



Analyse möglicher Anwendungen und potenzieller Pilotprojekte für die 5G-Modellregion Lausitz

1	Executive Summary.....	6
2	Technische Grundlagen von 5G.....	10
2.1	Einführung.....	10
2.2	Merkmale der 5G-Technologie	11
	Verbessertes Mobiles Breitband (Enhanced Mobile Broadband/emBB).....	11
	Massive Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (Massive Machine Type Communication/mMTC)	11
	Ultrazuverlässige und verzögerungsfreie Kommunikation (Ultra Reliable and Low Latency Communication/URLLC)	11
	Backbone.....	11
	Virtuelle Netze auf derselben physikalischen Netzinfrastruktur (Network Slicing)	12
	Mehrfachantennensysteme (Massive Multiple Input Multiple Output/Massive MIMO).....	13
2.3	5G-Anwendungen	14
2.4	Frequenz und Reichweite.....	15
	5G-Campusnetze.....	15
	Begrifflichkeiten für Siedlungsgebiete:	15
2.5	5G-Frequenzvergabe in Deutschland.....	16
3	5G-Projekte	17
3.1	5G-Projekte in Deutschland mit BMVI-Förderung	17
	Lausitz: 5G Lab Germany Forschungsfeld	17
	Hamburg: Level 5 Indoor Navigation und 5G Entwicklungsprogramm.....	18
	Aachen: 5G Industry Campus Europe	18
	Kaiserslautern: 5G für Stadt, Land und Arbeit.....	18
	Amberg-Weiden: 5G für Gesundheitsversorgung im ländlichen Raum	19
	Wolfsburg-Braunschweig: Aufbau 5G Region in Süd-Ost Niedersachsen	19
3.2	Weitere 5G-Testgebiete in Deutschland	20
	Lausitz: 5G Campus++.....	20
	Köllitsch: 5G Versuchsgut	20
3.3	5G-Ausbau in der Industrie	21
3.4	5G-Regelausbau in Deutschland.....	21

3.5	Internationale 5G-Projekte	23
	Schweiz	23
	Schweden	23
	Niederlande	23
	Südkorea	25
	USA	25
4	Ist-Analyse LTE-Versorgung und Ausbaubedarf 5G in der Lausitz	26
4.1	Einleitung und Zielstellung	26
4.2	Analyse LTE-Versorgung in der Lausitz	26
	Breitbandatlas des BMVI	26
	Siedlungsklassen und Landnutzung	27
4.3	Ergebnisse IST-Versorgungsanalyse	28
5	Analyse relevanter Akteure in Bezug auf potenzielle 5G-Projekte in der Lausitz	35
5.1	Kooperationen als Schlüssel aller 5G-Aktivitäten	35
	Not-invented-here-Syndrom	36
5.2	Online-Befragung der relevanten Akteure	36
	Methodisches Vorgehen der Befragung	36
	Ergebnisse der Online-Befragung	37
	Genannte 5G-Aktivitäten in der Lausitz:	
	5G Lab Germany und 5G-Campusnetze	40
5.3	Austausch mit Akteuren in der Lausitz	41
	Schwerpunkte der Gespräche	41
	Übersicht der kontaktierten Stakeholder	43
	Wissenschaftliche Einrichtungen und Forschungsinstitute	43
	Industrie	44
	Politik und Gebietskörperschaften	45
6	Szenario- und Umsetzungsanalyse	46
6.1	Einführung	46
6.2	Derzeitige Verfügbarkeit von Mobilfunk-standorten und Glasfaseranschlüssen in der Lausitz	47

6.3	Szenario- und Umsetzungsanalyse: Annahmen	49
	Verschiedene Mobilfunkfrequenzen und unterschiedliche Reichweiten	49
	Verschiedene Mobilfunkfrequenzen für unterschiedliche Anwendungsszenarien im urbanen und ländlichen Raum	50
	Weitere Basisannahmen, die der Szenarioanalyse zugrunde liegen:	50
6.4	Szenario- und Umsetzungsanalyse: Ergebnisse der Berechnungen	51
	Vergleich mit Angaben der Mobilfunknetzbetreiber im Mobilfunkpakt	51
6.5	Mobilfunkversorgung für Narrow Band IoT	52
6.6	Kostenkalkulation	53
7	Handlungsempfehlungen	55
7.1	5G-Innovationsprogramm des Bundes	55
	Wirksamkeit des 5G-Innovationsprogramms in der Lausitz	55
	Empfohlene nächste Schritte	57
7.2	Campusnetze	58
7.3	Öffentliche Mobilfunknetze	59
7.4	Infrastruktur-Sharing	61
7.5	RAN-Sharing	62
7.6	National Roaming	63
8	Analyse rechtlicher Rahmenbedingungen	64
8.1	Frequenzen 3,7–3,8 GHz: Campusnetze	64
	Lokale Frequenznutzungen	64
	Antragsberechtigung	65
	Antragsverfahren	65
	Bekanntgabe und Gebühren	67
	Frequenznutzungsbedingungen	67
	Widerruf und Befristung	68
8.2	Grenzgebiet und elektromagnetische Felder	69
	Europäische Vorgaben	69
	Frequenzkoordinierung im Grenzgebiet	69
8.3	Baugenehmigungsverfahren, Projektförderung, DigiNetz-Gesetz	70
	Antrag zum Baugenehmigungsverfahren	70
	NGA-Rahmenregelung	70
	DigiNetz-Gesetz	71
8.4	Frequenzen 2 GHz und 3,6 GHz	72
	Versorgungsaufgaben	72
	Zukunft	73

8.5 Mobilfunk und Umwelt	74
1. Deutsche Strahlenschutzkommission (SSK), 2011	75
2. Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), 2018	75
3. Deutsche Bundesregierung, 2018	76
4. European Commission's Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), 2015	77
5. SCENIHR-Information: „Gefährdet die Exposition durch elektromagnetische Felder die Gesundheit?“, März 2015	77
6. Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP), 2018	78
7. Weltgesundheitsorganisation, 2006, 2014	79
 9 Glossar	81
 10 Anhang	83
10.1 Ergebnisse der Umfrage	83
10.2 Agendas der Fachworkshops Lausitz	92
Workshop 1: 5G-Campusnetze und Drohnen (30 Teilnehmer)...	92
Workshop 2: 5G-Testfeld und Narrow Band IoT (35 Teilnehmer)	92
10.3 Analyse der eingereichten Projektskizzen vs. 5G-Anwendungsszenarien	93

1 Executive Summary

In den letzten Jahren haben die Debatten um Digitalisierung, künstliche Intelligenz, neue Bildungsansätze, IT-Konzepte, Cyber Security, Cloud-Plattformen und neue Telekommunikationsstandards wie 5G in Deutschland deutlich an Fahrt aufgenommen. Für die traditionell Konsum- und Investitionsgüter exportierende Nation Deutschland stellt sich hierbei die Frage, ob man auch im internationalen Wettbewerb um immaterielle Güter gut aufgestellt ist. Der Diskurs steht häufig noch am Anfang, aber klar ist, dass der Zugang zu Plattformen, zu Daten oder zur künstlichen Intelligenz maßgeblich auch die Wettbewerbsfähigkeit im 21. Jahrhundert bestimmt. Deutschland muss die bisherigen digitalen Anstrengungen in eine Gesamtstrategie und neue gesamtgesellschaftliche Vision einbinden.

Die Lausitz, eine der drei vom Kohleausstieg betroffenen Regionen in Deutschland, ist in besonderer Weise prädestiniert, eine Vorbildfunktion bei der Entwicklung einer neuen Gesamtstrategie einzunehmen. Bereits zum zweiten Mal innerhalb von 30 Jahren steht die Lausitz vor einem Strukturwandel. Die Bundesregierung hat mit dem geplanten Strukturstärkungsgesetz¹ für die vom Kohleausstieg betroffenen Regionen einen Rahmen geschaffen, den anstehenden Strukturwandel massiv zu unterstützen und über die kommenden zwei Jahrzehnte mit erheblichen Investitionen nachhaltig zu begleiten. Dieses Vorgehen ist von einem breiten politischen Konsens getragen und die damit verbundenen Chancen sind einzigartig. Es kommt darauf an, sie aktiv zu nutzen und mit neuen Ansätzen und disruptiven Ideen auszugestalten.

Die vorliegende Studie „Analyse möglicher Anwendungen und potenzieller Pilotprojekte für die 5G-Modellregion Lausitz“ liefert dazu einen Beitrag. Ihr Ziel ist es, die technischen Möglichkeiten der neuen 5G-Mobilkommunikationstechnologie zu beleuchten, Handlungsansätze zur Schaffung einer im Gebiet der Lausitz flächendeckend verfügbaren Telekommunikationsinfrastruktur aufzuzeigen und auf dieser Basis Anwendungsszenarien zu entwickeln. Dank der Möglichkeiten der Digitalisierung ergeben sich hierbei eine Vielzahl von digitalen Dienstleistungen, die dem Bürger einen spürbaren Vorteil bieten. Beispiele sind hierbei Bürgerservices, die von zu Hause erledigt werden können, das Unterstützen von innovativen Bildungsansätzen oder das Stärken der Daseinsfürsorge im ländlichen Raum. Kurz gefasst: Die vorliegende Studie trägt dazu bei, die Zukunftsfähigkeit der Lausitz sicherzustellen und die Arbeits- und Lebensumgebung in der Region noch attraktiver zu machen.

¹ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: „Eckpunkte zur Umsetzung der strukturpolitischen Empfehlungen der Kommission ‚Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung‘ für ein ‚Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen‘“

Die Studie umfasst folgende Arbeitspakete:

Kapitel 2 beschreibt die technischen Grundlagen und wesentlichen Leistungsmerkmale der 5G-Technologie. Dabei wird auf die Notwendigkeit der technologischen Koexistenz von 4G und 5G eingegangen, die zumindest für die nächsten Jahre unumgänglich ist. Ferner nennt Kapitel 2 zukünftige 5G-Anwendungen und erläutert die Spezifik von 5G-Campusnetzen im Vergleich zu öffentlichen Mobilfunknetzen. Schlussendlich werden die Ergebnisse der Frequenzauktion 2019 in Deutschland zusammengefasst und bewertet.

Kapitel 3 widmet sich bereits existierenden 5G-Projekten, sowohl in Deutschland als auch international. Dabei werden zunächst die geplanten 5G-Modellregionen in Deutschland und deren Themenschwerpunkte genannt. Ergänzt werden diese Darstellungen durch Ausführungen zu weiteren 5G-Testgebieten und zum Stand des 5G-Regelausbaus in Deutschland. Abgerundet wird dieses Kapitel durch einen Blick auf internationale 5G-Projekte, wobei vor allem das niederländische Projekt „5Groningen“ beispielhaft für die weitere Einführung und Nutzung der 5G-Technologie in der Lausitz sein kann.

Kapitel 4 setzt mit dem Schwerpunkt LTE auf der Analyse der bestehenden Mobilfunkversorgung in der Lausitz auf (Stand: Oktober 2019). Zentrale Produkte dieser Ist-Analyse sind überblickgebende Karten sowie zugehörige deskriptive Statistiken, unterteilt nach den sechs Landkreisen der Lausitz sowie der kreisfreien Stadt Cottbus.

