösungen oder telemedizinische Anwendungen. Und für die vor Ort angesiedelten Industrien und Gewerbe eine leistungsfähige Breitbandanbindung zunehmend Voraussetzung für den Geschäftserfolg und damit die Wirtschaftskraft der Region. Durch die zunehmende Automatisierung und Vernetzung von Geschäfts-, Produktions- und Dienstleistungsprozessen wird sich der Bandbreitenbedarf mittelfristig auf bis zu 100 Mbit/s und mehr im Down- und Upload erhöhen; im gewerblichen Bereich bis in den Gbit/s-Bereich.

Prognosen wie der Cisco VNI Global IP Traffic Forecast gehen davon aus, dass sich der weltweite IP-basierte Datenverkehr allein zwischen 2014 und 2019 beinahe verdreifachen wird.[1] Das Datenvolumen deutscher Privathaushalte soll im gleichen Zeitraum jährlich um 19 % wachsen.[2] Die ACG Research schätzt, dass die durchschnittliche benötigte Bandbreite in privaten Haushalten zu den Hauptkonsumzeiten von 2014 bis 2018 jährlich um rund 31 % steigen wird.[3] Gestützt wird diese Einschätzung durch den vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie in Auftrag gegebenen D21-Digital-Index, der die bisherige und zukünftige Entwicklung des Benutzerverhaltens im Zusammenhang mit der Digitalisierung der Gesellschaft betrachtet. Der Index konstatiert von 2001 bis heute ein kontinuierliches Wachstum der Zahl der Online-Nutzer von 37 auf 77,6 % – Tendenz weiter steigend.[4]

Dies zeigt sich nicht nur am erwarteten Kundenpotenzial, wo sich ein entsprechender Bedarf an Internetanschlüssen mit entsprechend hohen Bandbreiten bemerkbar macht, sondern auch an der Siedlungsstruktur und Bevölkerungsentwicklung in der Region, die ein weiterer Indikator dafür ist, dass vernetzte Anwendungen und Dienste in Zukunft vermehrt nachgefragt werden.

Anwendungsszenarien

Für NGA-Breitbandnetze gibt es eine Vielzahl von Anwendungsszenarien. Ob die Höhe der verfügbaren Bandbreite für die Nutzung ausreicht, hängt von verschiedenen Faktoren ab: (1) der notwendigen Bandbreite, (2) der direkten Datenverfügbarkeit und (3) der Latenz. Nachfolgende Beispiele illustrieren exemplarisch die unterschiedlichen Anforderungen.

Entertainment

Der Entertainment-Anwendungsbereich ist durch seine hohen Breitbandanforderungen gekennzeichnet. Die

[1] Cisco Systems (2015): Cisco Visual Networking Index. Forecast and Methodology, 2014-2019, White Paper, San Jose, S. 1.
[2] Cisco Systems (2013): Aktueller Cisco Visual Networking Index: Fast die halbe Weltbevölkerung ist 2017 online, URL: http://globalnewsroom.cisco.com/de/de/press-releases/aktueller-cisco-visual-networking-index-fast-die--nasdaq-csco-1023447 (Stand: 27.05.2016).
[3] ACG Research (2014): Forecast of Residential Fixed Broadband and Subscription Video Requirements, URL: http://acgcc.com/wp-content/uploads/2014/12/Forecast-of-Residential-Fixed-Broadband-Requirements-2014.pdf, S. 10.
[4] Initiative D21 (Hrsg.): D21-Digital-Index 2015. Die Gesellschaft in der digitalen Transformation, Berlin 2015, S. 54 f.

Verfügbarkeit der Kommunikationsnetze ist infrastrukturunkritisch, allerdings bedarf es bei Entertainment einer latenzstabilen Verbindung. Unter Berücksichtigung der Vielseitigkeit der Anwender und Anwendungsgebiete können diese Anforderungen von einem breiten Technologiemix abgedeckt werden. Zentrales Kriterium sind die hohen Übertragungsraten.

Industrie 4.0

Der Bereich Industrie 4.0, d.h. die Verzahnung der industriellen Produktion mit modernster Informations- und Kommunikationstechnik, stellt hohe Anforderungen an die Bandbreite, insbesondere mit Spitzenauslastungen bei der Datenübertragung. Die Verfügbarkeit muss durchweg gegeben sein, denn nur so kann der Wertschöpfungsprozess aufrechterhalten werden. Der Einsatz vielseitiger Sensoren und die notwendige Verarbeitung der Informationen erfordert zudem eine geringe Latenz benötigt.

Kleine und mittelständische Unternehmen

Kleine und mittelständische Unternehmen sorgen sowohl für Spitzenauslastungen als auch für permanent hohe Übertragungsraten. Dabei wird die Arbeitsfähigkeit von der Verfügbarkeit bestimmt. Die Latenz ist zwar nicht anwendungskritisch, muss aber stabil sein.

E-Health

Die elektronische Datenverarbeitung im Gesundheitssektor, kurz: E-Health, kombiniert eine Vielzahl von Anwendungsgebieten. Diese stellt höchste Ansprüche an die Übertragungsrate, Verfügbarkeit und Latenz. Zudem können die anfallenden Datenmengen je nach Anwendungsbereich erhebliche Ausmaße annehmen.

E-Government

Bei der elektronischen Durchführung von Prozessen zur Information, Kommunikation und Transaktion innerhalb und zwischen staatlichen, kommunalen und sonstigen behördlichen Institutionen, kurz auch als E-Government bezeichnet, wird eine Vielzahl von Dokumenten in meist unkritischen Datengrößen übertragen, woraus tendenziell eher geringe Anforderungen an Bandbreite und Latenz resultieren. Dafür ist eine hohe Verfügbarkeit essentiell, weswegen es einer ausfallsicheren Struktur bedarf.

Intelligente Mobilität

Die Zahl der Anwender führt zu großen Datenmengen, welche zeitgleich übermittelt werden. Zugleich handelt es sich um eine kritische Infrastruktur, die einer hohen Ausfallsicherheit bedarf. Wegen der Vielzahl anfallender von Sensordaten und Informationen wird eine geringe Latenz benötigt, um eine Auswertung in Echtzeit zu ermöglichen.

Landwirtschaft

Der landwirtschaftliche Sektor zeichnet sich durch eine Kombination aus Sensordaten, Geoinformationsdaten, Verbrauchswerten und weiteren Informationen aus. Die zu übertagenden Datenmengen bewegen sich dabei in einem überschaubaren Rahmen. Da die Systeme in der Lage sind, autonom ohne Internetanbindung zu operieren, hat die Verfügbarkeit der Breitbandnetze keinen unmittelbaren Einfluss auf die Wertschöpfung. Eine geringe Latenz wird innerhalb der Betriebe benötigt, damit die Steuersignale auf die aktuellen Bedingungen reagieren können.

Smart Grids

Intelligente, selbstregelnde Stromnetze erzeugen 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. Da es sich um eine infrastrukturkritische Anwendung handelt, ist eine hohe Verfügbarkeit, gekoppelt mit einer geringen Latenz unabdingbar.

BREITBANDBEDARFE				
Anwendung	**Bandbreite**	**Verfügbarkeit**	**Latenz**	**Technologie**
Entertainment	■ ■ ■	■	■ ■	FTTC/B/H + 4G
Industrie 4.0	■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	FTTB/H
KMU	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■	FTTC/B/H
E-Health	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	FTTB/H
E-Government	■ ■	■ ■ ■	■	FTTC/B/H
Intelligente Mobilität	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	FTTB/H + 4/5G
Landwirtschaft	■ ■	■ ■	■ ■ ■	FTTC + 4/5G
Smart Grids	■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	FTTB/H + 4/5G

Abbildung 2: Breitbandbedarfe

Band-breite	■	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 und kontinuierliche Breitbandauslastung durch hohe Datenübertragung
Verfüg-barkeit	■	Ausfall führt zu keinen kritischen Zuständen, es entsteht weder wirtschaftlicher Schaden noch Lebensgefahr
	■ ■	Ausfall kann zu wirtschaftlichem Schaden führen, trotzdem auch ohne Internetanbindung eingeschränkt funktionsfähig
	■ ■ ■	Ausfall hat Einfluss auf die Infrastruktur und führt zu wirtschaftlichem Schaden, Ausfall kann Menschenleben in Gefahr bringen
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

Zukunftsfähigkeit bestehender Netze

Wegen ihrer teilweise hohen Anforderungen an Bandbreite, Verfügbarkeit und Latenz erfordern die aufgezeigten Anwendungsszenarien für einen zuverlässigen und funktionalen Betrieb durch die Bank weg Glasfasertechnologien; rein kupferbasierte Breitbandanschlüsse sind den Anforderungen nicht gewachsen. Dabei werden mit der fortschreitenden technologischen Entwicklung und den sich weiterentwickelnden Anforderungen digital vernetzter Anwendungen und Dienste perspektivisch in vielen Bereichen rein glasfaserbasierte Netzinfrastrukturen wie FTTB und FTTH unabdingbar sein.

Der marktgetriebene Ausbau der Breitbandinfrastrukturen im Rhein-Hunsrück-Kreis wurde bislang vor allem mittels kupferbasierter Technologien durchgeführt. Diese sind in ihrer Leistungsfähigkeit aufgrund physischer Grenzen limitiert und können die technischen Anforderungen für die sich ergebenden Anwendungsszenarien nicht erfüllen.

Durch die Ertüchtigung bestehender FTTC-Schaltstellen und den Neubau von KVz sowie den Neubau von FTTB-Infrastrukturen wird Glasfaser in die Ortslagen gebracht und auf diese Weise eine zukunftsfähige Infrastruktur geschaffen, die den Anforderungen der der Zukunft gewachsen ist. Die FTTC-Strukturen können außerdem, sofern erforderlich, außerdem zu einem späteren Zeitpunkt mit vergleichsweise geringem Aufwand zu FTTB/H-

Strukturen erweitert werden, die angesichts der skizzierten Anwendungsszenarien ein Höchstmaß an Zukunftsfähigkeit garantieren.

2.3 Marktakterkundung und Ausbaustrategien

Im Zuge der Versorgungs- und Bedarfsanalyse wurden außerdem die unterschiedlichen Ausbaustrategien der in der Region aktiven Marktakteure untersucht. Zu diesem Zweck wurde ein Markterkundungsverfahren durchgeführt. Mit diesem Verfahren werden Telekommunikationsunternehmen aufgefordert, ihre aktuelle Versorgung und künftige Ausbauplanungen für das Kreisgebiet anzugeben. Es zeigt sich, dass verschiedene Telekommunikationsanbieter Interesse an einem Ausbau der Breitbandinfrastrukturen im Rhein-Hunsrück-Kreis haben. FTTB- und FTTH-Technologien stehen dabei derzeit nicht im Fokus der Betreiber. Vielmehr orientieren sich die Telekommunikationsanbieter am gegenwärtigen Bedarf und der Nachfrage von Privat- und Geschäftskunden und konzentrieren ihre Pläne deswegen insbesondere auf den Auf- und Ausbau von FTTC-Netzen.

Konkrete Ausbaupläne wurden von den Betreibern Deutsche Telekom, RWE (Innogy), Vodafone und Inexio im Rahmen des vom Rhein-Hunsrück-Kreis durchgeführten Markterkundungsverfahrens vorgelegt. Diese Gebiete gelten damit als potenziell versorgt und werden deshalb in der im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie durchgeführten Netzplanung und Kostenschätzung nicht berücksichtigt. Das Ergebnis der Markterkundung, sowie der vorangegangen Analysen zur Ist-Versorgung ist in der folgenden Karte dargestellt, in der alle als versorgt geltenden Gebiete (>30 Mbit) schwarz bzw. grau, generalisiert dargestellt sind.

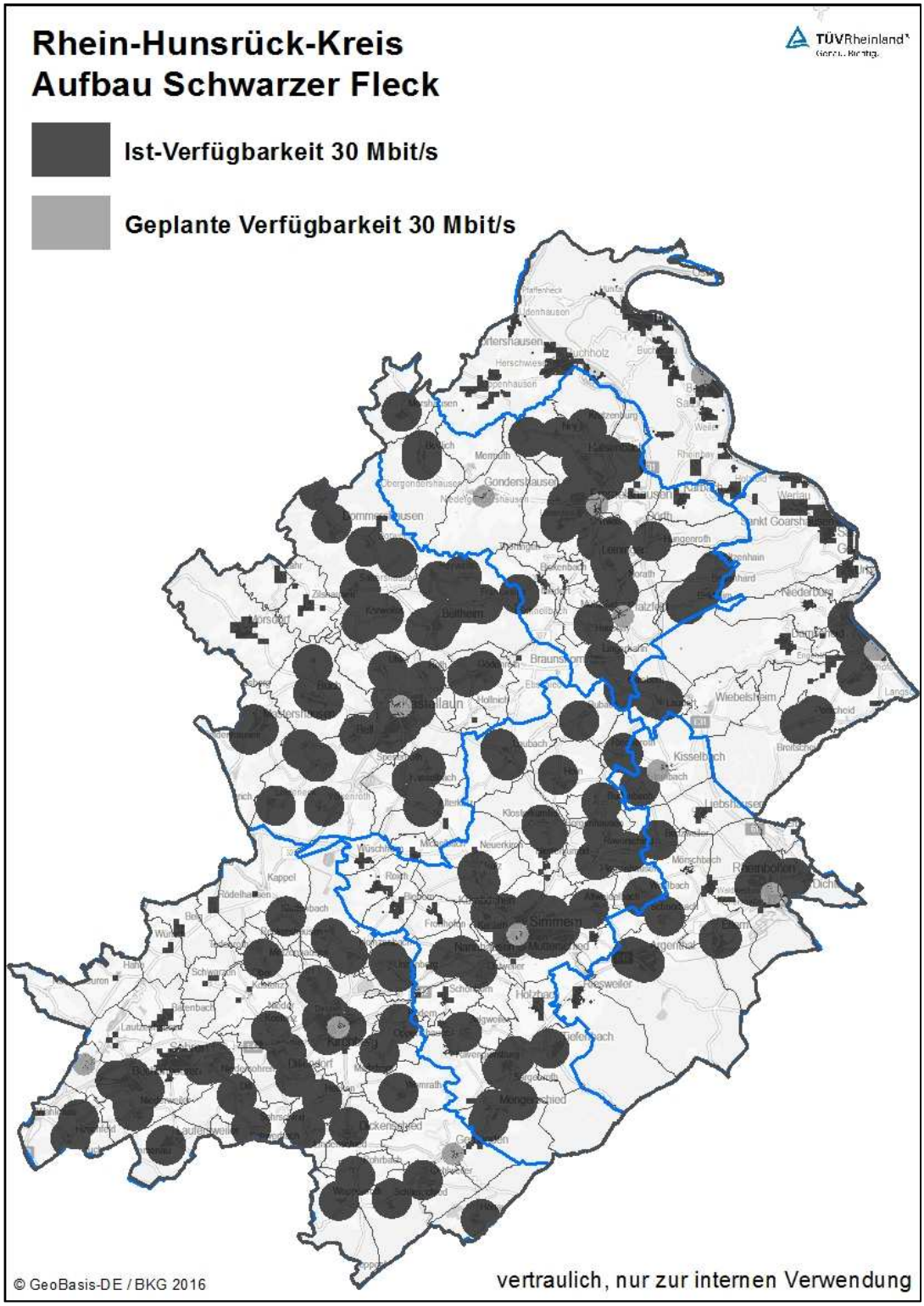


Abbildung 3: Versorgte Gebiete im Rhein-Hunsrück-Kreis

2.4 Ergebnis und Bewertung der Analyse der Ausgangslage

Breitbandversorgung im weißen Fleck

Die durchgeführte Versorgungsanalyse zeigt die Versorgungssituation über den gesamten Rhein-Hunsrück-Kreis. Ein geförderter Ausbau der Breitbandinfrastruktur ist jedoch ausschließlich im sogenannten weißen Fleck möglich, also dort, wo weniger als 30 Mbit/s erreichen können und in den kommenden drei Jahren kein eigenwirtschaftlicher Ausbau durch Telekommunikationsbetreiber geplant ist.

VERSORGUNGSRATEN IM WEISSEN FLECK			
	Anschlüsse Kreisgebiet	Anschlüsse Weißer Fleck	Versorgungsquote
Privathaushalte	48.342	3.101	93,6 %
Unternehmen/Gewerbe	6.639	619	90,7 %
Institutionen	201	10	95,0 %

Abbildung 4: Versorgungsraten im weißen Fleck

Der weiße Fleck umfasst insgesamt 3.101 private Haushalte, 619 Gewerbe und Unternehmen sowie 10 Institutionen. Die Versorgungsanalyse zeigt dabei, dass im weißen Fleck 100 % aller Privathaushalte, Unternehmen/Gewerbe und institutionellen Nachfrager gemäß geltenden NGA-Kriterien unterversorgt sind.