Kapitel 5 analysiert die maßgeblichen Stakeholder aus den Gebietskörperschaften, Forschungseinrichtungen und der Wirtschaft auf dem Gebiet der Lausitz. In diesem Zusammenhang werden die wesentlichen Ergebnisse einer Online-Befragung präsentiert, die der Auftragnehmer dieser Studie an den Ausgangspunkt seiner Aktivitäten gestellt hatte.

Die Szenario- und Umsetzungsanalyse in **Kapitel 6** stellt ausgehend von der Ist-Situation der Mobilfunkversorgung und der Glasfasererschließung in der Lausitz den konkreten Standortbedarf für die Erreichung einer 99%igen 4G-/5G-Mobilfunkflächendeckung in der Lausitz dar. Diese Analyse unterscheidet den Standortbedarf nach Siedlungsklassen („urban“ und „ländlicher Raum“) und setzt auf der Nutzung unterschiedlicher Frequenzen und deren funktechnischer Reichweite im öffentlichen Mobilfunk auf. Diese Art der Betrachtung ermöglichte im Vergleich zu bisherigen Studien eine differenziertere Sicht und eine höhere Genauigkeit des kalkulierten Standortbedarfs und der Kosten. Abgerundet werden diese Darstellungen durch einen Vergleich mit den Angaben der Mobilfunknetzbetreiber im Mobilfunkpakt aus dem Jahr 2019².

² Pressemitteilung des BMVI 063/2019

<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2019/063-scheuer-ausbauoffensive-fuer-laendliche-raeume.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

Ausgangspunkt der Handlungsempfehlungen in **Kapitel 7** ist das 5G-Innovationsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)³ und dessen Ergebnisse für die Lausitz. Von elf eingereichten 5G-Projektskizzen auf dem Gebiet der Lausitz erhielten vier für die weitere Detaillierung und Umsetzungsplanung eine Konzeptförderung des BMVI. Ferner beleuchtet Kapitel 7 konkrete Handlungsempfehlungen und Möglichkeiten zur Schaffung eines ordnungspolitischen Rahmens, der zukünftige Investitionen im Bereich des Mobilfunks und der Telekommunikation auf dem Gebiet der Lausitz begünstigt und schützt.

Schwerpunkt in **Kapitel 8** ist die Analyse der grundsätzlichen rechtlichen Rahmenbedingungen für den weiteren 5G-Ausbau. Diese schließt eine Darstellung der Bedingungen sowie Voraussetzungen für die Errichtung von 5G-Campusnetzen mit ein und beleuchtet in diesem Kontext die Bedeutung des DigiNetz-Gesetzes. Ein wesentliches Unterkapitel widmet sich den Aspekten von „Mobilfunk und Umwelt“. In diesem sind auch zahlreiche Verweise und Zitate von wissenschaftlichen Expertengruppen aufgeführt, die mit Blick auf ihre Bedeutung im Rahmen von juristischen Verfahren sowie aufgrund ihrer Auswirkungen auf gesetzliche Entscheidungen im Mobilfunk ein besonderes Gewicht haben.

Kapitel 9 enthält ein Glossar zur Erklärung der verwendeten Abkürzungen und Bezeichnungen.

In **Kapitel 10** sind die Anlagen dieser Studie zusammengefasst.

³ <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Dossier/5G/5G.html>
(letzter Zugriff 20.02.2020)

Die Abbildung 1 der Zukunftswerkstatt Lausitz⁴ zeigt die Zentral- und Verwaltungsstandorte auf dem Gebiet der Lausitz.

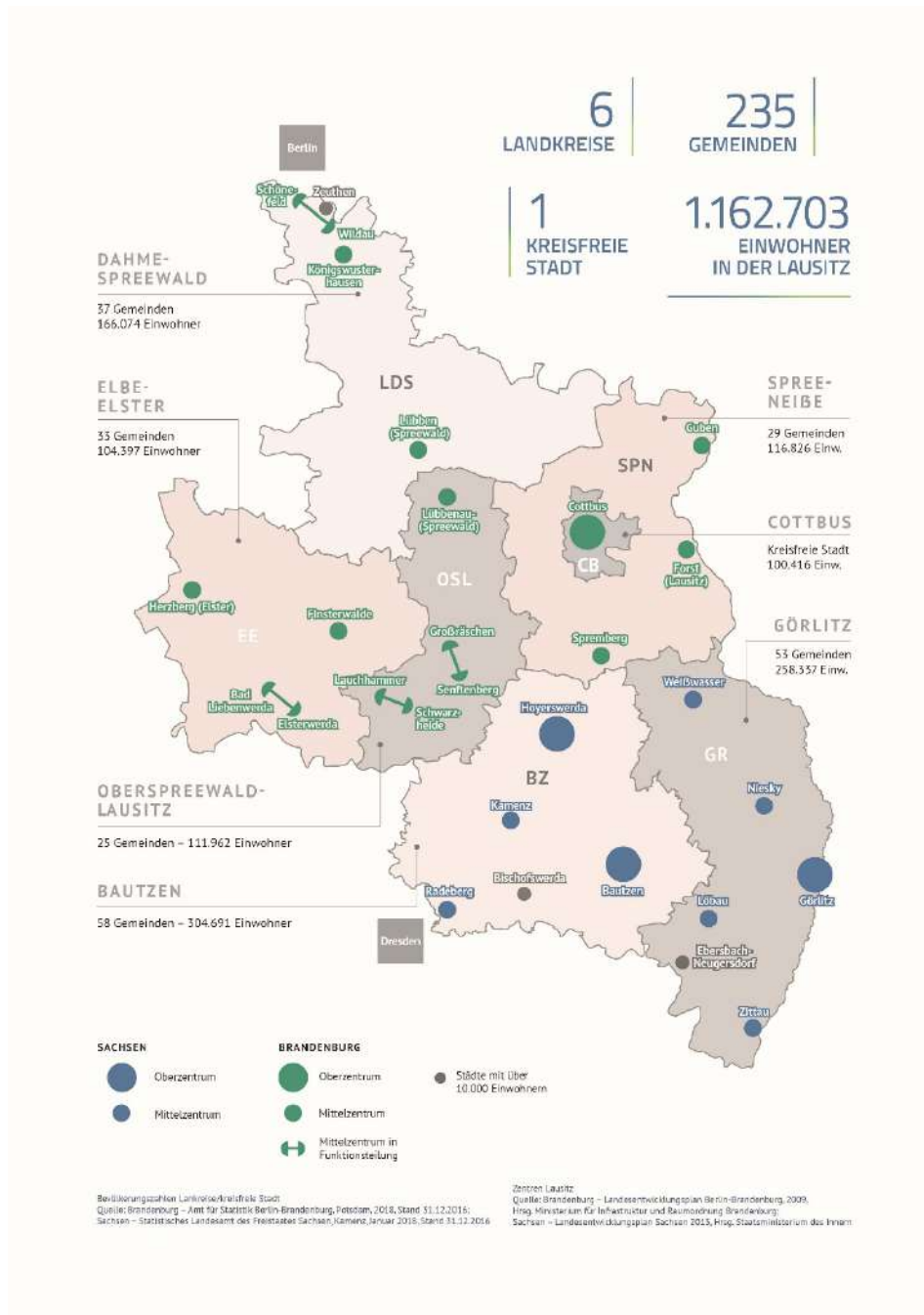


Abbildung 1:
Zentral- und Verwaltungsstandorte auf dem Gebiet der Lausitz

2 Technische Grundlagen von 5G

2.1 Einführung

Im Gegensatz zu den bisherigen Mobilfunkgenerationen, bei denen die jeweils neue Technologie eigenständig neben der herkömmlichen besteht, basiert 5G auf einer Weiterentwicklung der 4G-Technologie. Neue Leistungsmerkmale werden hinzugefügt. Darüber hinaus benötigen 5G-Netze aktuell noch zwingend ein Long-Term-Evolution(LTE)-Netz als Basis. Sie funktionieren damit über die sog. Non-standalone-Variante des Standortausbaus. Durch die Nachrüstung eines 4G-Standorts mit 5G-Technologie entsteht ein neuer 5G-Standort. Das führt dazu, dass 4G und 5G anfangs parallel bzw. gemeinsam betrieben werden.

Die Aufrüstung von 4G-Standorten allein wird den Bedarf an 5G-Standorten perspektivisch nicht decken. Notwendig ist hier die Errichtung von Standalone-Standorten, die die komplette Neuerrichtung von 5G-Standorten einschließt. Die Standardisierung wird durch das 3rd Generation Partnership Project (3GPP)⁵, einer weltweiten Kooperation von Standardisierungsgremien für die Standardisierung im Mobilfunk, getrieben. Die Standardisierung von 5G-Standalone-Netzelementen wird jedoch aus heutiger Sicht erst mit dem 3GPP Release 17, also im dritten Quartal 2021, abgeschlossen sein⁶. Im Umkehrschluss heißt das, dass der Ausbau eines 5G-Netzes zunächst zwingend ein 4G-Netz (also LTE) als Basis benötigt. Dies stellt das weitere Vorgehen in bislang unterversorgten Gebieten, wie sie auch in der Lausitz zu finden sind (s. Kapitel 4), vor große Herausforderungen.

Zur 5G-Nachrüstung gehört ferner auch der Anschluss an das Glasfasernetz, das die Basis für das verbesserte mobile Breitband von 5G bilden wird. Die zu erwartenden Datenvolumina und die technische Realisierung hoher Datenraten sind mit konventionellen Anbindungsvarianten von Funkstandorten, wie Festnetzleitungen mit gemieteter Bandbreite oder providereigenen Richtfunkverbindungen, nicht sinnvoll umsetzbar. Die grundsätzlichen technologischen Merkmale einer Glasfaseranbindung (Lichtwellenleiter, LWL) sowie deren technologisches Potenzial decken demgegenüber alle Anforderungen hinsichtlich Kapazität und Latenz im Vergleich zu anderen Medien am besten ab.

5G umfasst unter einem gemeinsamen Schlagwort unterschiedliche Leistungsmerkmale und darauf basierend vielfältige Anwendungsszenarien, die alle im 5G-Standard des 3GPP definiert werden. Die grundsätzlichen Merkmale werden in Abschnitt 2.2. dargelegt.

⁵ <https://www.3gpp.org/specifications> (letzter Zugriff:17.02.2020)

2.2 Merkmale der 5G-Technologie

Verbessertes Mobiles Breitband (Enhanced Mobile Broadband/emBB)

5G ermöglicht, eine entsprechende festnetzseitige Anbindung vorausgesetzt (s. Abschnitt 2.1.), deutlich schnellere Datenverbindungen als bisherige Mobilfunkstandards und kann somit immer weiter steigenden Datenvolumina in mobilen Netzen gerecht werden. Es können theoretisch Spitzendatenraten von 10 bis 20 Gbit/s in einzelnen Funkzellen erreicht werden (20mal schneller als LTE).⁷

Massive Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (Massive Machine Type Communication/mMTC)

Unter dem Begriff *NarrowBand Internet of Things* (NB IoT) ermöglicht 5G die Kommunikation mit einer sehr hohen Anzahl an Endgeräten. Im Internet der Dinge oder auch „Maschinen-Netz“ werden viele verschiedene Geräte und Sensoren miteinander verbunden. Sie können so im 5G-Netz überwacht und gesteuert werden. 5G zeichnet sich in dieser Ausprägung gegenüber herkömmlichen Mobilfunkstandards durch eine signifikant höhere Energieeffizienz (ein Zehntel des Energieverbrauchs heutiger Systeme) aus. Dadurch werden Batterielaufzeiten von mehreren Jahren erreicht, was wiederum Voraussetzung für die langjährige autonome Funktion von Sensoren an unzugänglichen Standorten ist.⁸

Ultrazuverlässige und verzögerungsfreie Kommunikation (Ultra Reliable and Low Latency Communication/URLLC)

Die Latenz, also die Laufzeit eines Signals in einem technischen System (umgangssprachlich „Ping-Zeit“), wird bei 5G gegenüber 4G auf ein Fünftel reduziert⁹. Dadurch können zeitkritische Anwendungen unterstützt werden, bei denen verzögerungsfreie Reaktion, höchste Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit unabdinglich sind. Beispiele sind Telemedizin, teleoperierte Fernsteuerungen oder autonomes Fahren.

Die Reduzierung der Latenz in 5G-Netzen ist durch mehrere Modifikationen gegenüber älteren Mobilfunkgenerationen möglich. Zum einen kommt eine Netztopologie zum Einsatz, bei der zentrale Netzknoten („Server“) räumlich möglichst nahe am Funkstandort angeordnet sind. Dafür steht auch der Begriff „Mobile Edge Cloud“. Die räumliche Anordnung von Servern nahe am Funkstandort reduziert die Signallaufzeit. Auch die Funktechnik selbst wurde neu spezifiziert und liefert als „5G New Radio“ einen weiteren Beitrag zur Reduzierung der Signallaufzeiten. Weitere Änderungen im 5G-Standard betreffen das Backbone und das Core-Netz, also die Netzbereiche, die die örtlichen Zugangsnetze beziehungsweise die Teilnehmervermittlungsstellen

Backbone

Der Begriff Backbone („Rückgrat“) bezeichnet die Verbindungen zwischen den einzelnen Teilnetzwerken eines Telekommunikationsnetzes.

Im Backbone werden somit die Datenverbindungen aller Endbenutzer gebündelt, weshalb ein Backbone für besonders große Datenvolumina dimensioniert ist. Gleichzeitig sind besondere Sicherheitsvorkehrungen und Redundanzen notwendig, um bei Teilausfällen im Backbone die Datenströme entsprechend umleiten („routen“) zu können.

Core-Netz

Das Core-Netz stellt einen wesentlichen Aggregationspunkt in einem Telekommunikationsnetz dar. Wesentliche Funktionen, wie die Vermittlung von Teilnehmerverbindungen oder Übergänge in andere nationale und internationale Telekommunikationsnetze werden im Core realisiert.

⁷ Temesvári et al (2019): „Review of Mobile Communication and the 5G in Manufacturing“

⁸ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017): „5G Strategie für Deutschland“

⁹ Temesvári et al (2019): „Review of Mobile Communication and the 5G in Manufacturing“

miteinander verbinden. Letztendlich liegt das theoretische Latenzminimum in 5G-Netzen bei der viel zitierten einen Millisekunde.¹⁰

Virtuelle Netze auf derselben physikalischen Netzinfrastruktur (Network Slicing)

Auf Basis des Network Slicing kann der Netzbetreiber mit einer gemeinsamen physischen Infrastruktur mehrere logische bzw. virtuelle Netze parallel betreiben und verwalten. Dementsprechend wird in diesem Zusammenhang häufig auch von „Network-as-a-Service“ gesprochen. In den separaten Slices können unterschiedliche Anforderungen definiert werden, die spezialisierten Anwendungsfällen bezüglich Datenrate, Latenz oder auch Netzkapazität gerecht werden (Abbildung 3).¹¹

Als Beispiel soll ein Produktionsstandort herangezogen werden. Zwischenprodukte einzelner Produktionsbänder sollen mittels autonomer Fahrzeuge von einer Fabrikhalle zur nächsten transportiert werden, wofür ein Netz mit verzögerungsfreier Kommunikation und geringer Latenz unabdingbar ist. Gleichzeitig werden über dieselbe physikalische Funktechnik Dienste für Kunden im öffentlichen 5G-Netz bereitgestellt. Mittels Network Slicing können zwei logische 5G-Netze bereitgestellt und beide Anwendungsfälle auf Basis eines physikalischen Mobilfunkstandorts realisiert werden.

¹⁰ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017): „5G Strategie für Deutschland“

¹¹ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017): „5G Strategie für Deutschland“

Mehrfachantennensysteme (Massive Multiple Input Multiple Output/Massive MIMO)

Weitere wichtige Bestandteile der neuen Funkschnittstelle sind Mehrantennensysteme: Massive Multi Input Multiple Output (MIMO). Diese Systeme nutzen mehrere Sende- und Empfangsantennen und ein spezielles Codierungsverfahren. Dieses Codierungsverfahren bestimmt die zeitliche und räumliche Dimension der Informationsübertragung, womit sich Qualität und Datenrate deutlich verbessern lassen, ohne auf weitere Frequenzen zurückgreifen zu müssen. Die Technologie baut auf 4G auf, kann in bestehende Netze eingebunden werden und zusätzlich mit einer weiteren technischen Möglichkeit verbunden werden, dem Beamforming. Beim Beamforming wird die Antennensenderichtung zum Endgerät ausgerichtet, um am Zielort durch eine Bündelung der Funkwellen ein maximales Signal zu erreichen. Durch die Bündelung der Funksignale und die gezielte Signalausrichtung reduziert sich der Energiebedarf, es gibt weniger Störungen und es können Daten zu mehreren Mobilgeräten gleichzeitig im gleichen Frequenzbereich übertragen werden (Abbildung 2).¹²

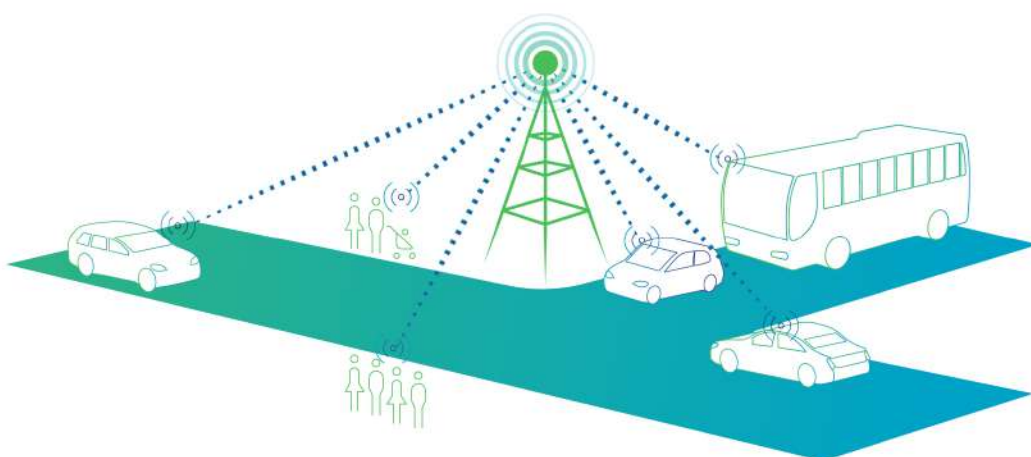


Abbildung 2:
Funktionsweise von Massive MIMO mit Beamforming¹³

¹² <http://www.informationszentrum-mobilfunk.de/technik/funktionsweise/5g>
(letzter Zugriff: 17.02.2020)

¹³ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017):
„5G Strategie für Deutschland“

2.3 5G-Anwendungen

Diese auf 5G basierenden Mobilfunknetze werden aufgrund ihres hohen Leistungsvermögens einen qualitativen Sprung in den Nutzungsformen ermöglichen. Zukunftsorientierte 5G-Anwendungen wie

- autonomes oder teleoperiertes Fahren („Connected Automotive“),
- Telemedizin („Wireless Health“),
- Sensorvernetzung („Narrow Band IoT“),
- vorausschauende Wartung („Predictive Maintenance“),
- Virtual und Augmented Reality,
- Industrie 4.0,
- Smart Manufacturing,
- Logistikunterstützung („Shipping Logistic“),
- Social Networking und Gaming,
- Wireless Cloud Office oder
- künstliche Intelligenz („Artificial Intelligence“)

werden durch 5G entweder erst möglich oder wesentlich attraktiver.



Abbildung 3:
Zentrale Leistungsmerkmale von 5G und mögliche Anwendungsszenarien

Wichtig ist die Kenntnis, dass nicht alle der oben genannten Leistungsmerkmale in einer Funkzelle gleichzeitig zur Verfügung stehen. Eine hohe Energieeffizienz und Empfangsempfindlichkeit der Endgeräte (z. B. Sensoren) sind bei gleichzeitig hoher Datenrate beispielsweise nicht möglich.¹⁴

¹⁴ Fraunhofer Fokus (2016): „Infrastrukturen für die Gigabit-Gesellschaft“

2.4 Frequenz und Reichweite

Höhere Frequenzen verfügen typischerweise über größere zusammenhängende Frequenzbereiche (d. h. mehr Spektrum). Allerdings sinkt mit einer höheren Frequenz in den für den kommerziellen Mobilfunk verwendeten Frequenzbereichen auch die Reichweite. Dadurch steigt mit der Frequenz auch die Anzahl der benötigten Funkstandorte für eine zu versorgende Fläche. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass durch die Verwendung von niedrigeren Frequenzen eine höhere Reichweite erzielt werden kann. Dieser Formel zufolge werden Frequenzen unterhalb von 1 GHz „Flächenfrequenzen“ und oberhalb davon „Kapazitätsfrequenzen“ genannt. Das für 5G-Campusnetze reservierte Frequenzspektrum zwischen 3,7 und 3,8 GHz ermöglicht nur Zellenradien von wenigen hundert Metern und ist folglich eher für die Versorgung kleinerer Flächen, eben für „lokale“ bzw. „nicht-öffentliche“ Netze bzw. 5G-Campusnetze, geeignet.

Die Abbildung 4 zeigt den Zusammenhang zwischen den im Mobilfunk in Deutschland verwendeten Frequenzen und deren typischer Reichweite. Ferner zeigt die Abbildung die heute übliche Zuordnung von Mobilfunktechnologien ab Global System for Mobile Communication (GSM) (2G bedeutet 2nd Generation), über Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) (3G) und LTE (4G) bis hin zu den bei 5G verwendeten Frequenzen.

5G-Campusnetze

Campus-Netze sind lokale, nichtöffentliche Mobilfunknetze mit begrenzter Reichweite für ein definiertes, abgrenzbares Gebiet. Dazu zählen Firmengelände oder Bürogebäude ebenso wie Gewerbeparks, Universitäten und Hochschulen.

Campus-Netze nutzen das Frequenzspektrum von 3,7 3,8 GHz bzw. einen Teil davon. Sie verfügen aus technologischer Sicht über die volle 5G Funktionalität und können mit dedizierten Quality-of-Service-Vorgaben auf kunden-spezifische Anforderungen zugeschnitten werden.