Die Analyse der Versorgungssituation zeigt, dass im Rhein-Hunsrück-Kreis eine Unterversorgung im Bereich der NGA-fähigen Breitbandanschlüsse vorliegt. die vorhandene Infrastruktur erfüllt bei 6,1% der Haushalte, 8,4% der Unternehmen und 4,0% der institutionellen Nachfrager nicht die Mindestanforderungen der NGA-Versorgung. Das durchgeführte Markterkundungsverfahren hat dabei gezeigt, dass in absehbarer Zeit in der Region kein hinreichender eigenwirtschaftlicher Ausbau zu erwarten ist.

Im Rahmen der Erfassung des Ist-Zustands der Versorgungssituation wurden allen Verbandsgemeinden des Rhein-Hunsrück-Kreises Konsultationstermine durchgeführt. Ziel der Gespräche mit den Fachreferenten aus den Bereichen Bau und Telekommunikation war es, die aktuelle Versorgungssituation zu diskutieren, bestehende und geplante Synergieinfrastrukturen (z.B. vorhandene Leerrohre und verbindlich geplanten Straßen- und Fahrradwegbau) zu identifizieren und diese somit für die Machbarkeitsstudie nutzbar zu machen.

Zugleich besteht jedoch mittelfristig ein hoher Breitbandbedarf bei Privathaushalten, Unternehmen/Gewerben und Institutionen. Die topologischen Gegebenheiten, Siedlungsstrukturen und demografische Entwicklung erklären dabei, warum bis jetzt noch kein eigenwirtschaftlicher Ausbau stattgefunden hat. Die bereits vorhandenen Breitbandinfrastrukturen bilden die Grundlage für die Realisierung einer flächendeckenden Breitbandversorgung. Die flächendeckende Verfügbarkeit von hochbitratigen Breitbandanschlüssen ist ein wichtiger Standortfaktor sowohl für die wirtschaftliche als auch die gesellschaftliche Entwicklung der Region. Angesichts des festgestellten Marktversagens ist daher eine Förderung des Breitbandausbaus erforderlich.

3 Netztechnologien

3.1 Netzstruktur

Für den Breitbandausbau stehen verschiedene Netztechnologien zur Verfügung. Gemein ist allen Breitbandnetzen die grundsätzliche Netzstruktur. Danach setzen sich Breitbandnetze aus zwei Teilen zusammen: dem passiven optischen Netz (**PON**) und den stromführenden Netzelementen, dem sogenannten aktiven optischen Netz (**AON**). Das PON ist dabei als Glasfasernetz charakterisiert, das aus Glasfaserkabeln und passiven Verbindungselementen besteht. In Verbindung mit dem AON ermöglicht das PON mittels Lichtwellen den Transport von digitalen Signalen zwischen Sender und Empfänger, also z.B. einem Internetnutzer und einem Webserver.

Beim Breitbandausbau ist das PON verantwortlich für den Löwenanteil der Kosten. Ursächlich dafür ist, dass das PON im Regelfall unterirdisch im Rahmen von Tiefbaumaßnahmen verlegt wird. Diese machen ca. 80 % der Gesamtausbaukosten von Breitbandnetzen aus. Unterschiede in der Topografie und Siedlungsstruktur können dabei zu erheblichen Abweichungen der Ausbaukosten zwischen verschiedenen Kommunen, insbesondere zwischen urbanen Gebieten und ländlichen Räumen führen. Mit alternativen Verlegungsmethoden können die Kosten jedoch zum Teil erheblich reduziert werden.

Die Reichweite eines PON wird mit 15-20 km bemessen; die dieser Machbarkeitsstudie zugrundeliegende Netzplanung geht von einem Radius von 15 km aus. Bei der Netzplanung werden dabei vier Netzabschnitte unterschieden: Backbone, Hauptkabelbereich, Anschluss- und Verteilbereich sowie Hausanschluss.

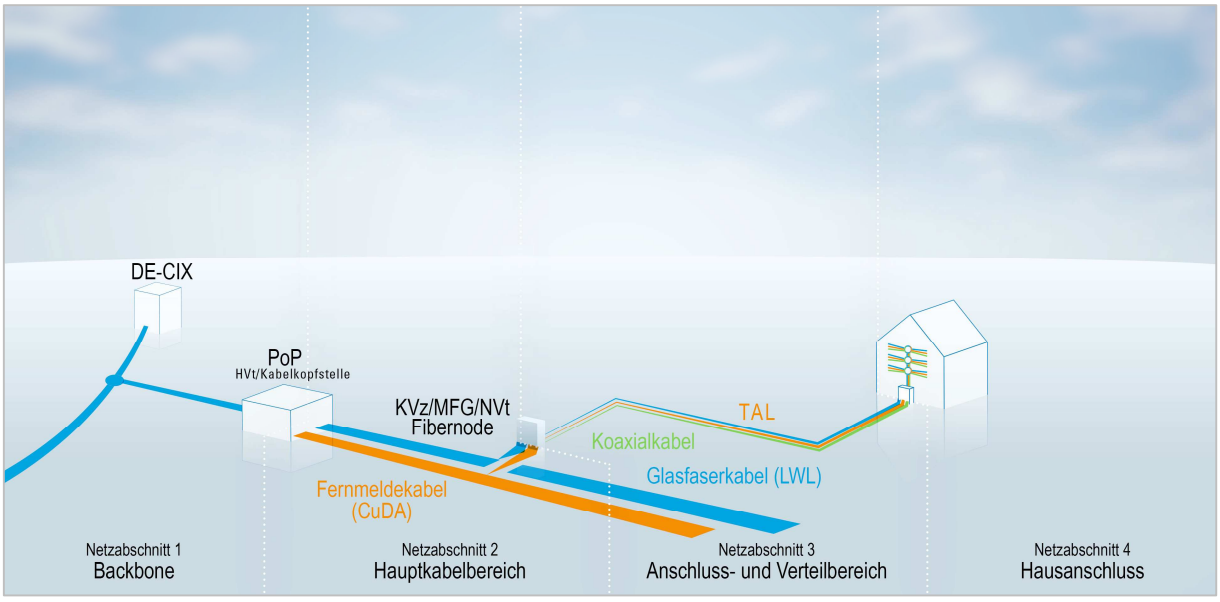


Abbildung 5: Überblick Netzstruktur

Der **Backbone** (Netzabschnitt 1) ist die Grundlage jedes Breitbandnetzes. Darunter versteht man das auf Glasfaserkabeln (Lichtwellenleiter, LWL) aufbauende technische Basisnetz für den digitalen Datenaustausch mittels Lichtwellen. Der 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 auf regionaler Ebene miteinander. Diese Points of Presence (**PoP**) führen, z.B. in Form eines Hauptverteilers (**HVt**), sämtliche Verbindungen für den Daten- und Sprachverkehr zusammen. Der PoP als zentraler Schaltpunkt der einzelnen Netzsegmente markiert

den Beginn des Hauptkabelbereichs (Netzabschnitt 2), der an einem Verteilerelement endet. Dieses ist je nach Netztechnologie, die zur Anwendung kommt, unterschiedlich ausgeführt, nämlich als Kabelverzweiger (**KVz**) bzw. Multifunktionsgehäuse (**MFG**), Netzverteiler (**NVt**) oder **Fibernode**.

Am Verteilerelement – oft als grauer Kasten am Straßenrand erkennbar – beginnt der Anschluss- und Verteilbereich (Netzabschnitt 3). Von dort aus wird die Leitung über das Verteilernetz bis zum Endkundenanschluss geführt. Dieser Netzabschnitt wird auch Teilnehmeranschlussleitung (**TAL**) oder umgangssprachlich „letzte Meile“ genannt. Die Funktions- und Leistungsfähigkeit des Netzes wird dabei wesentlich davon beeinflusst, wo der KVz aufgestellt und wie er technisch ausgestattet ist. Mit dem Übergang von der Außen- zur Innenverkabelung beginnt schließlich der Hausanschluss (Netzabschnitt 4).

Einen Sonderfall stellen Glasfaseranschlüsse bis ins Gebäude dar. Hier besteht die „letzte Meile“ aus zwei Teilabschnitten. Zunächst werden die Glasfaserkabel, entlang der Straße vorbei an den anzuschließenden Gebäuden verlegt (home passed). Erst im zweiten Schritt wird der Zugang ins Gebäude am Glasfaser-Abschlusspunkt (Gf-APL) realisiert (home connected).

3.2 Verfügbare Netztechnologien

Für den Auf- und Ausbau von NGA-Netzen können im Rahmen der Netzstruktur unterschiedliche Technologien genutzt werden, die unterschiedliche Datenübertragungsraten[5] ermöglichen. Welche Netztechnologie die geeignete ist, hängt von den Gegebenheiten vor Ort ab. Wichtige Einflussfaktoren sind in diesem Zusammenhang z.B. die Topografie, Bevölkerungs- und Siedlungsstrukturen oder Art und Umfang der vorhandenen Infrastrukturen. Aber auch der konkrete Breitbandbedarf vor Ort, Anforderungen an Bandbreiten und Kapazitäten und nicht zuletzt politische und regulatorische Vorgaben spielen eine wichtige Rolle bei der Technologieauswahl. Grundsätzlich unterscheidet man Netztechnologien anhand des Übertragungsweges und des Anschlusses der Teilnehmer zwischen kabelgebundenen und drahtlosen Technologien, wie in der folgenden Abbildung dargestellt.

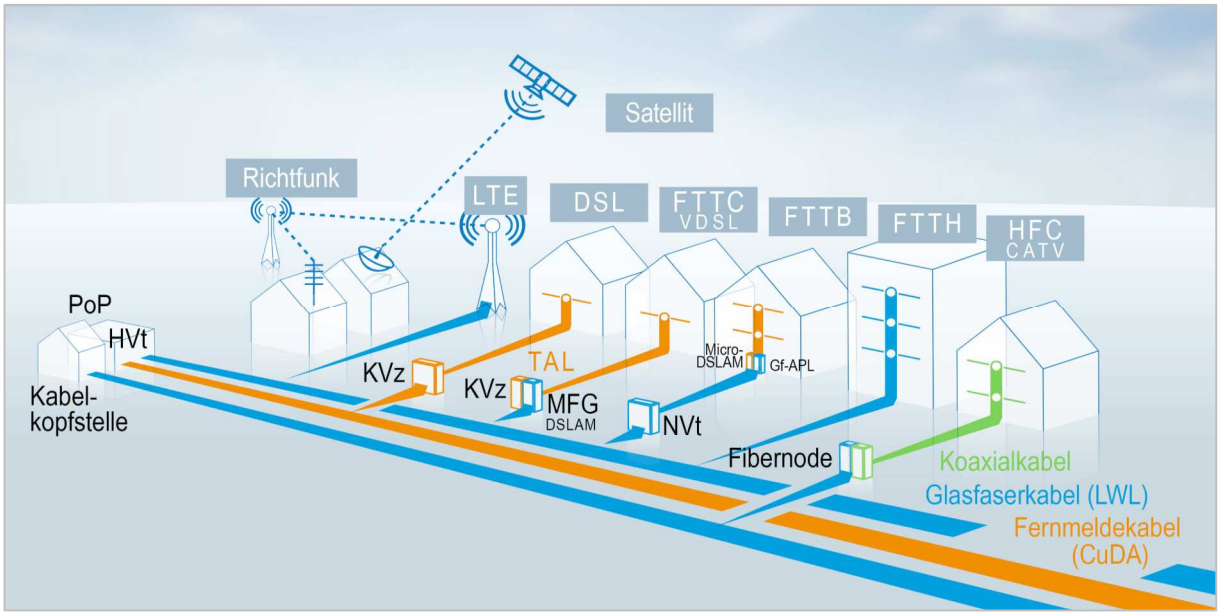


Abbildung 6: Überblick Netztechnologien

[5] Als Datenübertragungsrate wird die digitale Datenmenge bezeichnet, die innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit über einen Übertragungskanal übertragen wird. Synonym spricht man auch von Datenrate, Datentransferrate, (Übertragungs-/Verbindungs-) Geschwindigkeit oder umgangssprachlich Bandbreite. Gemeinsam mit der sogenannten Latenz (Antwortverzögerung zwischen Abfrage und Auslieferung der Datenpakete) ist sie ein Maß für die Leistungsfähigkeit eines Breitbandanschlusses.

Kabelgebundene Technologien

Kabelgebundene Breitbandverbindungen umfassen alle Technologien, bei denen Signale mittels kupfer- oder glasfaserbasierten Kabeln gesendet und empfangen werden. Dazu gehören u.a.:

▪ DSL (Fernmeldekabel)	▪ FTTx (Glasfaserkabel)	▪ CATV (Koaxialkabel)

DSL

Bei einem Anschluss per **DSL** (Digital Subscriber Line) wird der Endkunde ausschließlich kupferbasiert ans Netz angebunden. In diesem Fall führt das Fernmeldekabel zum KVz und von dort zum Hausanschluss. DSL ermöglicht in der Praxis Geschwindigkeiten von bis zu 16 Mbit/s und ist damit als rein kupferbasierte Technologie nicht geeignet, um eine NGA-fähige Breitbandversorgung zu gewährleisten.

FTTx

Bei Glasfasernetzen unterscheidet man je nach Art des Anschlusses, über den der Endkunde angebunden wird, u.a. zwischen FTTC (Fiber to the Curb), FTTB (Fiber to the Building) und FTTH (Fiber to the Home).

FTTC/VDSL2

Bei **FTTC** ist die Glasfaser lediglich bis zum KVz/MFG (mit darin befindlichem DSLAM) am Straßenrand verlegt. Von dort aus führen die existierenden Fernmeldekabel (Kupferdoppelader – CuDA) des Verteilernetzes bis zu den Endkunden. Eine typische FTTC-Installation ist beispielsweise die **VDSL2**-Infrastruktur.

Mit der Einführung von VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line) wurde es möglich, die Übertragungsrate durch die Virtualisierung des Anschlusses zu erhöhen. Dabei wird ein realer Anschluss in mehrere virtuelle Anschlüsse aufgeteilt, wodurch die Datenpakete verschiedener Anwendungen – z.B. Internettelefonie (VoIP) oder Fernsehen über das Internet (IPTV) – je nach Bedarf priorisiert werden können. VDSL2 erreicht in der Praxis Bandbreiten von bis zu 50 Mbit/s. Mit zunehmendem Abstand zum KVz und damit steigender Leitungslänge sinkt wegen der dadurch zunehmenden Leitungsdämpfung allerdings die verfügbare Datenübertragungsrate.

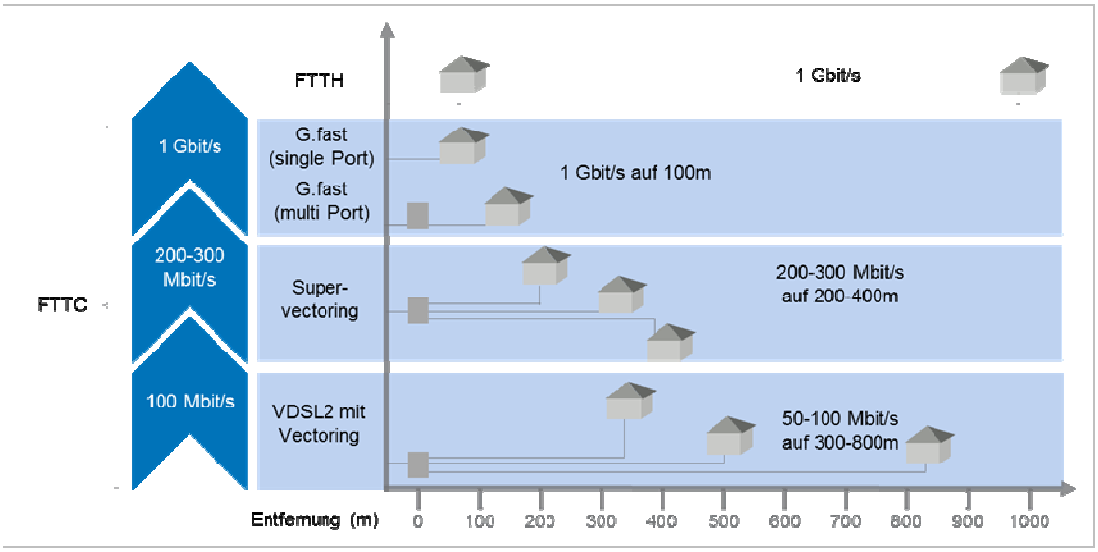


Abbildung 7: Reichweiten von FTTC-Netzstrukturen und erreichbare Bandbreiten

Mittels **Vectoring**, einer Erweiterung von VDSL2, kann zudem der sogenannte Nebensprecheffekt minimiert und damit die Übertragungsgeschwindigkeit und Zahl angeschlossener Teilnehmer rund um einen KVz insgesamt erhöht werden. Die Reichweiten und Bandbreiten von reinen Glasfaserlösungen lassen sich auf diese Weise wegen der physikalisch bedingten Dämpfung der Kupferleitung allerdings nicht erreichen. Mit Vectoring lassen sich Bandbreiten von bis zu 100 Mbit/s erzielen, allerdings bloß im Umkreis von wenigen hundert Metern um einen KVz. Künftige technische Erweiterungen wie z.B. Super Vectoring und G.fast auch darüber hinaus.

FTTB/FTTH

Im Gegensatz zu FTTC sind **FTTB/FTTH**-Netze komplett glasfaserbasierte Infrastrukturen. Das Glasfaserkabel reicht hier nicht nur bis zum KVz, sondern bis zum Gf-APL am Hausanschluss (über den NVt) bzw. direkt bis in die Wohnung bzw. die Gewerbeeinheit (ohne Verteilerelement). In letzterem Fall ist auch die Innenverkabelung im Gebäude glasfaserbasiert, wo sonst Kupferkabel die Regel sind. Eine FTTB-Infrastruktur ist Voraussetzung für einen späteren FTTH-Ausbau. Reine Glasfaseranschlüsse erlauben potenziell Bandbreiten von mehreren hundert Mbit/s bis in den Gigabitbereich. FTTB und FTTH gelten deswegen als die zukunftssichersten Netztechnologien.

Die Teilnehmer sind bei solchen Glasfaseranschlüssen entweder über direkte oder eine gesplittete Glasfaseranbindung angeschlossen. Bei P2P-Architekturen (Point-to-Point) werden die Teilnehmer mit einer dedizierten Glasfaseranbindung direkt an den Glasfaserhauptverteiler im PoP angebunden, sodass jeder Teilnehmeranschluss ein separates Glasfaserpaar nutzt. Im Gegensatz dazu teilen sich bei P2MP-Architekturen (Point-to-Multi-Point) mehrere Teilnehmer eine Glasfaseranbindung mit jeweils fest definierter Bandbreite.

CATV

Als sogenannte Hybrid-Fibre-Coax-Systeme (HFC) nutzen Kabelfernsehnetze (**CATV**) Glasfaserkabel, um den hier als Kabelkopfstelle ausgeführten PoP mit dem Endverzweiger (Fibernode) zu verbinden. Von dort leiten sie die Datenpakete über Koaxialkabel bis zur Antennensteckdose im Haus. Im Anschluss- und Verteilbereich zwischen Fibernode und der Antennensteckdose im Haus kommen dagegen Koaxialkabel zur Anwendung. Das Protokoll DOCSIS 3.x ermöglicht eine Bündelung von Kanälen, sodass Bandbreiten von bis zu 400 Mbit/s erreicht werden können.

Allerdings ist CATV ein sogenanntes shared medium. Das bedeutet, dass alle Nutzer innerhalb des gleichen Versorgungsbereiches sich die zur Verfügung stehende Bandbreite teilen müssen. Insbesondere zu Stoßzeiten, beispielsweise in den Abendstunden, kann die Bandbreite deshalb spürbar reduziert sein.

Hinzu kommt, dass die Kabelnetzbetreiber anderen Telekommunikationsanbietern nur vereinzelt Zugang (Open Access) zu ihren Netzen gewähren. Dies ist jedoch Voraussetzung für die Förderfähigkeit von Breitbandausbauprojekten. Daher werden die Kabelnetze im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie lediglich bei der Versorgungsanalyse und nicht bei der Netzplanung berücksichtigt.

Drahtlose Technologien

Im Unterschied zu den leitungsgebundenen Technologien basieren drahtlose Breitbandanschlüsse auf Funkverbindungen. Dabei werden die Signale auf bestimmten Funkfrequenzen übertragen. In die Kategorie der Drahtlostechnologien gehören Mobilfunkverbindungen und andere Funklösungen. Dies umfasst u.a.:

▪ LTE (Mobilfunk)	▪ WLAN/WiMAX (Richtfunk)	▪ Satellit

LTE

Long Term Evolution (**LTE**) ist ein Mobilfunkstandard der vierten Generation (**4G**). Dieser ermöglicht – unter Laborbedingungen – Bandbreiten von bis zu 100 Mbit/s. LTE-Advanced, eine Weiterentwicklung, erlaubt sogar noch höhere Bandbreiten und weist außerdem eine größere Nutzerkapazität innerhalb einer Funkzelle auf. Allerdings ist LTE ein shared medium; alle Nutzer innerhalb einer Funkzelle müssen sich die verfügbare Bandbreite teilen, die zudem von der Signalstärke und -qualität abhängig ist. Aus diesem Grund kann LTE keine stabile flächendeckende Breitbandversorgung gewährleisten.

LTE nutzt Frequenzen, darunter auch solche, die zuvor für Rundfunkübertragungen genutzt und im Rahmen der sogenannten Digitalen Dividende II umgewidmet wurden. Für die Erschließung ländlicher Regionen eignet sich insbesondere das Frequenzspektrum von 800 MHz. Diese langwelligen LTE-Frequenzen besitzen eine gute Ausbreitung von ca. 10 km um die Basisstation. Für den Ausbau von LTE in städtischen Ballungsräumen werden dagegen vor allem die kurzwelligen Frequenzen mit 1800 und 2600 MHz genutzt. Diese Frequenzen decken einen kleineren Umkreis ab (ca. 2-5 km um die Basisstation), erlauben dafür jedoch die Anbindung einer Vielzahl von Teilnehmern.

Der Mobilfunkstandard der fünften Generation (**5G**) soll zehnmal so schnell wie LTE sein und Datenraten von bis zu 1 Gbit/s erreichen. Mit der Marktreife wird nicht vor dem Jahr 2020 gerechnet.

WLAN/WiMAX

Über Richtfunk können Breitbandanschlüsse mit Bandbreiten von 50 Mbit/s und mehr über eine Distanz von mehreren Kilometern realisiert werden, z.B. mittels **WLAN** (Wireless Local Area Network, IEEE-Standard 802.11) oder **WiMAX** (Worldwide Interoperability for Microwave Access, IEEE-Standard 802.16). Tatsächlich werden derartige Lösungen bereits von einigen Anbietern lokal begrenzt eingesetzt.

Für die Errichtung eines flächendeckenden NGA-Netzes sind Richtfunktechnologien allerdings nur eingeschränkt geeignet, da aus technologischen Gründen nicht die Bandbreiten und Reichweiten von NGA-Technologien erreichen werden. Zudem erfordert Richtfunk eine Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger und ist deswegen nicht universell einsetzbar. Nicht zuletzt unterliegen Richtfunktechnologien der Problematik des shared medium. Trotzdem ist Richtfunk geeignet, Lücken in der kabelgebundenen Breitbandversorgung insbesondere in ländlichen Gebieten zu schließen.

Satellit

In Gebieten, in denen leitungsgebundene Breitbandanschlüsse nicht oder in nicht ausreichender Qualität verfügbar sind, können Endkunden außerdem auf Breitbandanschlüsse zurückgreifen, die über geostationäre Satelliten im Erdorbit hergestellt werden. Entsprechende Produkte für Endkunden werden von verschiedenen spezialisierten Telekommunikationsanbietern vertrieben.

In der Praxis stehen dem einzelnen Anschlussteilnehmer auf diesem Weg allerdings nur Datenübertragungsraten von maximal ca. 30 Mbit/s zur Verfügung. Die Verbindungsqualität kann zudem je nach Wetterlage schwanken. Wegen der langen Signalwege zu und von den Satelliten von etwa 36.000 km weist die Verbindung i.d.R. größere Latenzen auf, weswegen manche digitalen Anwendungen und Dienste in ihrer Funktionalität eingeschränkt sein können. Für eine flächendeckende NGA-Versorgung sind Satellitenbreitbandanschlüsse deshalb höchstens als Ergänzung geeignet.

3.3 Netztechnologien im Vergleich

Die verfügbaren Netztechnologien unterscheiden sich zum Teil erheblich voneinander – nicht nur hinsichtlich der möglichen Bandbreiten, sondern auch in Bezug auf ihre Reichweiten und Nutzerkapazitäten. Aus diesem Grund sind die beschriebenen Technologien unterschiedlich gut für den Breitbandausbau geeignet. In der nachfolgenden Übersicht sind die Vor- und Nachteile der Technologien, die in der Praxis realistisch erreichbaren Bandbreiten im Downstream sowie die generelle Eignung der Technologien, um einen mit öffentlichen Fördergeldern geförderten Ausbau einer NGA-fähigen Breitbandinfrastruktur zu realisieren, dargestellt. NGA-Bandbreiten können flächendeckend und zuverlässig ausschließlich mittels FTTx-Technologien bereitgestellt werden.

NETZTECHNOLOGIEN IM VERGLEICH				
	Vorteile	**Nachteile**	**Band-breite**	**Eignung**
Leitungsgebundene Technologien				
FTTH	▪ Zukunftssichere Realisierung hoher Bandbreiten ▪ Reine Glasfasertechnologie ▪ Geringe Kosten und weniger Wartung, da keine aktiven Netzelemente	▪ Sehr hohe Investitionskosten (höher als bei FTTB/FTTC) ▪ Hoher Komplexitätsgrad in der Umsetzung (z.B. Grundstückseigentümererklärung für Hausanschluss notwendig)	Bis zu 1 Gbit/s	Ja
FTTB	▪ Zukunftssichere Realisierung hoher Bandbreiten bis in den Gbit-Bereich ▪ Reine Glasfasertechnologie bis zum Hausanschluss ▪ Niedrigere Investitionskosten als bei FTTH	▪ Höhere Investitionskosten als bei FTTC ▪ Hoher Komplexitätsgrad in der Umsetzung (z.B. Grundstückseigentümererklärung für Hausanschluss notwendig)	Bis zu 1 Gbit/s	Ja
FTTC VDSL2	▪ Geringere Investitionskosten als bei FTTB/FTTH ▪ Im Nahbereich hohe Bandbrieten möglich ▪ FTTC als möglicher Zwischenschritt für FTTB/FTTH	▪ Fehlende Zukunftssicherheit, da Technologiemix mit Kupfer die Leistungsfähigkeit limitiert ▪ Spätere Aufrüstung auf FTTB/FTTH komplex; nur möglich, wenn schon bei der Planung der Netze vorgesehen	Bis zu 100 Mbit/s zukünftig >100 Mbit/s möglich	Ja
CATV	▪ Geringere Investitionskosten als bei FTTB/FTTH ▪ Hohe Bandbreiten möglich	▪ Nicht förderfähig wegen fehlendem Open Access, daher Realisierung i.d.R. nur bei eigenwirtschaftlichem Ausbau ▪ Shared medium	Bis zu 400 Mbit/s	Nein
DSL		▪ Rein kupferbasierte Technologie ▪ Kann keine NGA-Bandbreiten bereitstellen	Bis zu 16 Mbit/s	Nein
Drahtlose Technologien				
LTE	▪ Geringere Investitionskosten als bei FTTB/FTTH ▪ Erschließung auch entfernter Gegenden möglich ▪ Hohe Bandbreiten möglich	▪ Begrenzte Reichweite und Kapazität der Basisstationen ▪ Shared medium	Bis zu 100 Mbit/s	Nein, nur als Ergänzung
WLAN WiMAX	▪ Geringere Investitionskosten als bei FTTB/FTTH ▪ Erschließung auch entfernter Gegenden möglich	▪ Begrenzte Reichweite und Kapazität ▪ Kann NGA-Bandbreiten nicht zuverlässig bereitstellen ▪ Sichtverbindung erforderlich ▪ Shared medium	Bis zu 50 Mbit/s	Nein, nur als Ergänzung
Satellit	▪ Erschließung auch entfernter Gegenden möglich	▪ Begrenzte Reichweite und Kapazität ▪ Kann NGA-Bandbreiten nicht zuverlässig bereitstellen ▪ Shared medium	Bis zu 30 Mbit/s	Nein

Abbildung 8: Vor- und Nachteile der Netztechnologien

3.4 Projektspezifische Technologieauswahl

Im Rahmen des Ausbaus muss eine Balance zwischen den Ausbaukosten, Versorgungsraten, Datenübertragungsraten und der Zukunftssicherheit erreicht werden. Dadurch wird der Kreis der infrage kommenden Technologien eingegrenzt. Zur Erreichung der zugrundeliegenden Ziele des Breitbandausbaus im Rhein-Hunsrück-Kreis (s. Kapitel 1) ist deshalb auf einen Technologiemix aus FTTC und FTTB zurückzugreifen.

Denn nur mit einer Kombination von FTTC und FTTB ist ein technisch sinnvoller und wirtschaftlicher Breitbandausbau mit 50 bzw. 100 Mbit/s in der Fläche realisierbar. Durch einen Stufenausbau mit FTTC und eine Netzverdichtung wird Glasfaser in die Ortslagen gebracht und kann später kostengünstig auf FTTB/FTTH-Strukturen erweitert werden. Angesichts der Zielstellung des Ausbauvorhabens und der topologischen, siedlungsstrukturellen, demografischen und infrastrukturellen Voraussetzungen ist FTTC auch die kostengünstigere Alternative gegenüber einem flächendeckenden FTTB/FTTH-Ausbau. Gewerbliche und institutionelle Nachfrager zeichnen sich dagegen durch einen deutlich höheren Breitbandbedarf aus. Sie sind deshalb schon jetzt auf FTTB/FTTH-Strukturen angewiesen, da nur diese Bandbreiten von mindestens 100 Mbit/s zur Verfügung stellen können. Darüber hinaus sind FTTB/FTTH-Strukturen geeignet, um Anschlüsse in Randlagen zu realisieren, wo zwar nicht unbedingt erhöhte Bandbreitenbedarfe bestehen, aber wo eine Erschließung im Rahmen eines FTTC-Ausbaus wirtschaftlich nicht realisierbar ist.

Aus technischen, wirtschaftlichen, topologischen und siedlungsstrukturellen Gründen können allerdings nicht alle anzuschließenden Teilnehmer im Kreisgebiet mittels FTTC/FTTB/FTTH erreicht werden. Daher wird im Ausbau nach Bedarf auf weitere Technologien zurückgegriffen, um die Flächendeckung der Breitbandversorgung sicherzustellen.

Entscheidungserhebliche Aspekte der Handlungsalternativen

Für die Auswahl der für das Erreichen der Zielstellungen geeigneten Technologie sind mehrere Aspekte entscheidungserheblich. Zum einen muss sie die geforderten Bandbreiten zuverlässig und flächendeckend bereitstellen können. Zum anderen muss die Technologie die Zukunftssicherheit des Netzes gewährleisten. Zudem muss die Technologie angesichts der Zielstellung des Ausbauvorhabens und der topologischen, siedlungsstrukturellen, demografischen und infrastrukturellen Voraussetzungen vor Ort möglichst kostengünstig sein, um einen effektiven Mitteleinsatz sicherzustellen.

Die geforderte flächendeckende Breitbandversorgung mit den gewünschten Bandbreiten lässt sich mit FTTC-Infrastrukturen am besten realisieren. Unter den gegebenen Bedingungen stellt dieser Lösungsansatz den besten Kompromiss zwischen Ausbaukosten, Versorgungsraten, Datenübertragungsraten und Zukunftssicherheit dar. Glasfaserinfrastrukturen (FTTB/FTTH) sind aus technischer Sicht langfristig zukunftssicherer, erzielen bei gleichem Investitionsvolumen in der Regel aber eine niedrigere Versorgungsabdeckung als FTTC-Netze. Somit stellt eine FTTC-Infrastruktur unter den gegeben Bedingungen nicht nur die wirtschaftlichste Lösung für Privathaushalte dar, sondern ist auch mittel- und langfristig ausreichend zukunftssicher, weil der tatsächliche Bedarf der verschiedenen Anwendergruppen die maximal zur Verfügung stehenden Bandbreiten derzeit noch nicht voll auslastet. Zudem ermöglicht FTTC einen Stufenausbau, mit dem die Investitionskosten für einen späteren FTTB/FTTH-Ausbau reduziert werden. Für Gewerbe und Institutionen besteht zu einer Glasfaserinfrastruktur keine Alternative. Allein FTTB/FTTH-Anschlüsse können die geforderten symmetrischen Bandbreiten in der entsprechenden Höhe gewährleisten. Auch für die wirtschaftliche Erschließung von Randlagen ist FTTB/FTTH alternativlos. Zudem sind alternative Technologien unumgänglich, wenn FTTC bzw. FTTB/FTTH-Anschlüsse zum Anschluss bestimmter Endkunden nicht infrage kommen.

4 Netzplanung

4.1 Methodik

Um die notwendigen Investitionskosten für eine flächendeckende NGA-Breitbandinfrastruktur im Rhein-Hunsrück-Kreis möglichst realistisch abschätzen zu können, wird eine detaillierte Netzplanung durchgeführt. Die Netzplanung erfolgt auf Grundlage eines computergesteuerten, mathematischen, lagegenauen und kostenoptimierten Netzplanungswerkzeugs (Comsof FiberPlanIT).

Die Wahl der geeigneten Netzinfrastrukturen für den Ausbau eines NGA-Netzes und die Höhe der Investitionskosten hängen maßgeblich von zwei Faktoren ab: zum einen von den topografischen, bevölkerungs- und siedlungsstrukturellen Voraussetzungen im Erschließungsgebiet und zum anderen von dem geforderten Versorgungsgrad und den gewünschten Bandbreiten. Erstere spielen eine wichtige Rolle, weil sie bedingen, wo bereits Infrastrukturen bestehen und wo neue errichtet werden müssen. Letztere sind von Bedeutung, weil höhere Versorgungsraten oder höhere Bandbreiten ein dichteres Netz und einen höheren technischen Aufwand erfordern und die Nutzungsmöglichkeiten beeinflussen. Auf diesen beiden Faktoren aufbauend können Art und Anzahl der für den Ausbau erforderlichen Netzteile ermittelt und das Netz entsprechend exakt geplant werden.