Frequenz in MHz

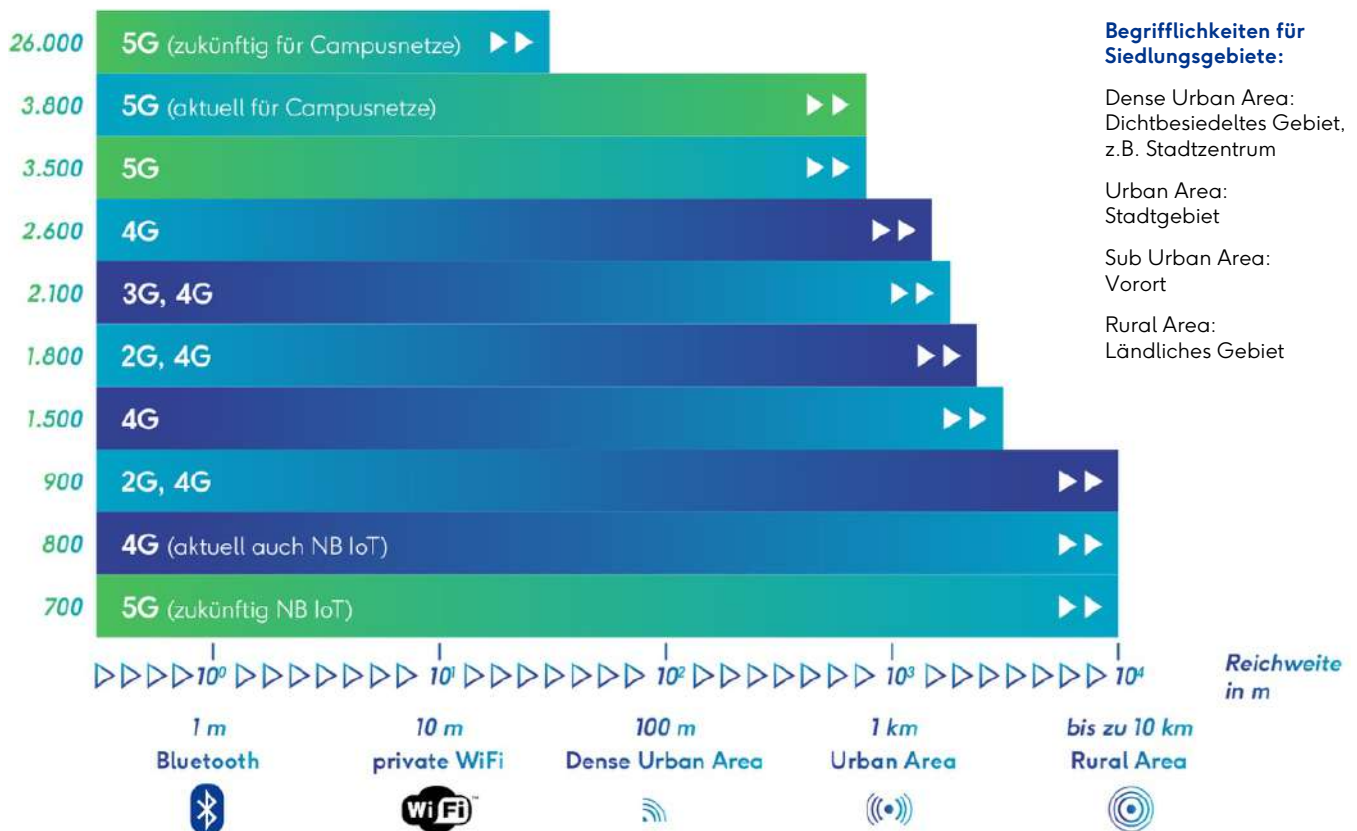


Abbildung 4:
Reichweite in Abhängigkeit von der Frequenz

2.5 5G-Frequenzvergabe in Deutschland

Von März bis Juni 2019 fand in Deutschland die Versteigerung der 5G-Lizenzen durch die Bundesnetzagentur (BNetzA) statt, beginnend mit 5G-Frequenzen im Bereich von 3,4 bis 3,7 GHz. Teilnehmer der Auktion waren die Deutsche Telekom, Telefónica, Vodafone und die 1&1 Drillisch AG. Dabei wurden in Summe 6,5 Mrd. € Erlöse erzielt, die von der BNetzA als Investitionsfonds für den Ausbau der digitalen Infrastruktur genutzt werden sollen. Mit rund 2,17 Mrd. € zahlte die Deutsche Telekom die größte Summe. Vodafone investierte 1,88 Mrd. € und Telefónica 1,42 Mrd. €. 1&1 Drillisch, die Tochterfirma des rheinland-pfälzischen Konzerns United Internet, die bislang über kein eigenes Mobilfunknetz verfügte, kaufte Frequenzen für 1,07 Mrd. €. Für größere Bandbreiten können perspektivisch auch höhere Frequenzen um die 26 GHz genutzt werden. Parallel zum Vergabeverfahren hat die BNetzA ein Antragsverfahren für die Frequenzen im Bereich 3,7–3,8 GHz erarbeitet, die der regionalen und lokalen Nutzung vorbehalten sind. Zusätzlich soll ein solches Antragsverfahren auch für den Frequenzbereich 26 GHz erarbeitet werden.¹⁵

Die Vergabe in Deutschland erfolgt, anders als noch zur Einführung von UMTS als Mobilfunkstandard der dritten Generation (3G), technologieneutral. Der Regulierer schreibt nicht mehr vor, welche Mobilfunktechnologie bzw. welcher Mobilfunkstandard für eine bestimmte Frequenz Anwendung finden muss. Zusätzlich zu den jüngst ersteigerten Frequenzen können die Mobilfunk-Provider daher die bereits erworbenen Frequenzen für 2G, 3G oder 4G in Zukunft ebenfalls für 5G nutzen.¹⁶ Dieses Umwidmen der Frequenzen wird in der Telekommunikationsbranche auch als „Refarming“ bezeichnet. Die Mobilfunknetzbetreiber praktizieren dieses „Refarming“ bei der sukzessiven Reduzierung der 3G-Netzkapazität zugunsten der 4G-Netzkapazität bereits seit längerem.

¹⁵ https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/Mobilfunknetze/mobilfunknetze-node.html (letzter Zugriff: 17.02.2020)

¹⁶ Institut der deutschen Wirtschaft (2018): „IW Report 45/18 – Zukunftsfaktor 5G“

3 5G-Projekte

3.1 5G-Projekte in Deutschland mit BMVI-Förderung

Die ersten Tests rund um die fünfte Mobilfunkgeneration in Deutschland starteten bereits 2018. Dabei nahmen insbesondere asiatische Systemhersteller unter den Lieferanten eine dominierende Stellung ein. Die teilweise von staatlicher Seite geförderten massiven Anstrengungen des südkoreanischen Konzerns Samsung oder des chinesischen Konzerns Huawei sind auch durch die Chancen einer neuen Markaufteilung getrieben. Schließlich wurde der Ausbau der früheren 2G- und 3G-Netze noch deutlich durch europäische Systemhersteller wie Ericsson, Siemens, Nokia und Anfang der 1990er-Jahre auch durch SEL-Alcatel und Philips Communication Industries dominiert.

Um die Planung für das 5G-Netz vorantreiben zu können, haben die deutschen Mobilfunknetzbetreiber bereits vor der Vergabe der 5G-Frequenzen erste Pilotprojekte gestartet. Dabei wurden vorerst Testlizenzen für einige 5G-Frequenzen von der BnetzA vergeben.

Ferner hat der Haushaltsausschuss des Bundestages in seiner Sitzung am 26. Juni 2019 Mittel für die Förderung von sechs 5G-Modellregionen durch Universitäten und Forschungseinrichtungen bewilligt, die im Folgenden kurz erläutert werden (Tabelle 1)

Projekt	Standort / Region	Zuwendungsurkunde
5G Lab Germany Forschungsfeld Lausitz	Welzow, Hoyerswerda, Dresden	21.08.2019
Level 5 Indoor Navigation und 5G Entwicklungsprogramm	Hamburg	16.09.2019
5G Industry Campus Europe	Aachen	22.10.2019
5G für Stadt, Land und Arbeit	Kaiserslautern	22.10.2019
5G Modellregion für Gesundheitsversorgung im Ländlichen Raum	Amberg-Weiden LK Neustadt a.d. Waldnaab	22.10.2019
Aufbau 5G-Region in Süd-Ost Niedersachsen	Wolfsburg, Braunschweig	05.12.2019

Tabelle 1:
Übersicht der durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur geförderten 5G-Modellregionen in Deutschland

Lausitz: 5G Lab Germany Forschungsfeld

Das Testfeld soll an mehreren Standorten in der Lausitz, in Hoyerswerda (Sachsen) und Welzow (Brandenburg), entstehen. Hier erforschen das 5G Lab Germany der TU Dresden und Kooperationspartner in verschiedenen Forschungsfeldern ferngesteuerte, automatisierte und kooperative Anwendungen, u. a. autonomes Fahren und Fliegen, Baustellenvernetzung oder Mensch-Maschine-Kollaboration. Es wurde ein Fördermittelbescheid in Höhe von knapp 7 Mio. € übergeben. Das Vorhaben wurde als Impulsgeber für den Strukturwandel der Region geschaffen. Das 5G Lab Germany ist dabei eine interdisziplinäre Plattform, in der neben Wissenschaftlern der TU Dresden

auch führende Industrieunternehmen aus der Telekommunikationsbranche eingebunden sind.¹⁷

Hamburg:

Level 5 Indoor Navigation und 5G Entwicklungsprogramm

Am Hamburger Hafen werden die ersten logistischen Anwendungen aus der Verkehrs- und Infrastruktursteuerung mit 5G untersucht. Das mit 2 Mio. € finanzierte Testfeld umfasst fast den gesamten Hafen mit seinem Schifffahrtswesen und den umliegenden Straßenverkehr. Seit Januar 2018 ist das rund 8000 Hektar große Areal ein Testgebiet, in dem die Zukunftstechnologie auf ihre industrielle Einsatzfähigkeit überprüft wird. Dabei ist die 5G-Anlage auf dem Fernsehturm an der Messe installiert, wodurch eine weitgehende Abdeckung gelingt. Ein wesentlicher Aspekt ist die Untersuchung der zentralen Verkehrssteuerung von Ampelanlagen über 5G. Auch die Anwendung von Umweltsensorik an Schiffen wird aufgrund der kurzen Latenzzeiten getestet. Der Feldversuch läuft im Rahmen des EU-Projekts „5G MoNArch“ (5G Mobile Network Architecture) und ist auf zwei Jahre festgelegt. Dabei dienen die Ergebnisse als Grundlage für die Definition von weiteren Aspekten des 5G-Standards.¹⁸

Aachen:

5G Industry Campus Europe

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT Aachen hat sich zum Ziel gesetzt, 5G im Bereich der produzierenden Industrie zu verankern. Das Forschungsinstitut verfügt über Maschinenhallen und kann daher den neuen Mobilfunkstandard unter realen Umgebungsbedingungen erforschen und testen. Dies soll für verschiedene Fragestellungen aus dem kompletten Spektrum der Produktionstechnik geschehen: 5G-Sensorik zum Monitoring von Fertigungsprozessen, mobile Robotik und Logistik oder standortübergreifende Produktionsketten. 5G soll dabei als Campusnetz im Frequenzbereich 3,7–3,8 GHz realisiert werden, damit die Ergebnisse in der Industrie adaptiert werden können.¹⁹

Kaiserslautern:

5G für Stadt, Land und Arbeit

In Kaiserslautern soll 5G die Forschung auf den Fachgebieten der IT sowie künstlichen Intelligenz mit den dazugehörigen Anwendungen verknüpfen, um praxisrelevante Vorteile aus 5G vorzubereiten.²⁰ Diese sollen vor allem der

¹⁷ <https://tu-dresden.de/ing/elektrotechnik/die-fakultaet/aktuelles/news/7-mio-euro-fuer-5g-lab-germany-der-tu-dresden> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

¹⁸ <https://www.hamburg-port-authority.de/de/themenseiten/giganetz-5g-monarch/> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

¹⁹ <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2019/080-scheuer-5g-foerderung.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

²⁰ https://www.kaiserslautern.de/buerger_rathaus_politik/medienportal/pressemitteilungen/054199/index.html.de (letzter Zugriff: 17.02.2020)

Stärkung des ländlichen Raums dienen. Mögliche Anwendungsgebiete werden Industrie 4.0, Landwirtschaft und Weinbau, Smart City oder Campusmobilitätslösungen. Erkenntnisse sollen der Industrie und anderen Parteien die Kompetenz und eine Testumgebung bieten, damit 5G-Anwendungen weiterentwickelt und erprobt werden können.