Grundlage der Netzplanung und Kostenschätzung sind zwei Arten von Eingangswerten: (1) georeferenzierte Infrastrukturdaten und (2) definierte Planungsparameter zu detaillierten technischen Anforderungen und technologischen Rahmenbedingungen.

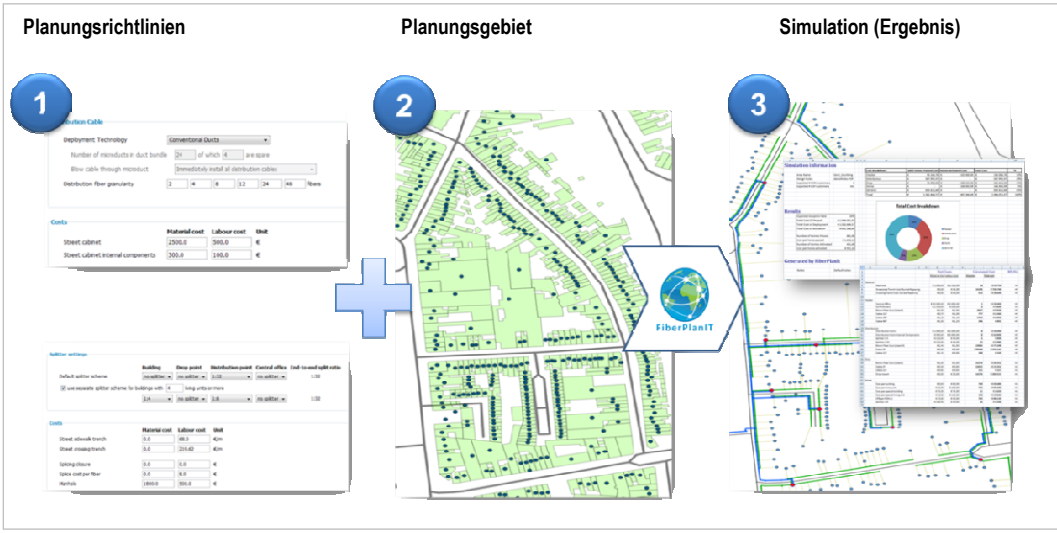


Abbildung 9: Vorgehen zur NGA-Netzplanung und Kostenermittlung

Georeferenzierte Infrastrukturdaten

Als Berechnungsgrundlage für die Netzplanung und Kalkulation der Ausbaukosten dienen umfangreiche Geodatenbestände und Telekommunikationsstrukturdaten. Diese Geobasisdaten, die mittels eines Geoinformationssystems (GIS) verarbeitet werden, erlauben es, sämtliche Infrastrukturen in einen räumlichen Bezug zu setzen und damit eine Datengrundlage für die Berechnungen zu schaffen. Aktuelle Datenbestände und eine stringente Datenverwaltung gewährleisten dabei, dass die Kalkulationen auf einem realistischen Ist-Zustand des Planungsraumes aufsetzen. Eine detaillierte und genaue Kostenschätzung wird erst durch das Zusammenspiel aller Faktoren ermöglicht.

Die Geodatenbestände wurden von den datenführenden Stellen im Rhein-Hunsrück-Kreis bzw. aus dem Datenbestand von TÜV Rheinland bereitgestellt. Sie umfassen u.a. folgende Kennzahlen:

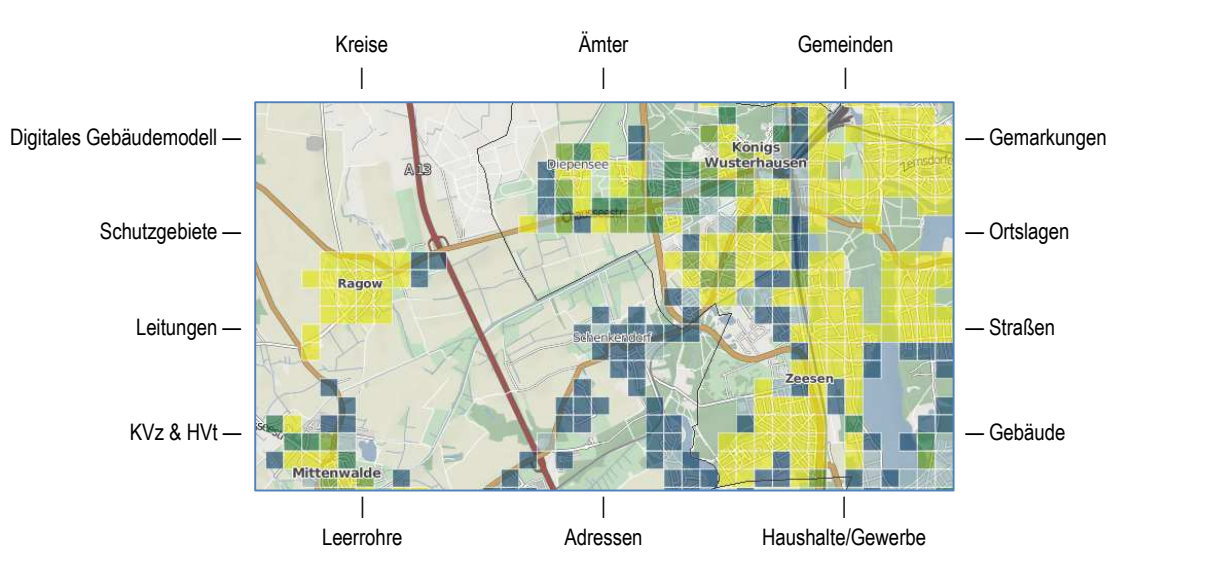


Abbildung 10: Geobasisdaten für die Netzplanung

Straßen/Wege/Leerrohre

In einem ersten Schritt werden zunächst Straßen, Wege und derzeit nicht genutzte Versorgungsleitungen (sogenannte Leerrohre) auf ihre räumlichen Zusammenhänge überprüft. Auf diese Weise werden die Daten für das Projektgebiet zu einem zusammenhängenden Netz verknüpft, auf dem die weitere Netzplanung aufbaut.

Die vorhandenen Leerrohrtrassen im Projektgebiet werden durch Abfrage des Infrastrukturatlasses der BNetzA und der Netzbetreiber ermittelt und in der Planung differenziert berücksichtigt; die mitgenutzten Leerrohre werden georeferenziert im Netzplan ausgewiesen. Dabei gilt: Kommunale Infrastrukturen wie die Leerrohre von regionalen Stadtwerken können kostengünstig mitgenutzt werden und gehen kostenreduzierend in die Gesamtplanung ein. Die Kostenreduktion wird im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt. Infrastrukturen im Besitz von privaten Betreibern, die zu unterschiedlichen, i.d.R. jedoch höheren Mietkosten je Infrastrukturinhaber angemietet werden können, werden im Netzplan zwar mit verzeichnet, um Synergiepotenziale aufzuzeigen, jedoch nur sehr konservativ kostenreduzierend in die Gesamtplanung einbezogen; das Mietkostenrisiko wird ebenfalls eingepreist.

Adress- und Gebäudedaten

Die bei der Netzplanung verwendeten Adress- und Gebäudedaten entstammen u.a. dem amtlichen topografisch-kartografischen Informationssystem (ATKIS). Deshalb können für die Berechnungen statt der bloßen Gebäudekoordinaten, die den Gebäudemittelpunkt angeben, die konkreten Gebäudeumringe berücksichtigen werden. Dies erlaubt es, die Entfernungen und Kosten insbesondere im Bereich der Gebäudezuführung exakt zu ermitteln.

Sondertrassen

Zudem werden in der Netzplanung sogenannte Sondertrassen berücksichtigt. Dabei handelt es sich um Kommunikations-, Energie-, Wasserversorgungs-, Gas- oder Fernwärmenetze, die von Telekommunikations- oder Versorgungsunternehmen bereits errichtet wurden, aber auch Bundesfernstraßen, Bundeswasserstraßen und Ei-

senbahninfrastruktur. Die Mitnutzung solcher Sondertrassen vermindert den Umfang der neu durchzuführenden Tiefbauarbeiten und bietet deswegen als Synergiepotenzial die Möglichkeit zu Kosteneinsparungen. Die Netzplanung berücksichtigt vorhandene Sondertrassen, jedoch keine für die Mitnutzung anfallenden Miet- oder Überlassungskosten. Stattdessen wird für die Kalkulation eine hundertprozentige Verfügbarkeit und Erlaubnis zur Mitnutzung angenommen.

4.2 Annahmen und Parameter

Die Geobasisdaten und die technischen Vorgaben für Errichtung und Betrieb einer passiven und aktiven Infrastruktur werden genutzt, um die Planungsparameter zu definieren. Gemeinsam bilden diese Informationen die Grundlage für die Netzwerklösung. In den Planungsparametern sind zum einen technik- und strukturbestimmende und zum anderen kostenbestimmende Eigenschaften 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

TECHNIK- UND STRUKTURPARAMETER DER NETZPLANUNG	
PON-Design	*Netztechnologie* ▪ FTTC ▪ FTTB *Netzarchitektur* ▪ P2P ▪ Hauptkabelbereich: dedizierte Kabelführung ▪ Verzweigerkabelbereich: Sternverkabelung mit direktem Gebäudeanschluss
Allgemein	▪ Kreisweites lagegenaues Straßen- und Wegenetz ▪ Ferntrassen der Energie- und Gasversorger ▪ Straßenquerungen grundsätzlich in geschlossener Bauweise (z.B. Pressung)
Netzdimensionierung (Netzabschnitt 3) Regeln & Material	*Grundlagen* ▪ Reichweite PON: 15 km (max. Glasfaserdämpfung) ▪ Begrenzung der Ausbaugebiete auf PoP-Subcluster-Bereiche ▪ Gebäude über P2P versorgt *Kabel und Fasern* ▪ Kabel-Faseranzahl: 4; 12; 36; 72; 144; 288 ▪ Faseranzahl pro FTTC-Standort: 12 ▪ Kapazität des PoP (Gf-HVt): bis zu 1.440 Faser (alle Fasern abgelegt); aktive Faser gespleißt/geschaltet *Tiefbau, Montage und Installation* ▪ Alle Leistungen im Bereich Tiefbau, Montage und Installation in Anlehnung an ZTV-TKNetz 10 und 12 der DTAG ▪ Tiefbau der Gräben in offener Bauweise - Innerorts: 40x60; Kosten lfd. Meter 70,- € - Außerorts: 60x90; Kosten lfd. Meter 40,- € ▪ Straßenquerungen grundsätzlich in geschlossener Bauweise (z.B. Pressung) *Rohranlage (strategische Planung)* ▪ Anschlussbereich: Gebäudeanbindung mit jeweils 2 Mini-/Microröhrchen, 2x MR 7x1,5, davon 1 MR als Reserve für zusätzlichen Bedarf/Gewährleistung von Open Access ▪ Verzweigerbereich: Rohrverband mit 7x MR 7x1,5 Microröhrchen, 1 MR als Reserve ▪ Hauptkabelbereich: Verbunde mit bis zu 3x50 DN Telekommunikationsrohr (optional: Subducts)

Abbildung 11: Technik- und strukturbestimmende Netzplanungsparater

In Hinblick auf das zu verwendende Material und die technische Ausrüstung beruht die Netzplanung auf standardisierten, branchenüblichen und erprobten Systemlösungen. Die dabei zugrunde gelegten Kostenparameter

werden anhand regionaler Preisstrukturen im Vergleich mit Kostengerüsten aus anderen Bundesländern definiert, auf die TÜV Rheinland aufgrund vergleichbarer durchgeführter Netzplanungen zurückgreifen kann. Sie leiten sich aus marktüblichen Kosten für Technik sowie Tiefbau- und Montageleistungen im Telekommunikationsbereich ab und basieren auf aktuellen Preisinformationen namhafter Hersteller, Systemausstatter bzw. Leistungsanbieter.

Die genauen Mengenverhältnisse werden auf Basis einer mehrstufigen Simulation ermittelt und den verschiedenen Netzabschnitten präzise zugeordnet. Mithilfe der Mengenangaben kann die Kostenbasis bis hin zu einzelnen Leistungen (z.B. Spleißen, Verlege- und Tiefbauarbeiten) verifiziert werden, woraus sich eine sichere Grundlage für eine Mischkalkulation auf Mengenbasis ergibt.

KOSTENPARAMETER DER NETZPLANUNG		
Netzelemente	**Kostenstruktur (kumulierte Durchschnittspreise)**	
Tiefbau	**Graben**	
Graben innerorts	lfd. Meter	70,00 €
Graben außerorts	lfd. Meter	40,00 €
Graben/Hausanschluss	lfd. Meter	35,00 €
Passive Netzkomponenten	**PoP & Schaltstellen – Rohr & Kabel – Hausanschluss**	
Glasfaserübergabepunkt	Stück	30,00 €
Spleiße	Stück	10,00 €
Verzweigerkabel (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 €
Rohr (2 Röhrchen)	lfd. Meter	2,20 €
Hausanschluss	Stück	100,00 €
Aktive Technik	**Gebäude & Verteilnetz**	
Aktivtechnik Schaltstelle	Stück	300,00 €
Patchpanel LWL	Stück	2.000,00 €
Optical Line Terminal (OLT)	Stück	2.000,00 €

Abbildung 12: Technik- und strukturbestimmende Netzplanungsparater

4.3 Validität der Planungsergebnisse

Dank der georeferenzierten Basisdaten für alle Netz- und Infrastrukturelemente und einer adress- und lagegenauen Netzplanung weisen die Planungsergebnisse eine hohe Genauigkeit und Gültigkeit auf. Deswegen können Netzstruktur, Längen- und Mengengerüst sowie Kosten als Grundlage für die weiteren Schritte des Breitbandausbaus verwendet werden. Zu beachten ist, dass es sich bei der vorliegenden Kalkulation um eine strategische Netzplanung handelt. Für eine praktische Umsetzung ist eine Projekt- und Bauausführungsplanung erforderlich.

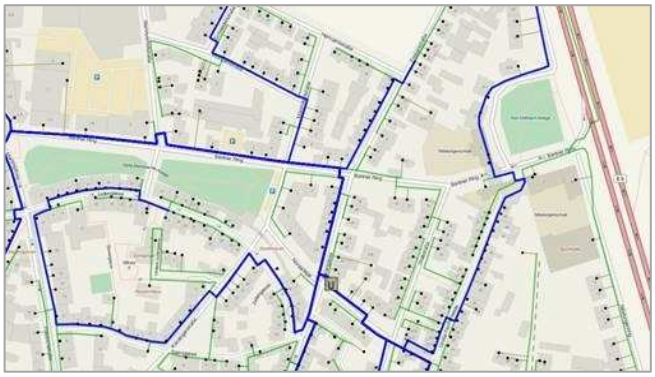


Abbildung 13: Schema einer adress- und lagegenauen Netzplanung

Bei der Realisierung können Abweichungen der tatsächlichen Kosten von den Planungsergebnissen auftreten.

So kann die mathematische Optimierung der Netzplanung eine Abweichung der Netzstrukturkosten von bis zu 3 % verursachen, wenn Linienführung, Positionierung und Verteilung von Netzelementen in der Praxis anders ausfallen. Die kalkulierten Materialmengen können außerdem um ca. 5-10 % abweichen – hauptsächlich wegen veränderter Linienführung. Die größten Abweichungen ergeben sich jedoch bei den Bau- und Installationskosten. Hier belaufen sich die Abweichungen in Abhängigkeit von den Erkundungsergebnissen auf bis zu 20 % der Installations- und Tiefbaukosten.

Eine höhere Kalkulationsgenauigkeit ergibt sich erst im Rahmen der Feinplanung. Die vorliegenden Planungsergebnisse sind jedoch so aufbereitet, dass die berechneten Längen- und Mengengerüste der Kalkulation mit den tatsächlichen Tiefbaupreisen später ergänzt werden können. Sowohl die grundlegenden Längen- und Mengengerüste als auch die Art der zu erbringenden Leistung bleiben als Kalkulationsbasis weiter bestehen.

VALIDITÄT DER PLANUNGSERGEBNISSE		
	Abweichung von den tatsächlichen Kosten	
Optimierungsgrad der Netzwerkstruktur	3 %	der Netzstrukturkosten
Materialmengen	5-10 %	der Materialkosten
Bau- und Installation	≤ 20 %	der Installations- und Tiefbaukosten

Abbildung 14: Mögliche Planungsabweichungen von den tatsächlichen Kosten

4.4 Definition des Ausbaugebiets

Für die Netzplanung und Kostenschätzung im Rhein-Hunsrück-Kreis wurden mittels Geobasisdaten 55.182 Haushalte erfasst. Um die Netzplanung durchführen zu können, werden in einem ersten Schritt die förderfähigen Gebiete festgelegt und das Ausbaugebiet definiert.

Als förderfähige Gebiete gelten all jene unterversorgten Kommunen, in denen zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Studie gemäß der Versorgungsanalyse weniger als 95 % der Haushalte über Bandbreiten vom mindestens 30 Mbit/s verfügen können und in denen zugleich gemäß den Ergebnissen des durchgeführten Markterkundungsverfahrens (MEV) in den kommenden drei Jahren kein Ausbau durch die Netzbetreiber geplant ist. Die zum MEV eingegangenen Rückmeldungen werden in der Netzplanung berücksichtigt. Ebenso werden die HVt-Nahbereiche als versorgt betrachtet. Die gemäß der NGA-Kriterien als versorgt geltenden Gebiete bleiben bei der Netzplanung unberücksichtigt, weil für diese keine Notwendigkeit eines weiteren Ausbaus besteht.

Davon ausgehend gelten 3.730 Anschlüsse im Rhein-Hunsrück-Kreis als unterversorgt. Dies entspricht 6,8% aller Anschlüsse. Aufgrund technischer, wirtschaftlicher und förderrechtlicher Erwägungen wurde das Ausbaugebiet jedoch weiter reduziert. Denn die Errichtung neuer Schaltstellen ist erst bei einer ausreichenden Anzahl von möglichen Endkunden technisch und wirtschaftlich plausibel. So müssen nicht nur die neu geschaffenen technischen Kapazitäten in angemessenem Umfang genutzt werden, sondern auch die erwarteten Einnahmen die Kosten für Betrieb und Errichtung der Infrastruktur decken. Diese Voraussetzungen sind insbesondere in dünner besiedelten Gebieten und Einzellagen oft nicht gegeben. Zugleich sind bei diesen die Kosten für die Erschließung, d.h. für Tiefbau und Infrastruktur, meist deutlich höher. In der Praxis entfällt deshalb auf einen kleinen Anteil der Anschlüsse ein Großteil der Ausbaukosten. Die steigenden Anschlusskosten wirken sich darüber hinaus negativ auf die Förderfähigkeit des gesamten Gebiets aus, da das Bundesförderprogramm einen möglichst wirtschaftlichen Einsatz von Fördermitteln vorsieht.

Aus diesem Grund ist das der Netzplanung zugrunde gelegte Ausbaugebiet nicht flächenidentisch mit dem wei-

ßen Fleck, sondern wird kleiner geschnitten. Für das Projektgebiet ergibt sich so eine Zahl von 2.929 unterversorgten Haushalten, die 6 % aller Haushalte im Kreis entsprechen. Bei den unterversorgten Gewerben beläuft sich die Zahl im Ausbaugebiet auf 564 (8,5 %) und bei Institutionen auf 8 (3,98 %).

VERTEILUNG ANSCHLÜSSE					
	Gesamt	**Versorgt / nicht im Projektgebiet**		**Unterversorgt** (Projektgebiet)	
	Anzahl	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
Haushalte	48.342	45.413	93,99 %	**2.929**	6,01 %
Gewerbe	6.639	6.075	91,50 %	**564**	8,50 %
Institutionen	201	193	96,02 %	**8**	3,98 %
GESAMT	**55.182**	**51.452**	**93,66 %**	**3.501**	**6,34 %**

Abbildung 15: NGA-versorgte Haushalte, Gewerbe und Institutionen

Zu den Haushalten kommen Gewerbe und Institutionen im Kreisgebiet. Als Gewerbe gelten in diesem Zusammenhang diejenigen Unternehmen, die als Betriebsstätten klassifiziert sind und ausschließlich gewerblich genutzten Adresspunkten bzw. Gebäuden zugeordnet werden können.

4.5 Netzplan

Einen Überblick über das geplante Netz gewährt der nachfolgend dargestellte, generalisierte Netzschemaplan.

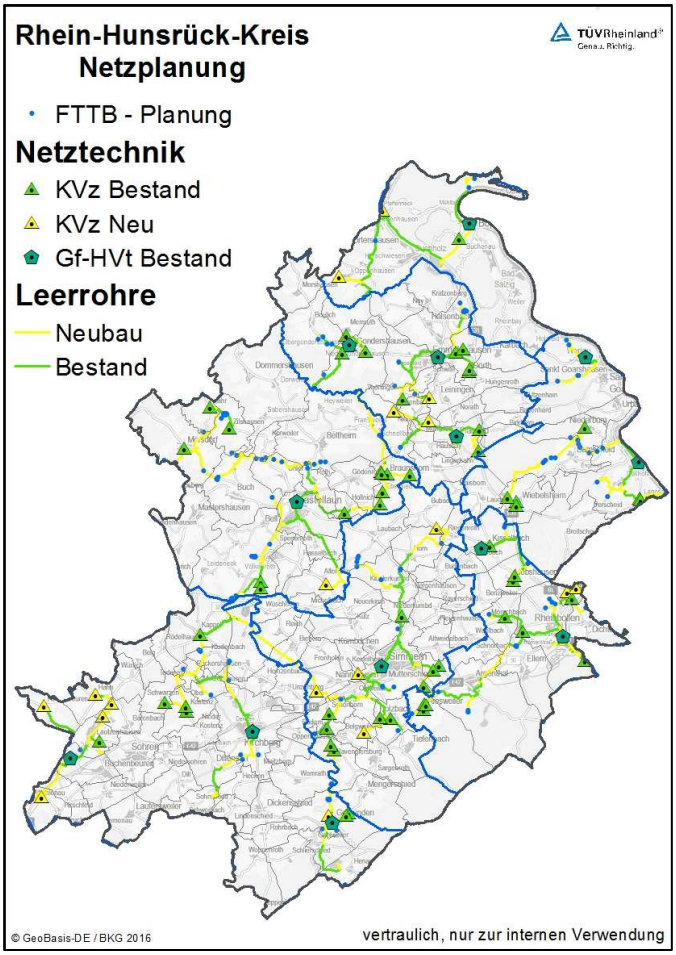


Abbildung 16: Netzschemaplan

5 Kostenschätzung

Bei der Netzplanung wurde eine für das Bundesförderprogramm optimierte Netzvariante errechnet. Diese kombiniert einen Technologiemix von FTTC und FTTB um die erforderlichen Versorgungsgrade im Projektgebiet nachhaltig zu realisieren und dabei eine effiziente Verwendung der Mittel sicherzustellen.

5.1 FTTC-Bestandsausbau + FTTC Erweiterung + FTTB

Die Kalkulation für diese Netzvariante basiert auf der Netztechnologien FTTC. Für FTTC wird von einer VDSL2-Vectoring-Netzreichweite in einem Radius um den KVz von 500 m für 50 Mbit/s und 900 m für 30 Mbit/s ausgegangen. Dabei werden ausschließlich bereits bestehende Kabelverzweiger durch den Anschluss mit Glasfaser ertüchtigt. Nicht ausgebaut werden dabei solche KVz, die sich innerhalb der HVt-Nahbereiche befinden und solche, die bereits mit Glasfaser erschlossen wurden. Zusätzliche KVz werden nicht errichtet.

	INVESTITIONSKOSTEN	
	Gesamtkosten	Kosten pro Anschluss
GESAMT	**14,5 Mio. €**	**4.239 €**
Tiefbau	8,1 Mio. €	2.363 €
Passive Netzkomponenten	5,3 Mio. €	1.544 €
Aktive Netzkomponenten	1,1 Mio. €	332 €

Werte gerundet

Abbildung 17: – Kosten gesamt und pro Anschluss

Die Gesamtkosten für den Ausbau belaufen sich auf insgesamt 14,5 Mio. Euro, das ergibt Kosten pro Anschluss im Ausbaugebiet in Höhe von 4.239 Euro. Dabei spalten sich die Investitionskosten auf in 8,1 Mio. Euro für Tiefbau, 5,3 Mio. Euro für passive Netzkomponenten und 1,1 Mio. Euro für aktive Technik.

Die Investitionskosten würden weitaus höher ausfallen, wenn die Breitbandinfrastruktur im Rhein-Hunsrück-Kreis nicht schon auf dem gegenwärtigen Stand wäre. Die Ausgangslage trägt somit von vornherein zu einer Kostenreduktion bei. In bereits gut versorgten Kommunen weist die kostenoptimierte Netzplanung deshalb niedrigere Ausbaukosten aus. Dagegen liegen in stark unterversorgten Gemeinden die notwendigen Investitionssummen besonders hoch. Diese Unterschiede sind dem Umstand geschuldet, dass ein Teil der Kommunen bereits durch einen marktgetriebenen Ausbau wirtschaftlich erschlossen wurde oder wird. In vielen unterversorgten Gebieten wird dagegen auch weiterhin kein privatwirtschaftlicher Netzausbau stattfinden, da die Investitionen das Einnahmepotenzial übersteigen und die Netze für die Netzbetreiber damit nicht wirtschaftlich zu betreiben sind. Es verbleiben geringe Adresspunktpotenziale mit langen Tiefbautrassen.

Die nachfolgende Übersicht sowie die Karte weisen aus, wie sich die Kosten für den Ausbau im Rahmen des geplanten Breitbandausbaus auf die einzelnen Verbandsgemeinden verteilen. Außerdem wird sichtbar, welche potenziellen Versorgungsraten mit Bandbreiten von 50 Mbit/s nach dem Ausbau erreicht würden.

KOSTENVERTEILUNG					
Verbandsgemeinde / Stadt	**Anschlüsse**			**Investitions-kosten**	**Versorgung im Projektgebiet nach Ausbau**
	Gesamt	Davon im Projektgebiet			Mind. 50 Mbit/s
Boppard	8.380	104	1,2 %	1,08 Mio. €	100 %
Emmelshausen	7.467	844	11,3 %	1,75 Mio. €	95,7 %
Kastellaun	8.901	680	7,6 %	3,04 Mio. €	91,6 %
Kirchberg	10.558	959	9,1 %	2,68 Mio. €	95,6 %
Rheinböllen	5.255	354	6,7 %	1,79 Mio. €	96,6 %
Stankt Goar-Oberwesel	5.008	344	6,9 %	1,53 Mio. €	98,5 %
Simmern	9.814	216	2,2 %	2,66 Mio. €	98,6 %
GESAMT	**55.383**	**3.501**	**63 %**	**14,53 Mio. €**	**92,6 %**

Werte gerundet

Abbildung 18: Kostenverteilung und Versorgungsraten

5.2 Zwischenfazit

Die Ergebnisse der kostenoptimierten Netzplanung und Kostenschätzung zeigen, dass der für den Rhein-Hunsrück-Kreis geplante Ausbau Investitionen in Höhe von insgesamt 14,53 Mio. Euro oder 4.239 Euro pro Anschluss erfordert.

Der geplante Netzausbau bietet mit der angestrebten Versorgung für das Bundesförderprogramm sehr gute Voraussetzungen. Die geplanten Technologien bieten über die angestrebte Versorgung hinaus auch sehr gute Ausbau- und Erweiterungsmöglichkeiten, sodass ein schrittweiser Ausbau der Glasfaserinfrastruktur in Zukunft fortgesetzt werden kann.

6 Träger- und Geschäftsmodelle

Der Auf- bzw. Ausbau sowie der spätere Betrieb eines Breitbandnetzes werden in der Praxis von einem oder mehreren Trägern durchgeführt. Diese Träger können wahlweise aus dem privaten und/oder dem öffentlichen Bereich stammen. Dabei kann ein öffentlicher oder privater Träger wie auch eine öffentlich-private Partnerschaft einzelne Stufen der Wertschöpfungskette verantworten oder auch alle drei.

6.1 Wertschöpfungsstufen des Breitbandausbaus

Die Träger- und Geschäftsmodelle setzen an den Wertschöpfungsstufen im Telekommunikationsmarkt an.

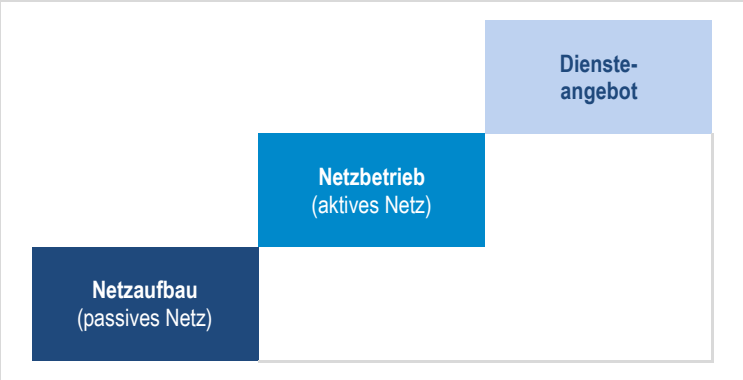


Abbildung 19: Stufen der Wertschöpfung eines Netzausbaus

Stufe 1

Die erste Stufe in der Wertschöpfungskette ist die Errichtung einer passiven Infrastruktur; sie bildet die Grundlage für die weitere Wertschöpfungskette. Ein passives Netz kann sowohl durch private Telekommunikationsunternehmen, Versorgungsunternehmen oder Kabelnetzbetreiber als auch durch die Kommunen selbst errichtet werden.

Stufe 2

Damit die Endkunden ihren Breitbandanschluss nutzen können, muss die Übertragung von Daten gewährleistet werden. Zu diesem Zweck wird das passive Netz mit aktiver Technik ausgestattet, also Netzelementen mit eigener Stromversorgung. Für den Betrieb und die Wartung des aktiven Netzes ist der Netzbetreiber zuständig.

Stufe 3

Durch den aktiven Netzbetrieb wird den Endkunden der Zugang zum Internet und damit die Nutzung von digitalen Diensten und Anwendungen ermöglicht. Das Diensteangebot wird vom Netzbetreiber zur Verfügung gestellt. Hierunter fallen z.B. Dienste wie VoIP oder IPTV.

6.2 Träger- und Geschäftsmodelle im Vergleich

Die Wahl des Trägermodells muss nicht nur die technischen und betriebswirtschaftlichen Anforderungen der drei Wertschöpfungsstufen berücksichtigen. Entscheidend sind auch der regulatorische, d.h. verwaltungsrechtliche Rahmen sowie die Finanzsituation der Kommune, in der das Ausbauvorhaben umgesetzt werden soll.

Wirtschaftlichkeitslückenmodell

Wenn in einer Region beim Breitbandausbau Marktversagen diagnostiziert wird, haben Kommunen die Möglichkeit, einen geförderten Ausbau durch einen externen Partner durchführen zu lassen. Für Bau und Betrieb eines Breitbandnetzes erhält dieser von der öffentlichen Hand einen finanziellen Zuschuss zum Ausgleich der sogenannten Wirtschaftlichkeits- oder Deckungslücke. Eine Deckungslücke entsteht dann, wenn für einen Netzbetreiber die zu erbringenden Investitions- und Betriebskosten nicht durch die zu erwartenden Einnahmen gedeckt werden können. Dies kann z.B. durch die Bevölkerungsstruktur bedingt sein, wenn es zu wenige potenzielle Teilnehmer gibt, deren Anschluss jedoch sehr teuer ist und dadurch ein Missverhältnis zwischen Einnahmen und Ausgaben entsteht.

Bei diesem Trägermodell, das als Wirtschaftlichkeitslücken- oder Zuschussmodell bezeichnet wird, ermöglichen die Zuschüsse der öffentlichen Hand einem privaten oder kommunalen Unternehmen, die Breitbanderschließung durch Zahlung von Zuschüssen zu wirtschaftlich tragfähigen Bedingungen vor Ort umzusetzen. Hierzu schreiben Kommunen den Bau und Betrieb sowie das Diensteangebot von NGA-Netzen in einem offenen, transparenten, technologie- und anbieterneutralen Verfahren aus. Errichtung und Betrieb des Netzes sowie das Diensteangebot werden dabei meist durch ein und dasselbe Unternehmen durchgeführt.

Die Finanzierung der Zuschüsse erfolgt vorrangig über öffentliche Fördergelder von EU-, Bundes- oder Landesmitteln. Die Kommune als formaler Zuwendungsempfänger der Fördergelder muss allerdings auch einen finanziellen Eigenanteil erbringen, dessen Höhe von den jeweiligen förderrechtlichen Bestimmunen abhängt. Beim Bundesförderprogramm liegt dieser bei 10 %.

Das Wirtschaftlichkeitslückenmodell ist das am weitesten verbreitete Trägermodell für den Breitbandausbau in Deutschland. Der Vorteil liegt aus Sicht der Kommune darin, dass das wirtschaftliche Risiko hauptsächlich beim Netzbetreiber liegt. Zudem kann der Breitbandausbau vergleichsweise schnell initiiert und umgesetzt werden, da der organisatorische Aufwand im Vergleich zu anderen Trägermodellen deutlich geringer ausfällt. Die finanziellen Mittel für die Zuschüsse sind für die Kommunen hinterher allerdings verloren, weil die geschaffene Infrastruktur nicht in den Besitz der Kommune übergeht.