Amberg-Weiden: 5G für Gesundheitsversorgung im ländlichen Raum

Unter der Führung der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden sollen Machbarkeit, Möglichkeiten und Grenzen der Verbesserung der Effektivität und Effizienz in der ländlichen Gesundheitsversorgung mithilfe von 5G im Rahmen des Projekts „5G 4Healthcare“ erprobt werden. Dabei sollen in Kooperationen mit Partnern aus Wirtschaft und Gesundheitsversorgung verschiedene Use Cases konzipiert und implementiert werden, wie beispielsweise integrierte Versorgung und häusliche Pflege (Telemedizin).²¹ Das Projekt ist interdisziplinär und soll unterschiedliche Bereiche wie künstliche Intelligenz, Informatik und Digitalisierung verbinden.²²

Wolfsburg-Braunschweig: Aufbau 5G Region in Süd-Ost Niedersachsen

In der Region Wolfsburg-Braunschweig soll ein „5G-Reallabor“ umgesetzt werden, dass einen frühzeitigen Lernprozess in Bezug auf 5G sowie sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten erproben soll. In der ersten Phase wird das Stadtgebiet Wolfsburg stufenweise durch 5G abgedeckt. Mit dem so gesammelten Wissen werden anschließend das Stadtgebiet von Braunschweig sowie die ländlichen und halbstädtischen Gebiete zwischen den Ballungszentren erschlossen. Im Verlauf des Projekts sollen die Infrastrukturkosten reduziert werden. Die Umsetzung im urbanen Raum soll Forschungseinrichtungen und Unternehmen die Möglichkeit bieten, innovative Lösungen und neue Anwendungen testen zu können, beispielsweise im Bereich Mobilität und Smart City.²³

21 <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2019/080-scheuer-5g-foerderung.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

22 <https://www.oth-aw.de/informieren-und-entdecken/aktuelles/neuigkeiten/news/201911265942-5g4healthcare-oth-amberg-weiden-startet-modell-projekt/> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

23 <https://wolfsburgdigital.org/region-braunschweig-wolfsburg-wird-5g-modellregion/> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

3.2 Weitere 5G-Testgebiete in Deutschland

Lausitz:

5G Campus++

Der Deutsche Telekom Lehrstuhl für Kommunikationsnetzwerke der TU Dresden leitet das Projekt 5G Campus++. Hierbei handelt es sich um ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes Forschungsprojekt, bei dem parallel zu den oben genannten sechs Modellregionen die Möglichkeiten von 5G-Campusnetzen und deren praktische Auswirkungen, beispielsweise in der Lausitz, untersucht werden. Ein 5G-Campusnetzwerk ist eine unabhängige und dezentrale 5G-Infrastruktur, die aus einem eigenen drahtlosen Netzwerk besteht (s. auch Erklärbox in Abschnitt 2.4.). Ziel ist es, diese Infrastruktur in einem transportablen Container mit „Show-Room“ aufzubauen, damit das Thema öffentlichkeitswirksam für das Handwerk, die Kommunen und die Industrie im ländlichen Raum aufbereitet wird. Hieraus ergeben sich Parallelen zu möglichen Anwendungsfällen in der Lausitz. Durch die so realisierbaren 5G-Anwendungsfälle sollen Nutzer gewonnen und ein Anreiz für die Telekommunikationsunternehmen gesetzt werden. Die Campusnetzwerke werden ein Schlüsselfaktor für den Aufbau innovativer drahtloser Maschinensysteme in der Fertigung sein, beispielsweise für Automatisierungslösungen bei Mensch-Maschine-Kooperationen für kleine, mittlere und große Unternehmen.²⁴

Köllitsch:

5G Versuchsgut

Auf dem Versuchsfeld im sächsischen Köllitsch sollen zahlreiche landwirtschaftliche Anwendungen erprobt werden. Es ist das bisher größte Testfeld seiner Art in Europa. Agrarbetriebe, Firmen sowie Forscher werden sich daran beteiligen, um möglichst viele Partner zu vernetzen. Darunter befinden sich verschiedene lokale Universitäten sowie Fraunhofer-Institute. Dies ermöglicht zusätzlich zur Erprobung von 5G-Anwendungen auch die Verknüpfung zu bisherigen Forschungs- und Anwendungsthemen im Bereich Smart Farming. Use Cases sind hier beispielsweise die automatische Auswertung von Bilddaten einer Drohne bezüglich Pflanzengesundheit, digitale Geländemodelle oder Online-Marktplätze für regionale Produkte. Das Testfeld soll außerdem Chancen für die hiesigen Agrarunternehmen und Landtechnikhersteller bieten, indem die Landwirtschaft effizienter, ressourcenschonender und innovativer gestaltet werden kann. Mögliche Bedenken gegenüber Mobilfunkstrahlung sollen ebenfalls Untersuchungsgegenstand sein, indem Messungen vorgeschrieben und öffentlich zugänglich gemacht werden.

²⁴ <https://cn.ifn.et.tu-dresden.de/research/projects/> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

3.3 5G-Ausbau in der Industrie

In Kooperation mit Telefónica Deutschland und dem Netzwerkausrüster Ericsson errichtet Mercedes-Benz-Cars eine Automobilfabrik mit einem werkseigenen 5G-Mobilfunknetz. Das Testareal in Sindelfingen umfasst ein Gebiet von über 20.000 Quadratmetern. Dort wird erstmalig für die Automobilproduktion der Mobilfunkstandard 5G in einer laufenden Produktion eingesetzt.²⁵

Auch Osram hat in Kooperation mit der Deutschen Telekom ihr erstes Campusnetz in Betrieb genommen. Am Standort Schwabmünchen südlich von Augsburg verbindet 5G über 3000 Komponenten und Artikel (Internet of Things, IoT), die durch automatisch gesteuerte Fahrzeuge transportiert werden.²⁶

3.4 5G-Regelausbau in Deutschland

Neben den in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen 5G-Projekten mit dedizierter Förderung, ist der durch die Mobilfunknetzbetreiber getriebene Ausbau öffentlicher 5G-Netze im Rahmen der Versorgungsaufgaben zu betrachten („5G-Regelausbau“). Der 5G-Regelausbau in Deutschland startete im Sommer 2019. Bis Ende 2019 hat die Deutsche Telekom das Ziel, rund 300 neue Antennen an mehr als 100 Standorten aufzustellen. Bis Ende 2020 sollen die 20 größten Städte mit 5G angebunden sein.²⁷ Vodafone hat ebenfalls zahlreiche 5G-Stationen in Betrieb genommen und wird bis Ende 2019 mehr als 160 5G-Antennen an den ersten Standorten in 25 Städten, 25 Gemeinden sowie in zehn Industrieparks in Betrieb nehmen.²⁸

Generell wird sich der nahezu flächendeckende Ausbau von 5G-Netzen aus Perspektive der Funktechnik als ambitioniert erweisen. Zum einen sind größere Funkreichweiten nur mit Frequenzen um 700 MHz möglich, zum anderen gestaltet sich die genehmigungstechnische Umsetzung insbesondere von neuen Maststandorten in Deutschland immer wieder sehr anspruchsvoll und zeitaufwendig. Nicht umsonst hat Bundeskanzlerin Angela Merkel auf der Digitalklausur des Bundeskabinetts im November 2019 auf Schloss Meseberg angemerkt, dass die Planungs- und Genehmigungszeiträume in Deutschland zu lange dauern und andere europäische Länder in dieser Hinsicht sehr viel schneller sind²⁹.

Hinzu kommen Aktivitäten von Mobilfunkskeptikern oder -gegnern, die den Ausbau von geplanten Funkstandorten verhindern oder verzögern. Häufig werden hier gesundheitliche Sorgen und Bedenken ins Feld geführt. Die

²⁵ <https://www.daimler.com/innovation/produktion/factory-5g.html>
(letzter Zugriff: 17.02.2020)

²⁶ <https://www.handelsblatt.com/technik/it-internet/mobile-world-congress-telekom-baut-erstes-campus-netz-fuer-5g-bei-osram/24036718.html?ticket=ST-9523756-Xp36tgCL5FubqF594P4o-ap3>
(letzter Zugriff: 17.02.2020)

²⁷ <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/telekom-5g-netz-101.html>
(letzter Zugriff: 17.02.2020)

²⁸ <https://www.vodafone.de/newsroom/netz/5g-start-vodafone-startet-5g-in-deutschland/>
(letzter Zugriff: 17.02.2020)

²⁹ ZEIT-ONLINE, 18.11.2019

Aspekte rund um Mobilfunk und Gesundheit werden in Kapitel 8 („Analyse rechtlicher Rahmenbedingungen“) noch ausführlich erläutert.

Der chinesische Konzern Huawei zählt mittlerweile zu den weltweit führenden Unternehmen bei der Entwicklung und Umsetzung der 5G-Technologie. Huawei beliefert aktuell sowohl Vodafone als auch die Deutsche Telekom mit entsprechender 5G-Funktechnik, jedoch nicht im Bereich der Core-Netze. Zu den Hauptkonkurrenten zählen Ericsson und Nokia. Ab 2018 begannen aber immer mehr Firmen und Länder weltweit, Huawei wegen bisher nicht bewiesener Spionagebefürchtungen zu meiden. Die Diskussion wirkt sich ebenfalls hemmend auf den raschen 5G-Ausbau in Deutschland und in Europa aus. Mit Blick auf die Gesamtheit aller Technikanbieter am Telekommunikationsmarkt sind die aktuellen Aktivitäten auf europäischer Ebene, aber auch das Vorgehen der BNetzA, des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) und des Bundesbeauftragten für den Datenschutz und die Informationsfreiheit (BfDI) sehr zu begrüßen. Diese haben zum Ziel, den Katalog von Sicherheitsanforderungen für das Betreiben von Telekommunikations- und Datenverarbeitungssystemen sowie für die Verarbeitung personenbezogener Daten zu überarbeiten und den aktuellen Erfordernissen anzupassen. Dadurch wird ein wesentlicher Beitrag zum Schutz des Fernmeldegeheimnisses, zum Schutz personenbezogener Daten sowie zur Sicherstellung der Verfügbarkeit von Netzen und Diensten geleistet.³⁰ Ziel muss es sein, sich von Fakten leiten zu lassen, die Diskussion um den Ausschluss oder Nichtausschluss einzelner Systemanbieter dadurch zu versachlichen³¹ und in Deutschland bei Wahrung aller Sicherheitsinteressen dennoch einen zügigen 5G-Ausbau zu ermöglichen.³²

30 https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2019/20191014_ITSicherheitsk.html?nn=265778 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

31 <https://www.golem.de/news/ex-technikchef-vodafone-hat-huawei-vor-zusammenarbeit-genau-geprueft-1901-138903.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