WIRTSCHAFTLICHKEITSLÜCKENMODELL	
Pro	**Contra**
Kürzerer Umsetzungszeitraum	Verlorener Zuschuss
Geringes wirtschaftliches Risiko für Kommunen	Nachhaltige und zukunftsorientierte Lösung abhängig von Zielbandbreite
Kein zusätzlicher organisatorischer Aufwand für Kommunen	Notwendigkeit erneuter Förderung

Abbildung 20: Wirtschaftlichkeitslückenmodell – Vor- und Nachteile

Betreibermodell

Anstatt für einen externen Partner Zuschüsse aufzuwenden, die hinterher verloren sind, können Kommunen beim Breitbandausbau im Falle von Marktversagen auch selbst tätig werden. In einem solchen Fall errichtet eine Kommune eigenständig oder in Form einer zu diesem Zweck gegründeten Gesellschaft die passive Netzinfrastruktur. Finanziert wird der Netzausbau dabei in der Regel über Darlehen; das Netz verbleibt danach als kommunale Infrastruktur im Besitz der Kommune.

Das passive Netz verpachtet die Kommune anschließend im Rahmen eines offenen, transparenten sowie anbieterneutralen Verfahrens an eine privatwirtschaftliche Betreibergesellschaft. Diese 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 Betreiber eine Pacht an die Kommune, mit der die öffentliche Hand die Investitionskosten refinanziert.

Entscheidendes Kriterium ist auch beim Betreibermodell die Wirtschaftlichkeit. Die Pacht muss so hoch ausfallen, dass die Investitionskosten der Kommune bzw. Infrastrukturgesellschaft gedeckt werden. Gleichzeitig muss die Pacht niedrig genug sein, damit die Betreibergesellschaft unter dem gegeben Kundenpotenzial noch wirtschaftlich arbeiten kann. Fallen die von der Betreibergesellschaft zu leistenden Pachtzahlungen höher aus als die Einnahmen, ist der Betrieb nicht wirtschaftlich möglich.

Zur Senkung der Investitionskosten und damit zur Erleichterung eines wirtschaftlichen Betriebs durch eine Betreibergesellschaft können deshalb im Rahmen eines Förderprogramms die Investitionskosten der Kommune für die Errichtung des Netzes, z.B. bei der Ausstattung von Leerrohren für Glasfaserkabel oder bei verschiedensten Tiefbauleistungen, zu einem gewissen Anteil über Fördermittel von der Europäischen Union (EU), vom Bund oder vom Land gedeckt werden. Den Kommunen verbleibt allerdings auch hier ein finanzieller Eigenanteil.

Die Realisierung von kommunalen Netzen ist davon abhängig, ob die jeweilige Gemeinde eine bestimmte Vorvermarktungsquote erreichen kann, d.h. eine vorher definierte Anzahl von 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 allerdings nur dann wirtschaftlich betätigen, wenn das Kommunalrecht dies zulässt.

Der Vorteil des Betreibermodells liegt darin, dass der Breitbandausbau auf diesem Wege aus Sicht der Kommunen bedarfsgerecht und damit besonders passend für die Situation vor Ort umgesetzt werden kann. Zudem wird mit dem Breitbandnetz bei diesem Trägermodell ein kommunales Netz und damit ein bleibender Wert geschaffen. Allerdings trägt die Kommune in diesem Fall auch das größere wirtschaftliche Risiko. Nicht zuletzt bedarf es für die Umsetzung des Breitbandausbaus im Rahmen eines Betreibermodells auch eines geeigneten regionalen Carriers bzw. Versorgungsunternehmens.

BETREIBERMODELL	
Pro	**Contra**
Möglichkeit der Refinanzierung	Zeitrahmen der Gründung
Schaffung kommunalen Eigentums	Wirtschaftliches Risiko für Kommunen
Verfolgung der Zielstellung der öffentlichen Hand	

Abbildung 21: Betreibermodell – Vor- und Nachteile

7 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Der Dreh- und Angelpunkt für die Entscheidung von Netzbetreibern zum Ausbau der Breitbandinfrastruktur ist die Wirtschaftlichkeit. Fallen die erwarteten Einnahmen hinter den aufzubringenden Kosten zurück, ist der Ausbau unwirtschaftlich und wird nicht umgesetzt. Mithilfe von öffentlichen Fördermitteln, kann diese Deckungslücke geschlossen werden, um den Breitbandausbau dennoch zu wirtschaftlich tragfähigen Konditionen umzusetzen.

Die vorangegangene Kostenschätzung hat ergeben, dass die Netzvariante FTTC-Bestandsausbau und -neubau sowie FTTB-Neubau die geeignetste ist, was Wirtschaftlichkeit, technologische Leistungsfähigkeit, Versorgungsraten und die Förderfähigkeit vor dem Hintergrund des Bundesförderprogramms angeht. Aus diesem Grund wird die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ausschließlich für diese Netzvariante durchgeführt.

7.1 Methodik

Ob ein Breitbandausbauvorhaben zur Erschließung unterversorgter Gebiete unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten umsetzbar ist, wird anhand einer Wirtschaftlichkeitsabwägung überprüft. Die Deckungslücke wird dabei anhand der Kostenschätzung ermittelt, die auf Grundlage der Netzplanung durchgeführt wurde. Außerdem fließen Erfahrungswerte aus ähnlichen Projekten, öffentlich zugänglichen Markt- und Preisinformationen sowie den Annahmen von Branchenexperten in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit ein.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden zunächst die anfallenden Investitionskosten kalkuliert und die sich ergebenden Betriebskosten prognostiziert. In einem weiteren Schritt wird das vorhandene Kundenpotenzial anhand von Marktdaten und Erfahrungswerten abgeschätzt, um die Einnahmen im späteren Betrieb zu bestimmen. Hierauf aufbauend kann die Wirtschaftlichkeitslücke bestimmt werden.

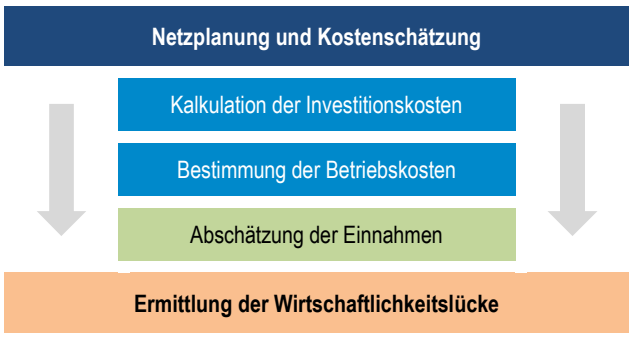


Abbildung 22: Analyseschritte der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeit wird in Barwerten betrachtet. Dabei handelt es sich um denjenigen Wert, den ein zukünftiger Zahlungsfluss in der Gegenwart hat. Übersteigen die Barwerte der kalkulierten Investitions- und Betriebskosten die erwarteten Einnahmen aus dem Betrieb, ist der Barwert der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung insgesamt negativ. Dieser Barwert weist die sich ergebende Deckungslücke und damit den Förderbedarf aus. Die Wirtschaftlichkeitsabwägung betrachtet die Wirtschaftlichkeit des Breitbandausbaus dabei sowohl für das Wirtschaftlichkeitslücken- als auch für das Betreibermodell.

7.2 Annahmen und Parameter

Privat- und Geschäftskundenbasis

Beim Kundenpotenzial wird zwischen Privat- und Geschäftskunden unterschieden; deren Verteilung wird in die Kalkulation einbezogen. Im Rhein-Hunsrück-Kreis beläuft sich das Kundenpotenzial für Privatkunden auf insgesamt 3.101 Haushalte und für Geschäftskunden auf 629 Unternehmen und Institutionen.

Außerdem spielt die Dauer des Verbleibs eines Kunden bei einem Telekommunikationsanbieter eine wichtige Rolle bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Tatsächlich bleiben Kunden in der Regel über die branchenübliche Mindestvertragslaufzeit von 24 Monaten hinaus bei einem Anbieter. In der Praxis beläuft sich dieser sogenannte Life-Cycle im Durchschnitt auf 92 Monate.

Betrachtungszeitraum

Der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird sowohl für das Wirtschaftlichkeitslücken- als auch das Betreibermodell ein Betrachtungszeitraum von sieben Jahren zugrunde gelegt. Dabei handelt es sich um einen marktüblichen und in der Praxis vielfach bewährten Betrachtungszeitraum für Breitbandausbauvorhaben. Dieser Zeithorizont wird auch in anderen Bundesländern als Basis für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verwendet, weil innerhalb dieses Zeithorizonts die Gewährleistung von Open Access auf Vorleistungsebene und eine Zweckbindungsfrist gegeben sind. Das Jahr 0 beschreibt in diesem Fall den Zeitpunkt vor Inbetriebnahme, das Jahr 1 das erste Jahr nach Inbetriebnahme des Netzes.

Wirtschaftlichkeitslücke

Für Breitbandausbauprojekte, die im Rahmen der Wirtschaftlichkeitslückenförderung umgesetzt werden, ist ein Betrachtungszeitraum von sieben Jahren nicht nur aus wirtschaftlicher Perspektive für die mittelfristig gewinnorientiert arbeitenden Netzbetreiber sinnvoll, sondern stellt auch eine ausreichend sichere zeitliche Perspektive für die zukünftige Breitbandversorgung dar. Zudem erscheint der Zeitraum aus technologischer Sicht sinnvoll, da dies das marktübliche Intervall für Investitionen in die aktive Technik widerspiegelt. Nicht zuletzt entspricht der Betrachtungszeitraum von sieben Jahren der Zweckbindungsfrist und stimmt daher mit den offiziellen Vorgaben der NGA-Rahmenregelung und des Bundesförderprogramms überein.

Betreibermodell

Auch für das Betreibermodell ist ein Betrachtungszeitraum von sieben Jahren zweckmäßig. Zwar können kommunale Trägergesellschaften Investitionskosten über längere Zeiträume (z.B. 15 Jahre) refinanzieren, abhängig vom zwischen Infrastrukturträger und Betreiber ausgehandelten Pachtvertrag. Privatwirtschaftliche Betreiber kommunaler Netze, die mittelfristig gewinnorientiert arbeiten, unterliegen dagegen Marktbedingungen und sind am Return-on-Investment (ROI) orientiert. Diesen Umständen trägt die Förderrichtlinie mit der Zweckbindungsfrist von sieben Jahren Rechnung. Außerdem bedingt die technische Entwicklung, dass nach fünf bis sieben Jahren Ersatzinvestitionen in aktive Technik erfolgen müssen. Der Zeitraum von sieben Jahren erscheint somit auch aus technologischer Sicht sinnvoll. Zudem besteht für den Eigentümer eine Veräußerungspflicht des Netzes nach Auslaufen der Zweckbindungsfrist bzw. Pachtvertragsende. Nicht zuletzt stellt der Betrachtungszeitraum auch eine sichere zeitliche Perspektive für die zukünftige Breitbandversorgung dar. Nicht zuletzt gewährleistet ein Betrachtungszeitraum von sieben Jahren eine bessere Vergleichbarkeit der Kalkulation für beide Trägermodelle. Wegen ihrer Personal-/Finanzlage sind die Kommunen im Rhein-Hunsrück-Kreis außerdem nicht in der Lage, ein Breitbandnetz länger als sieben Jahre zu betreiben.

Penetrationsrate

Die Wirtschaftlichkeitsabwägung beruht auf der Annahme, dass ein Netzbetreiber innerhalb von sieben Jahren eine Marktdurchdringung (Penetration) erreichen kann, die bei Haushalten schrittweise von 25 % (Jahr 1) auf 42 % (Jahr 7) und bei Gewerbekunden schrittweise von 30 % (Jahr 1) auf 48 % (Jahr 7) steigt. Mithilfe eines leistungsfähigen Breitbandnetzes sowie einer angemessenen Vermarktung von Privat- und Geschäftskundenprodukten ist dieses Ziel prinzipiell realistisch.

Durchschnittlicher Erlös je Kunde

Ein entscheidender Faktor bei der Wirtschaftlichkeitsabwägung ist die durchschnittliche Höhe des Erlöses je Kunde (engl. Average Revenue per User, kurz: ARPU). Zur Herleitung des ARPU für Privatkunden wurden die aktuellen Angebote der Telekommunikationsanbieter am Beispiel der Deutschen Telekom, 1&1 United Internet, Vodafone Kabel Deutschland und NetCologne stellvertretend für regionale Netzbetreiber für verschiedene Produktkategorien und deren geschätzte Häufigkeit im Markt ausgewertet.

Der ARPU setzt sich im Wesentlichen aus vier Komponenten zusammen: dem monatlichen Entgelt, dem einmaligen Entgelt und einmaligen Rabatten für den Abschluss eines Vertrags mit einer Laufzeit von 24 Monaten sowie den Mietkosten für den Router. Die einmaligen Entgelte und Rabatte werden dabei auf den durchschnittlichen Life-Cycle eines Kunden von 92 Monaten umgerechnet. Der sich hieraus ergebende ARPU liegt bei 30,50 Euro pro Nutzer/Monat für Privatkunden und 120 Euro pro Nutzer/Monat für Geschäftskunden.

Churn-Rate

Die Churn-Rate ist ein Instrument, um die Kundenabwanderung eines Unternehmens darzustellen und den Geschäftserfolg zu messen. Dabei wird der prozentuale Anteil der abgewanderten Kunden ins Verhältnis zum Gesamtkundenstamm gesetzt. Als erfahrungsbasierter Mittelwert wurde eine Churn-Rate von 13 % zugrunde gelegt.

Investitionskosten

Die Investitionskosten (engl. Capital Expenditure, kurz: CAPEX) umfassen neben den Kosten für Material und Installation zusätzlich die anfallenden Aufwendungen für Projektmanagement, Planung und Dokumentation sowie Logistik.

Operative Ausgaben

Zu den operativen Ausgaben (engl. Operational Expenditure, kurz: OPEX) gehören die Aufwände (1) für aktive und passive Infrastruktur (vor allem Betriebs- und Wartungskosten sowie Energie- und Mietausgaben), (2) Retail-Kosten (vor allem Abrechnung, Kundenservice, Vertrieb und Marketing) und (3) Vorleistungskosten (Inanspruchnahme eines Layer-3-Bitstrom mit lokaler Terminierung inklusive Internet, VoIP und IPTV). Für die reinen Betriebskosten sind als Durchschnittswert pauschale Aufschläge auf Investitionen in die passive Infrastruktur pro Jahr und für aktive Technik angesetzt. Hinzu kommen Miet- und Energiekosten für Schaltstellen, Energiekosten pro Port und Jahr sowie Miet- und Energiekosten für die Glasfaser-HVt. Des Weiteren wurden marktübliche Finanzierungskosten für die Investitionssumme berücksichtigt.

Basisszenario

Aus den dargestellten Annahmen und Parametern ergibt sich ein Basisszenario, anhand dessen die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung vorgenommen wird. Das Basisszenario wird bei der Wirtschaftlichkeitsabwägung variiert. Die

sich daraus ergebende Spannbreite der Wirtschaftlichkeitslücke reflektiert in der Praxis mögliche Abweichungen bei den angenommenen Parametern, die zu einem Worst-Case- und einem Best-Case-Szenario führen können. Im Positivszenario werden ein höheres Kundenpotenzial und damit höhere Einnahmen erreicht, wodurch die Deckungslücke sinkt. Im Negativszenario werden u.a. das Einnahmepotenzial nicht abgerufen oder die Grabungskosten steigen, sodass der Zuschussbedarf steigt.

BASISSZENARIO		
Parameter	**Wert**	
Penetration	42 %	
ARPU Privatkunden	30,50 €	
Churn-Rate	13 %	
OPEX passive Infrastruktur	0,5 %	auf Investitionen in passive Technik
OPEX aktive Infrastruktur	8 %	auf Investitionen in aktive Technik zzgl. Kosten für Energie/Miete
OPEX Retail-Kosten	41,10 €	pro Jahr und Kunde
OPEX Vorleistungskosten	6,79 €	pro Monat und Kunde

Abbildung 23: Parameter des Basisszenarios für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

7.3 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit zeigen deutlich: Ein Großteil der Investitionen für den FTTC-Bestandsausbau und -neubau sowie FTTB-Neubau ist für private Telekommunikationsunternehmen angesichts der zu geringen zu erwartenden Einnahmen nicht wirtschaftlich refinanzierbar. Die Deckungslücke und damit der theoretische Förderbedarf, beträgt für diesen Ausbau zwischen 10,7 Mio. und 14,9 Mio. Euro beim Wirtschaftlichkeitslückenmodell und zwischen 13,4 Mio. und 15,3 Mio. Euro beim Betreibermodell. Dies entspricht zwischen 73,5 und 102,3 % bzw. 89,4 und 95,4 % der gesamten Investitionskosten für den Breitbandausbau.

DECKUNGSLÜCKE – ÜBERSICHT				
	Wirtschaftlichkeitslückenmodell		**Betreibermodell**	
	Basisszenario	Prozent	Basisszenario	Prozent
FTTC-Bestandsausbau und -neubau sowie FTTB-Neubau	-12,6 Mio. €	86,5 %	-14,3 Mio. €	95,4 %

Werte gerundet

Abbildung 24: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Wirtschaftlichkeit im Detail

Für den Breitbandausbau im Rahmen des Wirtschaftlichkeitslückenmodells sind bei der empfohlenen Ausbauvariante Investitionen in Höhe von 14,6 Mio. Euro erforderlich. Über den Betrachtungszeitraum von sieben Jahren fallen außerdem Aufwände für Betrieb und Wartung von 2,9 Mio. Euro an, verursacht insbesondere durch die hohen Betriebskosten für die aktiven und passiven Infrastrukturen. Demgegenüber stehen 4,8 Mio. Euro, die der Netzbetreiber im gleichen Zeitraum als Einnahmen verbuchen kann. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Deckungslücke in Höhe von insgesamt 12,6 Mio. Euro, was 4.421 Euro pro Anschluss entspricht. Diese muss mithilfe von Zuschüssen geschlossen werden, wenn der Breitbandausbau realisiert werden soll.

Wird der Breitbandausbau dagegen im Rahmen eines Betreibermodells durchgeführt, bei dem die Kommune die Infrastruktur in Eigenregie errichtet und anschließend für den Betrieb an einen Netzbetreiber verpachtet, belaufen sich die Investitionskosten auf 15,0 Mio. Euro. Zwar fallen in diesem Fall für die Kommune selbst keine Betriebskosten an, dafür kann die Kommune wegen der Pachteinnahmen, die niedriger liegen als die Einnahmen des Betreibers aus dem Netzbetrieb, auch nur Einnahmen in Höhe von 0,7 Mio. Euro verzeichnen. Im Betreibermodell ergibt sich deswegen eine zu schließende durchschnittliche Deckungslücke von 14,3 Mio. Euro oder 4.093 Euro pro Anschluss.

DECKUNGSLÜCKE				
	Wirtschaftlichkeitslückenmodell		Betreibermodell	
Investitionskosten	14,6 Mio. €		15,0 Mio. €	
Betriebskosten	2,9 Mio. €		–	
Einnahmen	4,8 Mio. €		0,7 Mio. €	
Barwert Deckungslücke	**-**12,6 **Mio. €**	**-**3.600 **€/Anschluss**	**-**14,3 **Mio. €**	**-**4.093 **€/Anschluss**

Werte gerundet

Abbildung 25: Ergebnis Wirtschaftlichkeitslücke

Zwischenfazit

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung zeigt anschaulich, dass ein flächendeckender NGA-fähiger Breitbandausbau im Rhein-Hunsrück-Kreis eigenwirtschaftlich nicht realisierbar ist, weil sich die ergebende Deckungslücke zwischen 86,5 und 95,4% der notwendigen Investitionskosten bewegt. Diese Erkenntnis gilt unabhängig vom zur Anwendung kommenden Trägermodell.

Die größte Deckungslücke besteht dabei beim Betreibermodell mit insgesamt 14,3 Mio. Euro bzw. 4.093 Euro pro Haushalt. Einen geringeren Förderbedarf weist die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dagegen beim Wirtschaftlichkeitslückenmodell aus. Hier ergibt sich eine Deckungslücke von 12,6 Mio. Euro bzw. 3.600 Euro pro Haushalt. Damit ist das Wirtschaftlichkeitslückenmodell wegen des geringeren Förderbedarfs das wirtschaftlichere Trägermodell für den Breitbandausbau im Rahmen des FTTB-Neubaus/FTTC-Bestandsausbaus und -neubaus sowie FTTB-Neubaus.

7.4 Risikoanalyse

Für den Ausbau der Breitbandinfrastruktur entsprechend der gewählten technologischen Handlungsalternative ergeben sich für die Trägermodelle Wirtschaftlichkeitslücke und Betreibermodell mehrere Risiken sowohl unsystematischer, d.h. projektspezifischer, als auch systematischer Art. Die nachfolgend aufgelisteten Risiken wurden unter Beachtung der regionalen Gegebenheiten in einer detaillierten Vergleichsbetrachtung berücksichtigt.

Projektspezifische Risiken

1) Ein Risiko für die Berechnung der Investitionslücke des Ausbauvorhabens stellt eine mögliche Diskrepanz zwischen dem erwarteten **Kundenpotenzial** und der Zahl der tatsächlich angeschlossenen Endkunden dar, z.B. aufgrund geringeren Kundeninteresses oder eines negativen Wanderungssaldos. Hierbei handelt es sich um ein Risiko mit langfristigen Auswirkungen, weil dieses die Einnahmen des Betreibers über den gesamten Betriebszeitraum und damit die Amortisationsdauer des Projekts beeinflusst.

2) Ein weiteres Risiko ist die **Marktdynamik**. So kann durch Wettbewerb zwischen verschiedenen Anbietern dazu führen, dass ein Preisverfall bei den angebotenen Endkundenprodukten einsetzt. Dieser hat langfristige Auswirkungen auf die Einnahmen pro Kunde und beeinflusst daher in nicht unerheblichem Maße die Einnahmenstruktur des Betreibers und damit die Amortisationsdauer des Projektes.

3) Darüber hinaus können auch **zeitliche Verzögerungen** beim Bau des Netzes oder bei der Lieferung der Technik ein Risiko sein. Dieses Risiko gefährdet den geplanten Start des Netzbetriebs und verzögert oder minimiert damit die Einnahmen des Betreibers in erster Linie zu Beginn des Projektes.

4) Nicht zuletzt hat auch eine mögliche **Insolvenz des Betreibers** Einfluss auf den Projektverlauf. Dieses Risiko ist zwar als relativ gering zu bemessen, würde bei einem Eintreten aber zu größeren Verzögerungen im Bau oder im Betrieb führen und damit auch die Leistungserbringung erheblich behindern oder sogar zeitweise gänzlich verhindern.

Systematische Risiken

5) Als weiteres Risiko für das Ausbauvorhaben ist die **Entwicklung der Baukosten** anzusehen. Tiefbaukosten machen je nach den Bedingungen vor Ort erfahrungsgemäß ca. 70-80 % der gesamten Investitionskosten aus. Eine Veränderung der Tiefbaukosten, z.B. durch einen Anstieg der Preise infolge von insgesamt erhöhter Nachfrage nach Tiefbaumaßnahmen infolge einer wachsenden Anzahl von Breitbandausbauprojekten, kann sich signifikant auf die Gesamtinvestitionskosten und damit auf die Wirtschaftlichkeit auswirken. Die der Wirtschaftlichkeitsberechnung zugrunde gelegten Tiefbaukosten basieren allerdings auf realistischen Erfahrungswerten und berücksichtigen daher eine gewisse Schwankungsbreite.

6) Die **Zinsentwicklung** auf dem Kreditmarkt erweist sich ebenfalls als möglicher Risikofaktor, der vor allem beim Betreibermodell für den kommunalen Infrastrukturträger eine Rolle spielt. Angesichts des historisch niedrigen Zinsniveaus kommt an dieser Stelle de facto nur eine Zinssteigerung in Betracht. Allerdings werden die Zinsen mittelfristig allenfalls moderat steigen. Zudem ist der ggf. durch Kredite zu finanzierende Eigenanteil der Kommune an den gesamten Investitionskosten des Ausbauprojekts so gering, dass sich die Kostensteigerung durch eine Zinserhöhung im Gesamtkontext im vernachlässigbaren Bereich bewegt.

Nicht zuletzt ist der technische Fortschritt bei den Breitbandtechnologien und damit die **Nutzungsdauer** der eingesetzten Technologie ein Risiko für das Ausbauvorhaben. Aufgrund der hohen Dynamik in diesem Bereich können die eingesetzten Technologien, die heute als zukunftsfähig gelten, schon in relativ kurzer Zeit überholt sein. Diesem Umstand wird in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit dem zugrunde gelegten Betrachtungszeitraum von sieben Jahren Rechnung getragen.

Risikomatrix

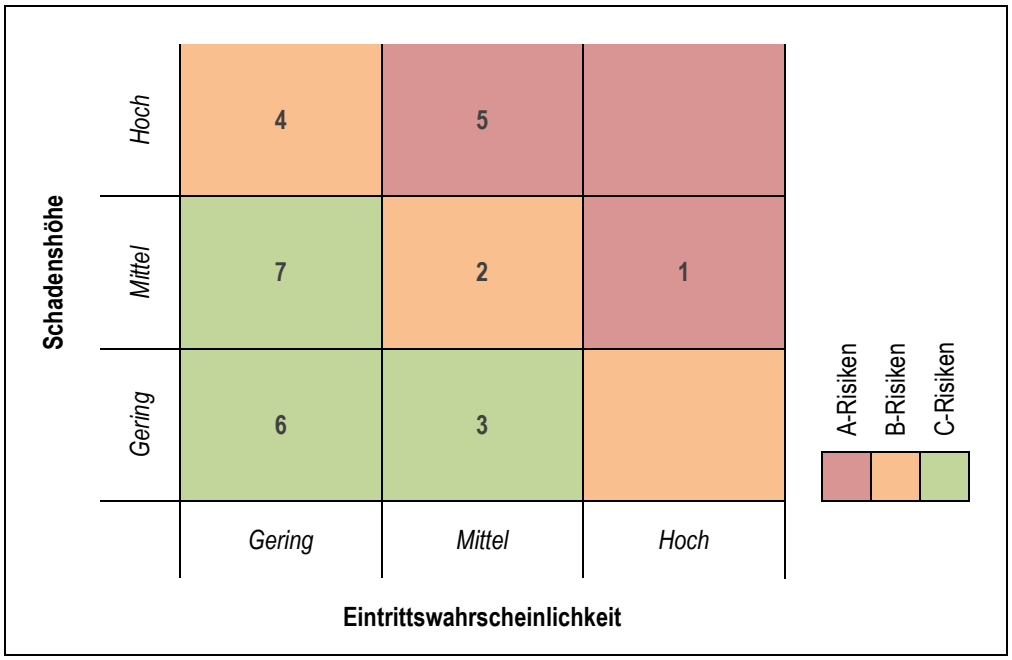


Abbildung 26: Risikomatrix

Ausweislich der Risikomatrix stellen sich Kundenpotenzial, Marktdynamik und Baukostenentwicklung als die bedeutsamsten Risiken dar. Denn gemessen an ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und möglichen Schadenshöhe handelt es sich hierbei um die Risiken mit dem potentiell größten Einfluss auf die erwarteten Einnahmen und Ausgaben. Die Quantifizierung der bedeutsamsten Risiken ergibt sich im Detail aus der folgenden Sensitivitätsanalyse.

7.5 Sensitivitätsanalyse

Zur Berücksichtigung und Validierung der aufgeführten Risiken sowie ihrer Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeitsabwägung werden die bedeutsamsten Risiken – Kundenpotenzial und Marktdynamik sowie Baukostenentwicklung – für die empfohlene Ausbauvariante (FTTC-Bestandsausbau und -neubau sowie FTTB-Neubau) im Rahmen verschiedener Szenarien untersucht. Als Grundlage diente hierzu ein internes Berechnungswerkzeug, welches auf langjähriger praktischer Erfahrung im Breitbandausbau beruht und im Rahmen zahlreicher Projekte konstant weiterentwickelt wurde. Mit Hilfe des Berechnungstools wurden die oben allgemein beschriebenen Risiken projektspezifisch und unter Beachtung der regionalen Gegebenheiten für die Trägermodelle Wirtschaftlichkeitslücke und Betreibermodell differenziert betrachtet. Gleichzeitig fanden unabhängige Gespräche mit Betreibern statt, um eine realistische Einschätzung garantieren zu können.

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wurden anhand realistischer Annahmen unterschiedliche Kundenpotenziale, Endkundenpreise und Tiefbaukosten betrachtet. Alle Faktoren wurden dabei sowohl se-parat als auch in Kombination betrachtet. Aus der Variation der drei bedeutsamsten Risikofaktoren in jeweils drei Dimensionen ergibt sich eine Zahl von insgesamt 27 betrachteten Szenarien.

Die Berücksichtigung von Risiken wie zeitliche Verzögerungen im Bau- und Lieferverzögerungen oder eine mögliche Insolvenz des Netzbetreibers ist Bestandteil des Vertrags zwischen Auftraggeber und Betreiber; diese Risiken wurden daher an dieser Stelle nicht untersucht. Die Zinsentwicklung ist in der Höhe des möglichen Schadens wie dargelegt vernachlässigbar und wurde deshalb hier ebenfalls nicht weiter quantifiziert. Das Risiko der Nut-

zungsdauer wird dagegen bereits in der eigentlichen Wirtschaftlichkeitsuntersuchung durch die Wahl des Betrachtungszeitraums berücksichtigt.

Der Untersuchung liegt die Annahme zugrunde, dass das Kundenpotenzial und der Erlös bzw. Pachterlös pro Kunde die Faktoren sowie die Tiefbaukosten sind, die die größte Varianz bei der Bemessung des Einnahmen- und Ausgabenpotenzials bewirken. Die am schwierigsten zu kalkulierende Annahme ist dabei der Grad der Marktpenetration. Daher wird bei der Untersuchung von unterschiedlichen Penetrationsraten ausgegangen, welche Auswirkung auf beide Modelle haben, sich jedoch wegen ihrer Abrechnungscharakteristik und aufgrund von Skaleneffekten unterschiedlich auf die Einnahmen auswirken.

Als alternative Stellgröße wurde beim Wirtschaftlichkeitslückenmodell der ARPU für Privat- bzw. Geschäftskunden und beim Betreibermodell der Pachterlös pro Kunde herangezogen. Durch eine Veränderung dieser Werte werden Preisänderungen im Markt analysiert, welche in Folge von Preisanpassungen bei den Endkundenprodukten auftreten können.

Die Tiefbaukosten können bis zu 80 % der Gesamtinvestitionen im Breitbandausbau ausmachen. Um die Auswirkungen von möglichen Veränderungen der Kosten in diesem Bereich angemessen zu berücksichtigen, wurde untersucht, wie stark die Gesamtkosten des Ausbaus variieren, wenn die Tiefbaukosten in einem bestimmten Maße steigen oder fallen.

Sowohl bei der Marktpenetration als auch beim ARPU sowie bei der Entwicklung der Tiefbaukosten wurden markttypische Zahlen herangezogen, welche sich im Laufe mehrjähriger Projekte als realistisch und praktikabel erwiesen haben.

Sensitivität im Detail

Die Sensitivitätsanalyse ergibt für das Ausbauprojekt für die insgesamt betrachteten 27 Szenarien für die drei untersuchten Risiken die nachfolgend dargestellten Investitionslücken je Trägermodell, unterschieden nach dem bestmöglichen und denkbar schlechtesten Fall sowie in einem realitäts- und praxisnahen durchschnittlichen Fall.

	SENSITIVITÄTSANALYSE		
	Best Case	Worst Case	Average Case
Wirtschaftlichkeitslückenmodell	-10,7 Mio. €	-14,9 Mio. €	-12,6 Mio. €
Betreibermodell	-13,4 Mio. €	-15,3 Mio. €	-14,3 Mio. €

Werte gerundet

Abbildung 27: Sensitivitätsanalyse

Dabei wurden von einem Kundenpotential zwischen 966 und 2.254 Privatkunden und 36 bis 84 gewerblichen Kunden ausgegangen. Beim Wirtschaftlichkeitslückenmodell wurden Einnahmen pro Kunde zwischen EUR 27,6 und EUR 35,5 für Privatkunden und zwischen EUR 60 und EUR 180 für gewerbliche Kunden angenommen; beim Betreibermodell schwankt der Pachterlös je Kunde zwischen EUR 5,15 und EUR 8,80. Bei den Baukosten bewirkt eine Veränderung von +/-10 % eine Veränderung der gesamten Investitionslücke von +/- 6,4 %.

Das Ergebnis der Szenarioanalyse zeigt, dass die Investitionslücke beim Breitbandausbau im Betreibermodell eine geringere Spanne zwischen bestem und schlechtestem Szenario als beim Wirtschaftlichkeitslückenmodell aufweist. Damit ist das Betreibermodell im vorliegenden Fall insgesamt das risikoärmere Ausbauszenario. Ungeachtet dessen ist die Investitionslücke beim Wirtschaftlichkeitslückenmodell mit EUR 12,6 Mio. insgesamt niedriger als beim Betreibermodell mit EUR 14,3 Mio. Dadurch ist das Wirtschaftlichkeitslückenmodell wirtschaftlich

insgesamt günstiger.

7.6 Ergebnis

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ergibt eine durchschnittliche Investitionslücke von EUR 12,6 Mio. beim Wirtschaftlichkeitslückenmodell und EUR 14,3 Mio. beim Betreibermodell. Dabei wird ein Kundenpotential von 1.352 Privat- und 50 Gewerbekunden mit Einnahmen pro Kunde von EUR 30,50 bzw. EUR 120,- sowie ein Pachterlös je Kunde von EUR 6,77 angenommen.

Dieses Ergebnis belegt, dass beim Breitbandausbauvorhaben im Rhein-Hunsrück-Kreis das Modell der Wirtschaftlichkeitslücke insgesamt das wirtschaftlich günstigste Trägermodell darstellt. Der Kostenvorteil gegenüber dem alternativen Trägermodell beläuft sich auf insgesamt EUR 1,7 Mio. Dabei werden die oben beschriebenen Annahmen, Zusammenhänge und Voraussetzungen sowie die sich ergebenden Risiken in angemessener Weise berücksichtigt.