32 <https://www.n-tv.de/technik/Vodafone-warnt-vor-Huawei-Ausschluss-article21453704.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

3.5 Internationale 5G-Projekte

Schweiz

In der Schweiz wurde Anfang 2019 bereits die Vergabe von Mobilfunkfrequenzen abgeschlossen, bei der drei Betreiber eine große Bandbreite von neuen Frequenzen erwerben konnten. Die im Schweizer Markt agierenden Akteure sind Swisscom, Sunrise sowie Salt. Zusätzlich zum 2600-Megahertz-Band, wurden die Mobilfunkfrequenzen in den 700-, 1400- und 3500-Megahertz-Bereichen versteigert. Swisscom konnte sich von umgerechnet insgesamt 347,47 Mio. € den größten Anteil in Höhe von 179,15 Mio. € sichern³³ und nahm ab dem 17. April 2019 die ersten 5G-Antennen in Betrieb. Allerdings senden diese vorerst auf 3G- und 4G-Frequenzen. Inzwischen ist 5G in 110 Ortschaften wie Zürich, Bern, Basel und Genf verfügbar. Bis Ende 2019 plant Swisscom, in der ganzen Schweiz 5G anzubieten, sei es auf dem Land, in der Stadt oder in den Bergregionen.³⁴ Sunrise versorgt (Stand August 2019) ebenfalls bereits über 260 Städte oder Orte mit 5G und konzentriert sich dabei auf Kunden, die bisher keinen Glasfaseranschluss nutzen können.³⁵

Schweden

Telia Company ist der führende Telekommunikationskonzern in Finnland, Litauen und Schweden. Seit 2018 besteht eine Zusammenarbeit mit Ericsson und dem KTH Royal Institut of Technology für die Errichtung eines 5G-Netzwerks auf dem KTH-Campus in Stockholm, das als Innovations- und Forschungsplattform für Hochschulen und Partnerunternehmen dient. Das erste schwedische 5G-Netzwerk wird als Testumgebung für die Entwicklung innovativer Lösungen und Dienste dienen. Aufbauend auf diesem Konzept hat Ericsson einen ähnlichen 5G-Plan mit Telia Estonia an der Tallinn University of Technology in Estland geplant.³⁶

Niederlande

Der Wirtschaftsrat Groningen initiierte das Projekt 5Groningen, um die Innovationskraft von 5G zu untersuchen. Nord-Groningen dient seit 2017 als erstes Testgelände für 5G-Anwendungen in den Niederlanden. Die Besonderheit des Standorts ist, dass er ländlich geprägt und spärlich besiedelt ist sowie der Altersdurchschnitt steigt. Daraus ergeben sich wichtige Untersuchungsgegenstände, z. B. die Sicherstellung des öffentlichen Nahverkehrs oder der Gesundheitsvorsorge im ländlichen Raum. Auf dem Testgelände treffen Akteure aus unterschiedlichen Sektoren aufeinander:

33 <https://www.comcom.admin.ch/comcom/de/home/dokumentation/medieninformationen.msg-id-73916.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

34 <https://www.swisscom.ch/de/about/unternehmen/portraet/netz/5g.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

35 <https://www.sunrise.ch/de/privatkunden/world-of-5g.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

36 <https://www.ericsson.com/en/press-releases/2018/12/swedens-first-5g-network-is-live-at-kth-royal-institute-of-technology> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

Forschungseinrichtungen, soziale Organisationen sowie private Unternehmen. Es werden Anwendungsfälle in verschiedenen Bereichen untersucht:

- **Gesundheit:** In Groningen ist durch das Altern der bestehenden sowie den Wegzug von junger Bevölkerung ein demographischer Rückgang zu verzeichnen. Daher sollen mithilfe von 5G Anwendungen entwickelt werden, die einen Teil der Pflege aus der Ferne ermöglichen. Dies soll Menschen dazu verhelfen, länger unabhängig und in den eigenen vier Wänden zu bleiben. Informationen über den Gesundheitszustand der Patienten sollen über das drahtlose Netzwerk an die Pfleger und Ärzte übertragen werden.
- **Energiemanagement:** Im Zuge der Energiewende wird die dezentrale Energieversorgung immer wichtiger, in der Bewohner und Unternehmen gleichzeitig Erzeuger sowie Verbraucher sind. Dies erfordert neue Lösungen, um Angebot und Nachfrage auszugleichen. Mithilfe von 5G sollen die Daten von Sensoren der Solarmodule und Windkraftanlagen gemeinsam mit weiteren Information wie Wettervorhersagen verarbeitet werden. Die Steuerungsinformationen werden von den Energieversorgern genutzt, damit die Energieflüsse innerhalb des Netzes optimiert werden können.
- **Verkehr und Logistik:** Mithilfe von 5G werden neue Möglichkeiten im Verkehr und der Verkehrssteuerung untersucht, z. B. selbstfahrende Autos und Busse, intelligente Ampeln oder Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur.
- **Landwirtschaft:** Es sollen 5G-Technologien entwickelt werden, die es den Landwirten ermöglichen, jeden Quadratmeter Land separat zu bewirtschaften, damit die Landwirte mehr und bessere Produkte mit weniger Umweltbelastung produzieren können. Dabei sollen Sensoren sowie Drohnenaufzeichnungen zum Einsatz kommen.
- **Alltägliches Lebensumfeld:** Landschaftspflege, Wasserstand, Tourismus und Erdbeben werden als Faktoren in Groningen untersucht, die das äußere Lebensumfeld bestimmen. Beispielsweise wurde ein dichtes Netz an Erdbebensensoren aufgebaut. Diese messen Bewegungen, die ein Beben in der Landschaft verursachen. Dabei werden Auswirkungen auf Gebäude und Anlagen registriert. Weiterhin werden Augmented-Reality-Bilder im Tourismusbereich eingesetzt, um mehr über Ereignisse in der Vergangenheit zu erfahren.

Bevor die 5G-Anwendungen auf dem Testgelände in Betrieb gehen, werden sie im „5G Living Lab“ auf dem Campus der Universität Groningen ausführlich erprobt und weiterentwickelt.³⁷

³⁷ <https://www.5groningen.nl/en/> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

Südkorea

Die südkoreanische Regierung und die öffentlich-private Partnerschaft Forum 5G legten bereits Anfang 2014 ihre 5G-Strategie mit einer Finanzierung in Höhe von 1,5 Mrd. US\$ fest. Die Netzbetreiber einigten sich 2018 auf ein gemeinsames 5G-Netzwerk und reduzierten damit Zeit- und Geldaufwand zum Aufbau eines flächendeckenden Netzes. Im Februar 2018 präsentierten südkoreanische Unternehmen bereits 5G-Innovationen und -Anwendungsfälle während der Olympischen Winterspiele in Pyeongchang, z. B. Streaming-Dienste mit hochauflösenden Videos (4K) im 28-Gigahertz-Spektrum, erste 5G-fähige mobile Endgeräte, autonomes Fahren sowie Verkehrsvernetzung (Vehicle-to-Everything, V2X). Das 5G-Netz ging bereits im Dezember 2018 für Geschäftskunden in Betrieb. Am 3. April 2019 wurde das Netz für die gesamte Bevölkerung in Betrieb genommen, wodurch Südkorea das erste Land mit öffentlichem 5G-Netz ist. Der größte Mobilfunknetzbetreiber SK Telecom gab bereits fünf Monate nach Inbetriebnahme bekannt, dass eine Million 5G-Kunden erreicht wurden.³⁸

USA

Die amerikanische Regierung kündigte im Jahr 2016 eine Finanzierung in Höhe von 400 Mio. US\$ an. Die Mobilfunknetzbetreiber starteten im Jahr 2017 mit den ersten Feldversuchen in unterschiedlichen Staaten. Drei der vier größten Netzbetreiber verfolgen eine Strategie im Bereich der hohen Frequenzbänder (Millimeterwellen, mmWave), die eine höhere Bandbreite ermöglichen, allerdings zulasten der Reichweite. Der amerikanische Anbieter Verizon ging mit seinen ersten öffentlichen 5G-Standorten wenige Stunden nach den südkoreanischen Anbietern am 03. April 2018 in Betrieb. T-Mobile USA hingegen verfolgt eine andere Einführungsstrategie. Das Unternehmen setzt in der ersten Phase auf das 600-Megahertz-Spektrum, um zunächst große Abdeckung der USA zu erzielen. Erst in der zweiten Phase werden höherfrequente Bereiche genutzt.³⁹

³⁸ <https://5gobservatory.eu/> (letzter Zugriff: 22.01.2020)

³⁹ <https://5gobservatory.eu/> (letzter Zugriff: 22.01.2020)

4 Ist-Analyse LTE-Versorgung und Ausbaubedarf 5G in der Lausitz

4.1 Einleitung und Zielstellung

Eine nahezu flächendeckende Versorgung mit leistungsfähigen Mobilfunknetzen ist für die Zukunftsregion Lausitz von besonderer Bedeutung. Die vorliegende Analyse soll

- die aktuelle 4G-Versorgung (LTE) in der Lausitz aufzeigen sowie
- den Standortbedarf für einen nahezu flächendeckenden Ausbau von 4G-/5G-Netzen in der Lausitz quantifizieren.

Zentrale Produkte dieser Ist-Analyse sind überblickgebende Karten sowie zugehörige deskriptive Statistiken.

4.2 Analyse LTE-Versorgung in der Lausitz

Für die Bewertung der Mobilfunkversorgung zu LTE werden Informationen des Breitbandatlas des BMVI sowie die Daten der einzelnen Mobilfunknetzbetreiber⁴⁰ herangezogen, die ihrerseits wiederum Basis für die Darstellungen im Breitbandatlas sind.

Breitbandatlas des BMVI

Die Geodaten im Breitbandatlas des Bundes liegen im Vektordatenformat vor. Das Gitter mit 250 Meter Kantenlänge ist die Betrachtungsgrundlage für die LTE-Mobilfunkversorgung, wobei jedes Gitterelement ein Attribut über den prozentualen Anteil der LTE-Versorgung im betrachteten Gitter enthält. Bei der vollständigen Flächenversorgung eines Gitterelements enthält das Attribut die Information „1“ und bei einer Flächenversorgung kleiner 50 % von „0“. Detaillierte Versorgungskarten, aufgeschlüsselt nach den sechs Landkreisen der Lausitz, sind im Anhang dieser Studie enthalten.

40 Telekom (2019): Web Map Service Mobilfunkverfügbarkeit LTE, Telekom Deutschland GmbH, <https://t-map.telekom.de/arcgis/rest/services/public/coverage/MapServer/> (letzter Zugriff 30.09.2019)

Vodafone (2019): Web Map Service Mobilfunkverfügbarkeit LTE, Vodafone GmbH, https://netmap.vodafone.de/arcgis/rest/services/CoKart/netzabdeckung_mobilfunk_4x/MapServer

O2 (2019): Web Map Service Mobilfunkverfügbarkeit LTE indoor und outdoor, Telefónica Germany, https://dccb7552-tiles.spatialbuzz.net/tiles/o2_de-v146/styles/o2_de_v146_4g/{z}/{x}/{y}.png

Siedlungsklassen und Landnutzung

Für die Abschätzung des Standortbedarfs zur Schaffung einer nahezu flächendeckenden Mobilfunkversorgung legen zahlreiche Studien für die zu betrachtende Fläche (z. B. Landkreis, Bundesland) typischerweise pauschale Annahmen zu Zellradien oder versorgten Flächen je Mobilfunkstandort zugrunde. Diese Vereinfachung ist spätestens seit Einführung von 4G-Netzen nicht mehr sachgerecht, denn Netze ab der 4. Mobilfunkgeneration nutzen verschiedene Trägerfrequenzen („Carrier“), die sich je nach Frequenz durch unterschiedliche Reichweiten auszeichnen, vgl. auch Abbildung 4 und die zugehörigen Ausführungen in Abschnitt 2.1.