Mit der zugrundliegenden technischen Handlungsalternative eines FTTC-Ausbaus mit FTTB/FTTH für Gewerbe ist gewährleistet, dass die definierten Ziele des Breitbandausbaus erreicht werden. Es wird daher vorgeschlagen, in diesem Fall den FTTC/FTTB-Ausbau im Rahmen des Modells der Wirtschaftlichkeitslücke zu verfolgen.

8 Fazit und Handlungsempfehlungen

Zur Sicherstellung einer kreisweiten flächendeckenden Breitbandversorgung mit Bandbreiten von mindestens 30 bzw. 50 Mbit/s ist der Ausbau heute unterversorgter Gebiete erforderlich. Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie hat sich gezeigt, dass Teile der im Rhein-Hunsrück-Kreis derzeit unterversorgten Gebiete durch einen geförderten Ausbau erschlossen werden können.

Die vorangegangene Untersuchung hat bewiesen, dass unter den Gesichtspunkten Wirtschaftlichkeit, technologische Leistungsfähigkeit, Versorgungsraten und Förderfähigkeit ein FTTC-Bestandsausbau und -neubau sowie FTTB-Neubau die geeignetste technologische Handlungsalternative für einen flächendeckenden NGA-Breitbandausbau im Rhein-Hunsrück-Kreis ist. Hierfür sind Investitionen in Höhe von 14,6 Mio. Euro notwendig. Dabei erweist sich das Wirtschaftlichkeitslückenmodell insgesamt als das wirtschaftlich günstigste Trägermodell, um kosteneffizient und zeitnah hohe Bandbreiten flächendeckend zu realisieren. Der tatsächliche Förderbedarf beläuft sich auf 12,6 Mio. Euro

Es wird deshalb empfohlen, den Breitbandausbau im Rhein-Hunsrück-Kreis im Rahmen eines FTTC-Bestandsausbaus und -neubaus sowie FTTB-Neubaus unter Anwendung des Wirtschaftlichkeitslückenmodells durchzuführen. Zu diesem Zweck sollten Fördermittel im Rahmen des Bundesförderprogramms für den Breitbandausbau beantragt werden.

Zur Kontrolle der Zielerreichung des Breitbandausbaus sollten folgende Indikatoren herangezogen werden:

1) Mithilfe des **Ausbaugrads in Prozent** laut Angebot wird erhoben, inwieweit das Breitband-netz flächendeckend ist.

2) Inwieweit die geforderten Bandbreiten erreicht werden, wird anhand der angebotenen **Bandbreite in Mbit/s** kontrolliert.

3) Die **Ausbaulänge in Kilometern** gemäß Angebot des Betreibers dient als Indikator dafür, inwieweit der Breitbandausbau glasfaserbasiert erfolgt.

4) Um zu überprüfen, inwiefern der Betreiber hochbitratige symmetrische Anschlüsse zur Verfügung stellt, wird die **Anzahl der symmetrischen Anschlüsse** herangezogen.

5) Anhand der vom Betreiber angebotenen und eingesetzten **Technologie** wird die Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit der Infrastruktur überprüft.

Anhang – Finanzierungs- und Fördermodelle

Für die Errichtung von Hochgeschwindigkeitsbreitbandnetzen in solchen Gebieten, wo der Ausbau eigenwirtschaftlich nicht realisierbar ist, steht eine Vielzahl von Förderprogrammen und -instrumenten zur Verfügung. Diese ermöglichen eine finanzielle Unterstützung der Kommunen, um eine bestehende Lücke zwischen Investitionskosten und erwartbaren Einnahmen eines Netzbetreibers zu schließen und dadurch einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen.

Förderprogramme

Bundesförderprogramm Breitbandausbau

Das im Oktober 2015 vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur gestartete Bundesförderprogramm richtet sich an Kommunen und Landkreise in unterversorgten Gebieten, in denen in den nächsten drei Jahren absehbar kein eigenwirtschaftlicher Ausbau der Breitbandinfrastruktur zu erwarten ist. Ziel des Bundesförderförderprogramms ist die Schaffung von Breitbandnetzen, die eine flächendeckende Versorgung mit Bandbreiten von mindestens 50 Mbit/s stellen, minimal jedoch 50 Mbit/s für 85 % der Haushalte und 30 Mbit/s für 95 % der Haushalte. Hierfür stehen Fördermittel in Höhe von insgesamt 4 Mrd. Euro zur Verfügung.

Für entsprechende Ausbauvorhaben nach dem Wirtschaftlichkeitslücken- oder Betreibermodell können Kommunen direkt beim Bund Fördermittel beantragen, die mittels eines Punktwertungsverfahrens (Scoring) vergeben werden. Der Fördersatz liegt bei 50 %, in Sonderfällen kann er auf bis zu 70 % steigen. Außerdem ist eine Kofinanzierung mit Förderprogrammen der Länder von bis zu 40 % möglich. Auf diese Weise können insgesamt 90 % der förderfähigen Investitionen gefördert werden; die Kommunen müssen lediglich einen Eigenanteil von 10 % stemmen.

Die Obergrenze für die Bundesförderung je Ausbauprojekt liegt bei 15 Mio. Euro. Dabei bemisst sich die Höhe der Zuwendungen nach der im jeweiligen Ausbaugebiet erreichten Zielversorgungsrate für Bandbreiten von mindestens 50 Mbit/s. Erfüllt der Zuwendungsempfänger die Minimalanforderungen, fördert der Bund deshalb lediglich 85 % des Bundesanteils an der beantragten Fördersumme. In voller Höhe wird die Förderung erst ab einer Zielversorgungsrate von 50 Mbit/s für 95 % der Haushalte gewährt.

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Der Europäische Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) zielt darauf ab, regionale Ungleichgewichte auszugleichen und eine flächendeckenden wirtschaftliche Entwicklung und strukturelle Anpassung zu fördern. Darunter fällt auch die Errichtung von Hochleistungsbreitbandnetzen zur Stärkung von kleinen und mittleren Unternehmen. Daher werden im Rahmen von EFRE Zuschüsse gewährt, um eine bestehende Wirtschaftlichkeitslücke zu schließen. Die Fördermittel fließen insbesondere in den Ausbau von gewerblichen Anschlüssen, die mindestens Bandbreiten von 30 Mbit/s erreichen müssen.

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums

Der Europäische Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raum (ELER) dient der Erschließung des ländlichen Raums. Dabei bilden Städte und Gemeinden Kooperationen in sogenannten LEADER- (Liaison

entre actions de développement de l'économie rurale) und ILE-Regionen (Integrierte Ländliche Entwicklung). Innerhalb dieser Regionen werden Förderschwerpunkte definiert, zu denen auch die Breitbanderschließung zählt. Mit ELER-Mitteln können nicht nur passive Infrastrukturen gefördert werden, sondern auch die Wirtschaftlichkeitslücke. Die Förderquote liegt bei bis zu 100 % für kommunale Zuwendungsempfänger.

Kommunalinvestitionsförderungsgesetz

Der Bund unterstützt die Länder bei der Stärkung der Investitionstätigkeit finanzschwacher Kommunen. Auf diese Weise soll ein Beitrag dazu gewährleistet werden, die unterschiedliche Wirtschaftskraft im Bundesgebiet auszugleichen werden. Insgesamt stehen zu diesem Zweck 3,5 Mrd. Euro zur Verfügung, die nach einem festgelegten Verteilungsschlüssel auf die Bundesländer verteilt werden. Die in diesem Zusammenhang gewährten Finanzhilfen können trägerneutral für Maßnahmen in verschiedenen Bereichen gewährt werden, darunter auch Investitionen in die Breitbandinfrastruktur in ländlichen Gebieten, die dazu dienen, das Ausbauziel von 50 Mbit/s zu erreichen. Die Förderquote beträgt bis zu 90 % der förderfähigen Kosten. Gewährt werden die Mittel nach den Vorgaben des jeweiligen Bundeslandes, die u.a. regeln, welche Kommunen als finanzschwach bzw. förderfähig gelten und wie hoch die jeweilige Förderung ausfällt.

Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarinfrastruktur und des Küstenschutzes"

Mit der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarinfrastruktur und des Küstenschutzes" (GAK) stellt der Bund finanzielle Mittel für die Erschließung des ländlichen Raums mit Breitbandnetzen zur Verfügung. Im Fokus stehen vor allem land- und forstwirtschaftliche Betriebe und ländliche Gebiete, die mit Bandbreiten von weniger als 6 Mbit/s versorgt sind. Möglich ist eine Förderquote von bis zu 65 % und einem Maximalbetrag von 130.000 Euro für Einzelprojekte und 325.000 Euro für Gemeinschaftsprojekte. Auf diese Weise können Machbarkeitsuntersuchungen, die Errichtung passiver Infrastrukturen (Verlegung von Leerrohren) und die Schließung der Wirtschaftlichkeitslücke gefördert werden. Zu beachten ist, dass bei der GAK die Gewährleistung einer Grundversorgung der ländlichen Räume im Vordergrund steht; für den NGA-Ausbau ist das Programm nicht geeignet.

Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur"

Im Fokus der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur" (GRW) steht die Verbesserung der Standortbedingungen in strukturschwachen Regionen. Da das Programm in Frage kommende Fördergebiete definiert, ist nicht allen Regionen und Bundesländern eine Teilnahme möglich. Die GRW-Förderung dient speziell der Erschließung von wirtschaftsnahen Infrastrukturen. Auf diese Weise können Unternehmen an NGA-Breitbandnetze angeschlossen werden. Gefördert werden können sowohl passive Infrastrukturen als auch die Wirtschaftlichkeitslücke. Allerdings erfolgt die GRW-Förderung zweckgebunden an die Förderung der regionalen Wirtschaft, weswegen damit kein flächendeckender Ausbau von Privathaushalten realisiert werden kann.

Allgemeine Rahmenregelungen

Beihilferechtliche Vorgaben der Europäischen Union

Für alle Mitgliedstaaten der Europäischen Union bilden die Allgemeine Gruppenfreistellungsverordnung (AGVO) und die Mitteilung der Europäischen Kommission zu „Leitlinien der EU für die Anwendung der Vorschriften über staatliche Beihilfen im Zusammenhang mit dem schnellen Breitbandausbau (2013/C25/01)" die Grundlage für die Förderung von Breitbandausbauprojekten. Dabei adressiert die AGVO die Förderung der „weißen Flecken", die die Leitlinien dagegen die Förderung der grauen und schwarzen Flecken. Beide Regelungen sehen Investitionen

in passive Infrastruktur, Bauvorhaben (Tiefbau etc.) und einen Ausbau der NGA-Grundversorgung vor. Voraussetzung für die Förderung ist allerdings, dass durch die Netzbetreiber ein offener Zugang zu Netzen auf der Vorleistungsebene gewährt wird, um Wettbewerbsbeschränkungen zu vermeiden.

NGA-Rahmenregelung des Bundes

Die NGA-Rahmenregelung des Bundes zur Unterstützung des Aufbaus einer flächendeckenden NGA-Breitbandversorgung die nationale beihilferechtliche Grundlage, um Breitbandausbauvorhaben gemäß dem Wirtschaftlichkeitslücken- und Betreibermodell zu fördern. Nicht förderfähig ist derzeit noch das sogenannte Vectoring, weil die hierfür erforderliche Bündelung von Telefon- und Breitbandanschluss als Wettbewerbsbeschränkung gewertet wird. Deshalb müssen die betroffenen Anschlüsse zunächst virtuell entbündelt (engl. virtual unbundled local access, kurz: VULA) und ein Bitstrom-Vorleistungsprodukt eingerichtet werden.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Breitbandversorgung in % aller Haushalte, Stand: Ende 2015 9
Abbildung 2: Breitbandbedarfe 13
Abbildung 3: Versorgte Gebiete im Rhein-Hunsrück-Kreis 15
Abbildung 4: Versorgungsraten im weißen Fleck 16
Abbildung 5: Überblick Netzstruktur 17
Abbildung 6: Überblick Netztechnologien 18
Abbildung 7: Reichweiten von FTTC-Netzstrukturen und erreichbare Bandbreiten 19
Abbildung 8: Vor- und Nachteile der Netztechnologien 22
Abbildung 9: Vorgehen zur NGA-Netzplanung und Kostenermittlung 24
Abbildung 10: Geobasisdaten für die Netzplanung 26
Abbildung 11: Technik- und strukturbestimmende Netzplanungsparater 27
Abbildung 12: Technik- und strukturbestimmende Netzplanungsparater 28
Abbildung 13: Schema einer adress- und lagegenauen Netzplanung 28
Abbildung 14: Mögliche Planungsabweichungen von den tatsächlichen Kosten 29
Abbildung 15: NGA-versorgte Haushalte, Gewerbe und Institutionen 30
Abbildung 16: Netzschemaplan 30
Abbildung 17: – Kosten gesamt und pro Anschluss 31
Abbildung 18: Kostenverteilung und Versorgungsraten 32
Abbildung 19: Stufen der Wertschöpfung eines Netzausbaus 33
Abbildung 20: Wirtschaftlichkeitslückenmodell – Vor- und Nachteile 34
Abbildung 21: Betreibermodell – Vor- und Nachteile 35
Abbildung 22: Analyseschritte der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 36
Abbildung 23: Parameter des Basisszenarios für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 39
Abbildung 24: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 39
Abbildung 25: Ergebnis Wirtschaftlichkeitslücke 40
Abbildung 26: Risikomatrix 42
Abbildung 27: Sensitivitätsanalyse 43

Abkürzungsverzeichnis

AGVO	Allgemeine Gruppenfreistellungsverordnung, beihilferechtliche Vorgaben der EU
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
AON	Active Optical Network, architektonische Variante bei Glasfasernetzen
APL	Abschlusspunkt der Linientechnik (bei der Glasfaserleitung)
ARPU	Average Revenue per User, durchschnittlicher Erlös pro Kunde
BNetzA	Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
bzw.	beziehungsweise
CAPEX	Capital Expenditure, Investitionskosten
CATV	Cable Television, Kabelfernsehen
CuDA	Kupferdoppelader, Anschlusskabel der einzelnen Teilnehmer an den Kabelverzweiger
d.h.	das heißt
DN	Diameter Nominal
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification, Übertragungstechnologie
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer, Übertragungstechnologie
DTAG	Deutsche Telekom AG
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung, EU-Förderprogramm
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums, EU-Förderprogramm
EU	Europäische Union
FTTB	Fiber to the Building, Glasfaserkabel bis zum Gebäude
FTTC	Fiber to the Curb, Glasfaserkabel bis zum Straßenrand/Kabelverzweiger
FTTH	Fiber to the Home, Glasfaserkabel bis zur Wohnung
FTTx	Fiber to the x, Sammelbezeichnung für Glasfasernetze
GAK	Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“
Gbit/s	Gigabit pro Sekunde, Maßeinheit für die Datenübertragungsrate
Gf	Glasfaser
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geoinformationssystem
GRW	Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“
HD/UHD	(Ultra) High Definition, Videoauflösung
HFC	Hybrid Fiber Coax, leitungsgebundene Übertragungstechnologie basierend auf Glasfaser- und Koaxialkabel
HVt	Hauptverteiler, Netzelement
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Standardisierungsgremium für technische Normen
ILE	Integrierte Ländliche Entwicklung, Maßnahmengruppe innerhalb der GAK
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol Television, Fernsehübertragung über das Internet
km	Kilometer
KVz	Kabelverzweiger, Netzelement
LEADER	Liaison entre actions de développement de l’économie rurale, EU-Förderprogramm für den ländlichen Raum
lfd.	laufend

LK	Landkreis
LTE	Long Term Evolution, Funkstandard
LWL	Lichtwellenleiter
m	Meter
Mbit/s	Megabit pro Sekunde, Maßeinheit für die Datenübertragungsrate
MHz	Megahertz, Maßeinheit u.a. für Funkfrequenzen
Mio.	Millionen
MFG	Multifunktionsgehäuse, Netzelement
MR	Mini-/Microröhrchen
Mrd.	Milliarden
NGA	Next Generation Access, meint hochleistungsfähige Breitbandnetze
NVt	Netzverteiler, Netzelement
OLT	Optical Line Terminal, übertragungstechnische Schnittstelle am Ende des PON
OPEX	Operational Expenditure, Betriebsausgaben
P2MP	Point-to-Multi-Point
P2P	Point-to-Point
PON	Passive Optical Network, optische Zugangsnetze ohne eigene Stromversorgung
PoP	Point of Presence, Netzknotenpunkt
S.	Seite
TAL	Teilnehmeranschlussleitung
u.a.	unter anderem/n
URL	Uniform Resource Locator, Webseitenverweis
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line, Übertragungstechnologie
VoIP	Voice over Internet Protocol, Internettelefonie
VULA	Virtual Unbundled Local Access, virtueller Zugangsdienst zur Gewährleistung von Open Access
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access, drahtlose Übertragungstechnik
WLAN	Wireless Local Area Network, drahtlose Übertragungstechnik
z.B.	zum Beispiel
ZTV-TKNetz	Zusätzliche Technischen Vertragsbedingungen der DTAG für Bauleistungen am Telekommunikationsnetz