Daher soll für die Analysen in Kapitel 6 („Szenario- und Umsetzungsanalyse“) zwischen

- Frequenzen unterhalb 1 GHz im ländlich geprägten Raum und
- Frequenzen oberhalb von 1 GHz in urbanen Siedlungsgebieten unterschieden werden.

Voraussetzung dafür wiederum ist die Differenzierung einer zu betrachtenden Fläche in Siedlungsklassen bzw. Landnutzungseinheiten. Für Deutschland stehen die Daten aus dem CORINE Land Cover (Coordination of Information on the Environment, CORINE)⁴¹ zur Verfügung. Bei CORINE handelt es sich um ein paneuropäisches Projekt des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V. zur einheitlichen Klassifikation der wichtigsten Formen der Bodenbedeckung und Landnutzung. Für die Ist-Analyse wurde der aktuelle Datensatz aus dem Jahr 2018 herangezogen. Dieser basiert auf Satellitendaten von Sentinel-2 sowie Landsat-8. Die geometrische Genauigkeit wird mit unter 100 Metern angegeben. Die Genauigkeit der thematischen Klassifikation der Oberfläche ist größer gleich 85 %.

Im Folgenden werden die CORINE-Land-Cover-Daten aus dem Jahr 2018 in zwei Haupttypen zusammengefasst:

- *Urbane Flächen*, bestehend aus den zwei Klassen „zusammenhängende urbane Flächen“ und „nicht zusammenhängende urbane Flächen“.
- *Nichturbane Flächen* werden aus allen anderen Klassen zusammengefasst, z. B. Wasserflächen, Wald usw.

⁴¹ DLR (2019): CORINE Land Cover, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., abgerufen am 30.09.2019, https://www.dlr.de/eoc/de/desktopdefault.aspx/tabid-11882/20871_read-48836/ (letzter Zugriff 30.09.2019)

4.3 Ergebnisse IST-Versorgungsanalyse

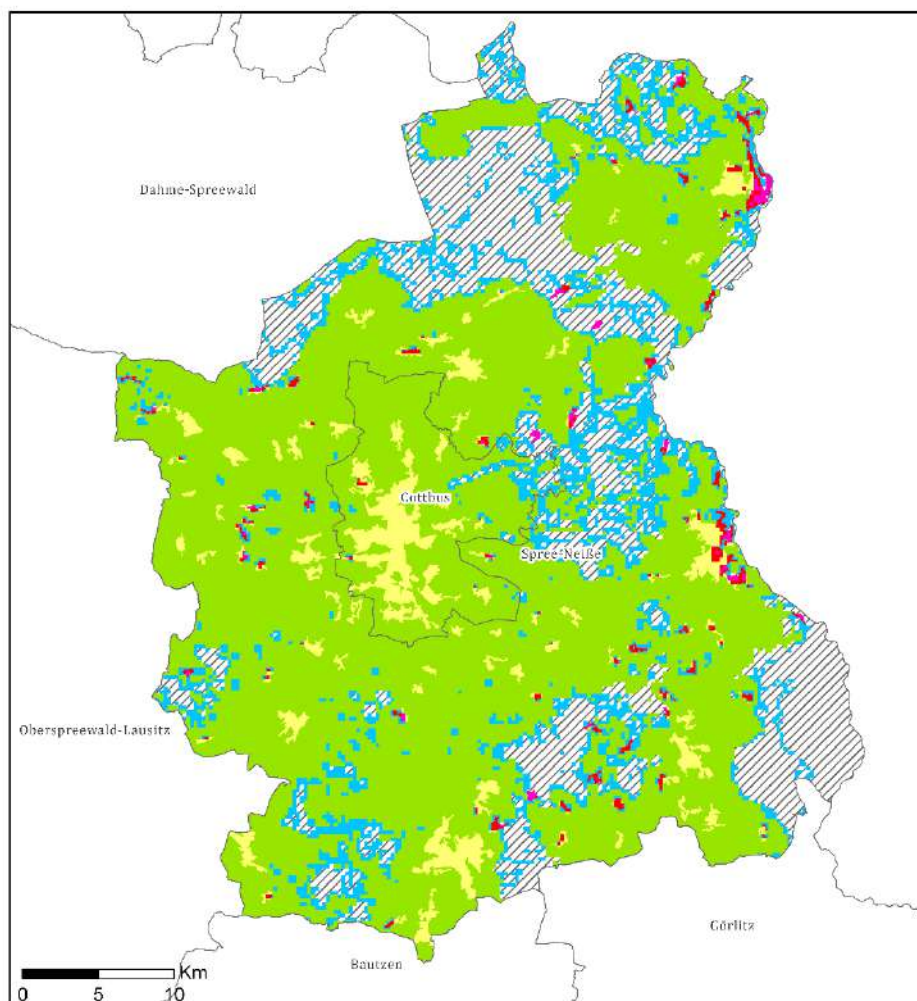
Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 und den Abbildungen 5–10 zusammengefasst. Demnach sind etwa 6 % der Fläche der Lausitz eher urban und komplementär dazu etwa 94 % eher ländlich („nichturban“) geprägt. Ferner wird deutlich, dass zum Zeitpunkt der Untersuchung (September 2019) nur etwa 80 % der Lausitz mit LTE versorgt waren. Das deckt sich mit den Angaben der Mobilfunknetzbetreiber zu jenem Zeitpunkt, wie beispielsweise am 3. Januar 2020 in der Lausitzer Rundschau retrospektiv dargestellt⁴². Die kreisfreie Stadt Cottbus weist den höchsten und der Landkreis Spree-Neiße den geringsten Versorgungsgrad auf.

	Stadtgebiet Cottbus	LK Bautzen	LK Dahme- Spreewald	LK Elbe-Elster	LK Görlitz	LK Oberspreewald -Lausitz	LK Spree-Neiße	Gesamtergebnis
nichturban	80,45%	93,89%	95,07%	95,64%	92,93%	94,11%	94,95%	94,21%
LTE ist verfügbar	91,92%	89,80%	85,15%	76,88%	71,07%	90,05%	66,54%	80,18%
LTE nicht verfügbar	8,08%	10,20%	14,85%	23,12%	28,93%	9,95%	33,46%	19,82%
urban	19,55%	6,11%	4,93%	4,36%	7,07%	5,89%	5,05%	5,79%
LTE ist verfügbar	98,92%	89,58%	90,16%	75,65%	67,14%	85,47%	73,74%	81,10%
LTE nicht verfügbar	1,08%	10,42%	9,84%	24,35%	32,86%	14,53%	26,26%	18,90%

Tabelle 2:
Ist-Analyse mit Berücksichtigung aller Quellen (MNO & BBA)

⁴² <https://www.lr-online.de/lausitz/weisswasser/mobilfunk-oberlausitz-funkloecher-lte-42237135.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

IST-Analyse kreisfreie Stadt Cottbus und Landkreis Spree-Neiße LTE-Verfügbarkeit



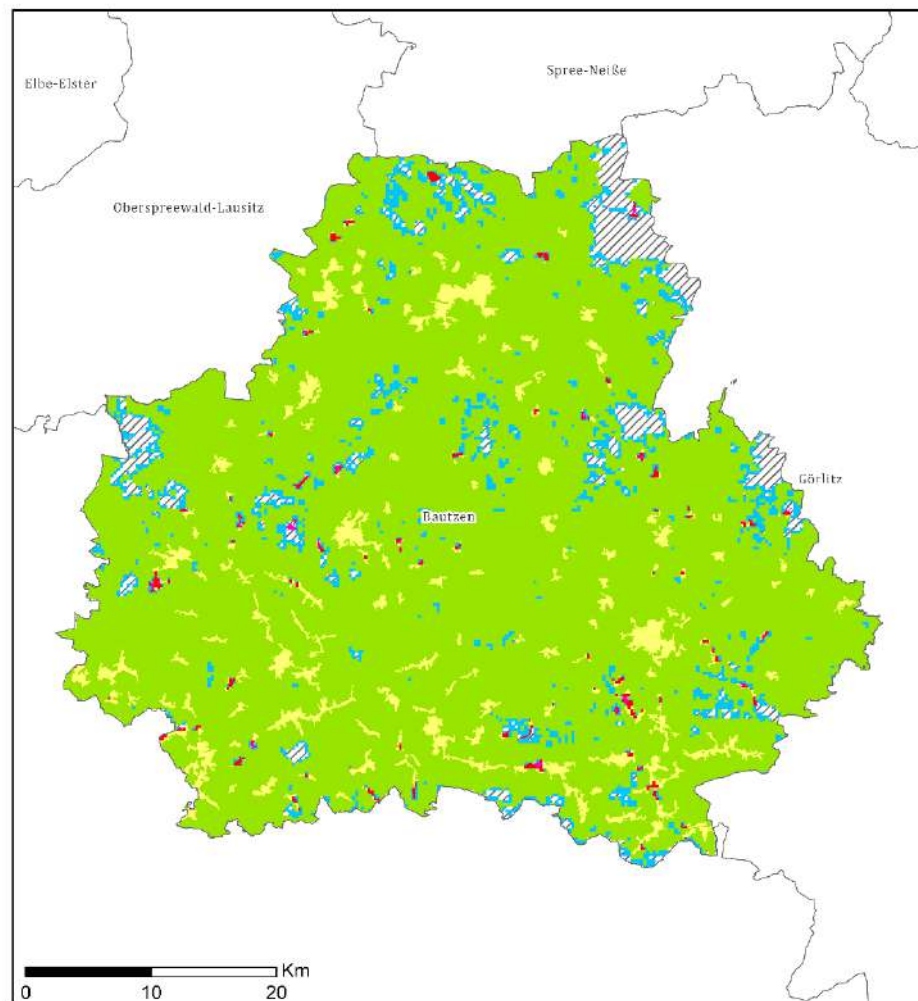
LTE Verfügbarkeit urbane und nichturbane Flächen

- versorgte nichturbane Flächen lt. zwei Quellen (MNO & BBA)
- versorgte urbane Flächen lt. zwei Quellen (MNO & BBA)
- unversorgte nichturbane Fläche lt. einer Quelle
- unversorgte urbane Fläche lt. einer Quelle
- unversorgte urbane Fläche lt. zwei Quellen (MNO & BBA)

TÜVRheinland[®]
Genau. Richtig.

Abbildung 5:
Ist-Analyse der LTE-Versorgung für Cottbus und Landkreis Spree-Neiße

IST-Analyse Landkreis Bautzen LTE-Verfügbarkeit



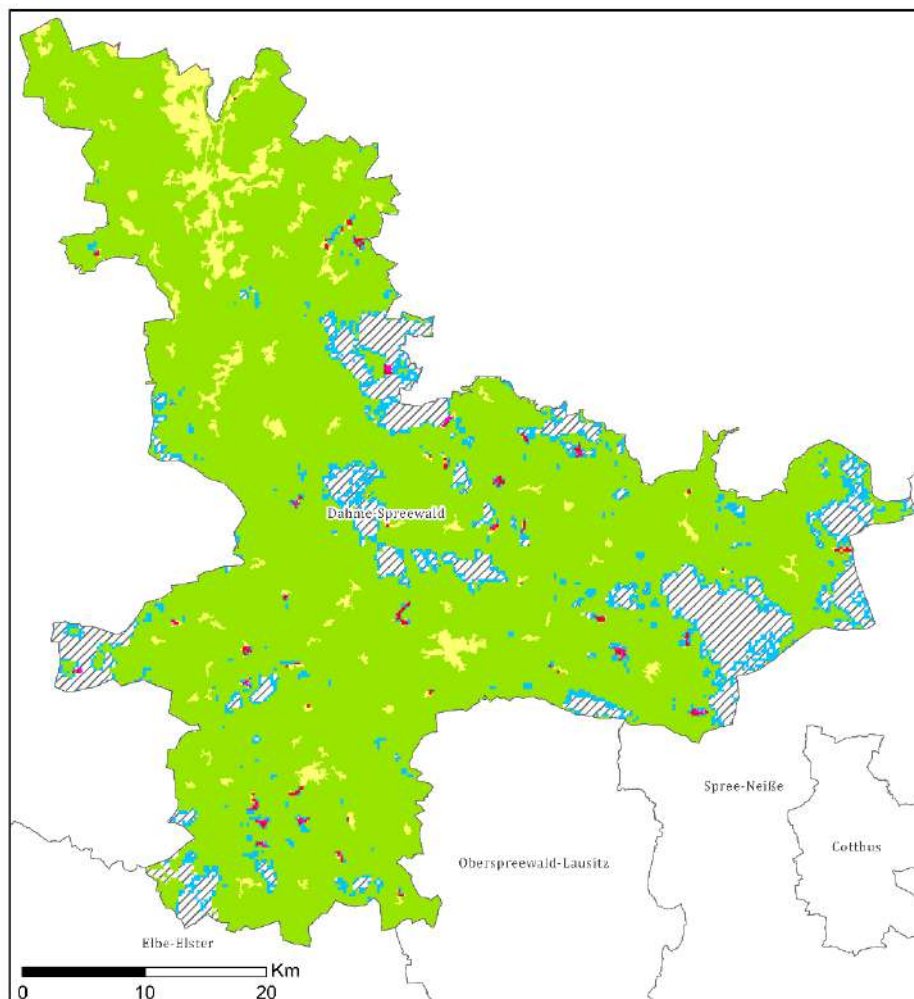
LTE Verfügbarkeit urbane und nichturbane Flächen

- versorgte nichturbane Flächen lt. zwei Quellen (MNO & BBA)
- versorgte urbane Flächen lt. zwei Quellen (MNO & BBA)
- unversorgte nichturbane Fläche lt. zwei Quellen (MNO & BBA)
- unversorgte urbane Fläche lt. einer Quelle
- unversorgte urbane Fläche lt. zwei Quellen (MNO & BBA)

 **TÜVRheinland®**
Genau. Richtig.

Abbildung 6:
Ist-Analyse der LTE-Versorgung für Landkreis Bautzen

IST-Analyse
Landkreis Dahme-Spreewald LTE-Verfügbarkeit



LTE Verfügbarkeit urbane und nichturbane Flächen

- versorgte nichturbane Flächen lt. zwei Quellen (MNO & BBA)
- versorgte urbane Flächen lt. zwei Quellen (MNO & BBA)
- unversorgte nichturbane Fläche lt. einer Quelle
- unversorgte nichturbane Fläche lt. zwei Quellen (MNO & BBA)
- unversorgte urbane Fläche lt. einer Quelle
- unversorgte urbane Fläche lt. zwei Quellen (MNO & BBA)

 **TÜVRheinland**[®]
Genau. Richtig.

Abbildung 7:
Ist-Analyse der LTE-Versorgung für Landkreis Dahme-Spreewald

IST-Analyse Landkreis Elbe-Elster LTE-Verfügbarkeit

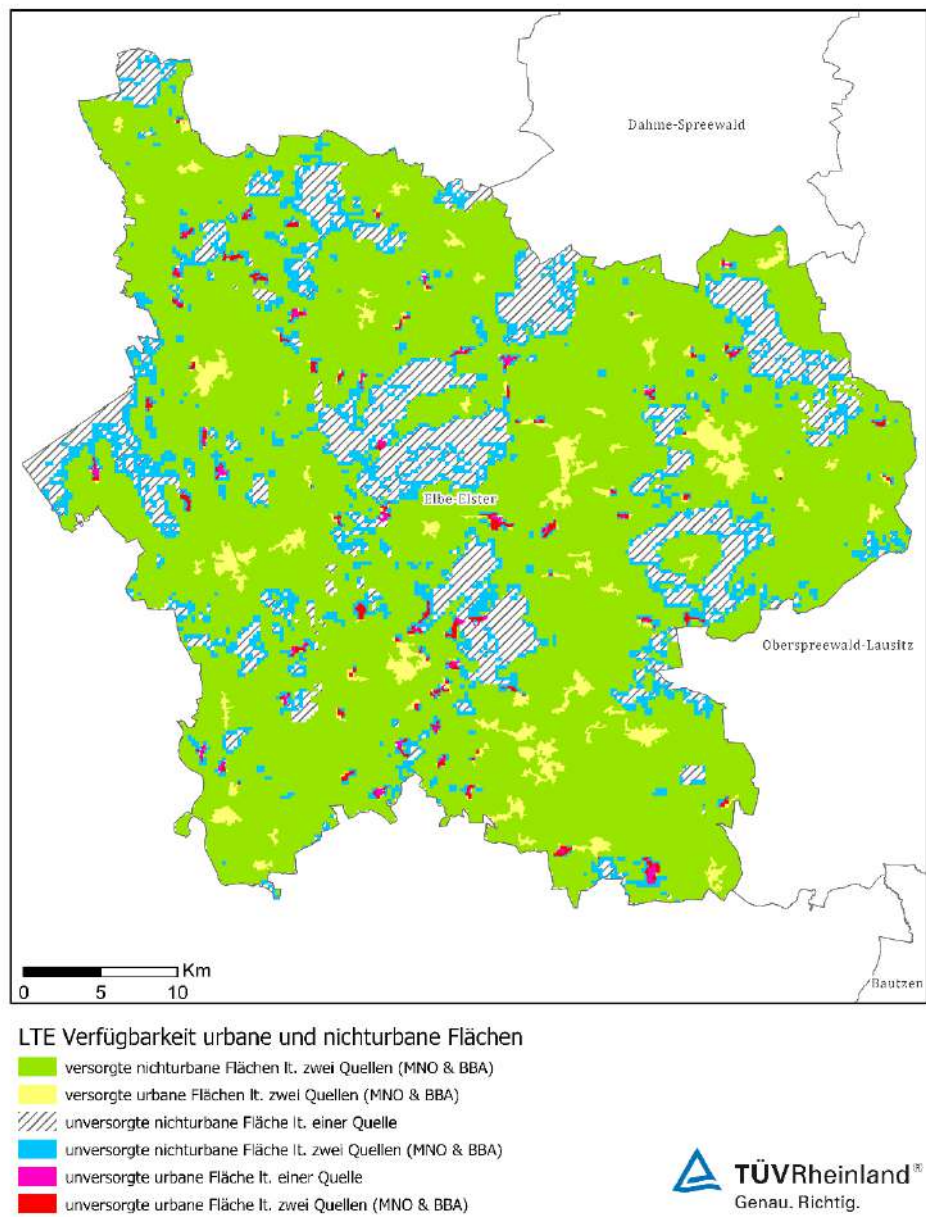
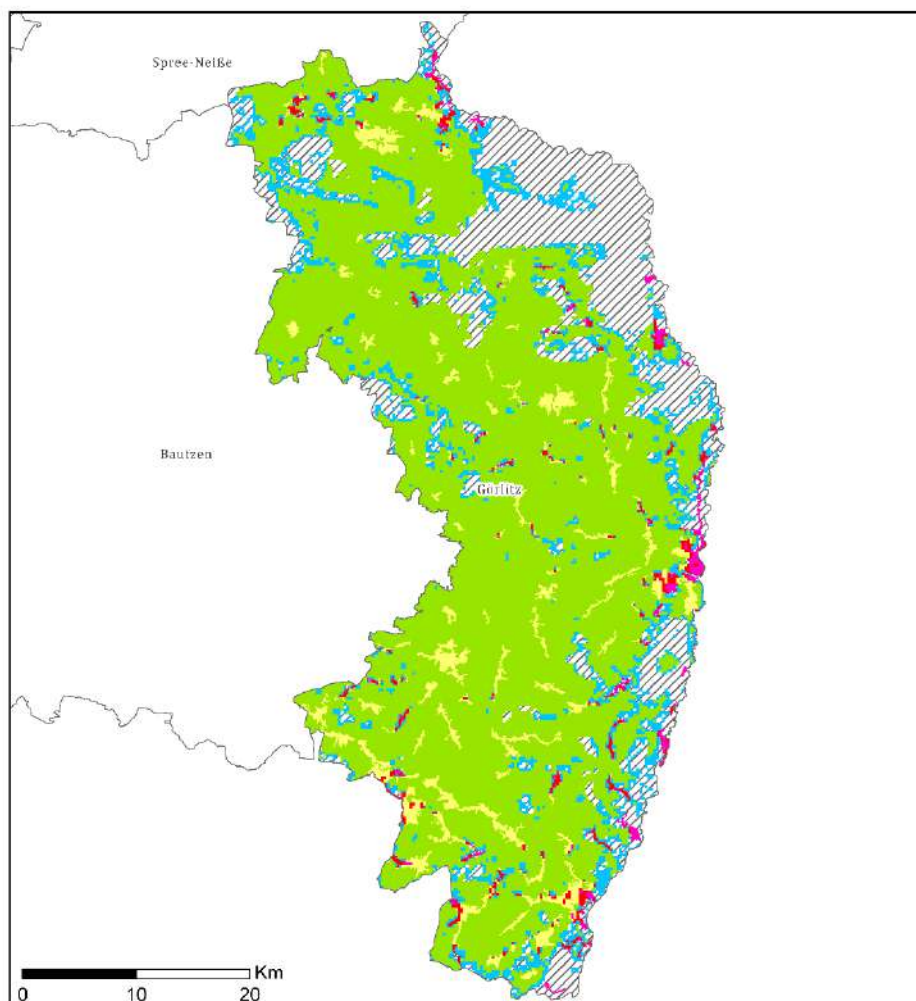


Abbildung 8:
Ist-Analyse der LTE-Versorgung für Landkreis Elbe-Elster

IST-Analyse Landkreis Görlitz LTE-Verfügbarkeit



LTE Verfügbarkeit urbane und nichturbane Flächen

- versorgte nichturbane Flächen lt. zwei Quellen (MNO & BBA)
- versorgte urbane Flächen lt. zwei Quellen (MNO & BBA)
- unversorgte nichturbane Fläche lt. zwei Quellen (MNO & BBA)
- unversorgte urbane Fläche lt. einer Quelle
- unversorgte urbane Fläche lt. zwei Quellen (MNO & BBA)

 **TÜVRheinland**[®]
Genau. Richtig.

Abbildung 9:
Ist-Analyse der LTE-Versorgung für Landkreis Görlitz

IST-Analyse
Landkreis Oberspreewald-Lausitz LTE-Verfügbarkeit

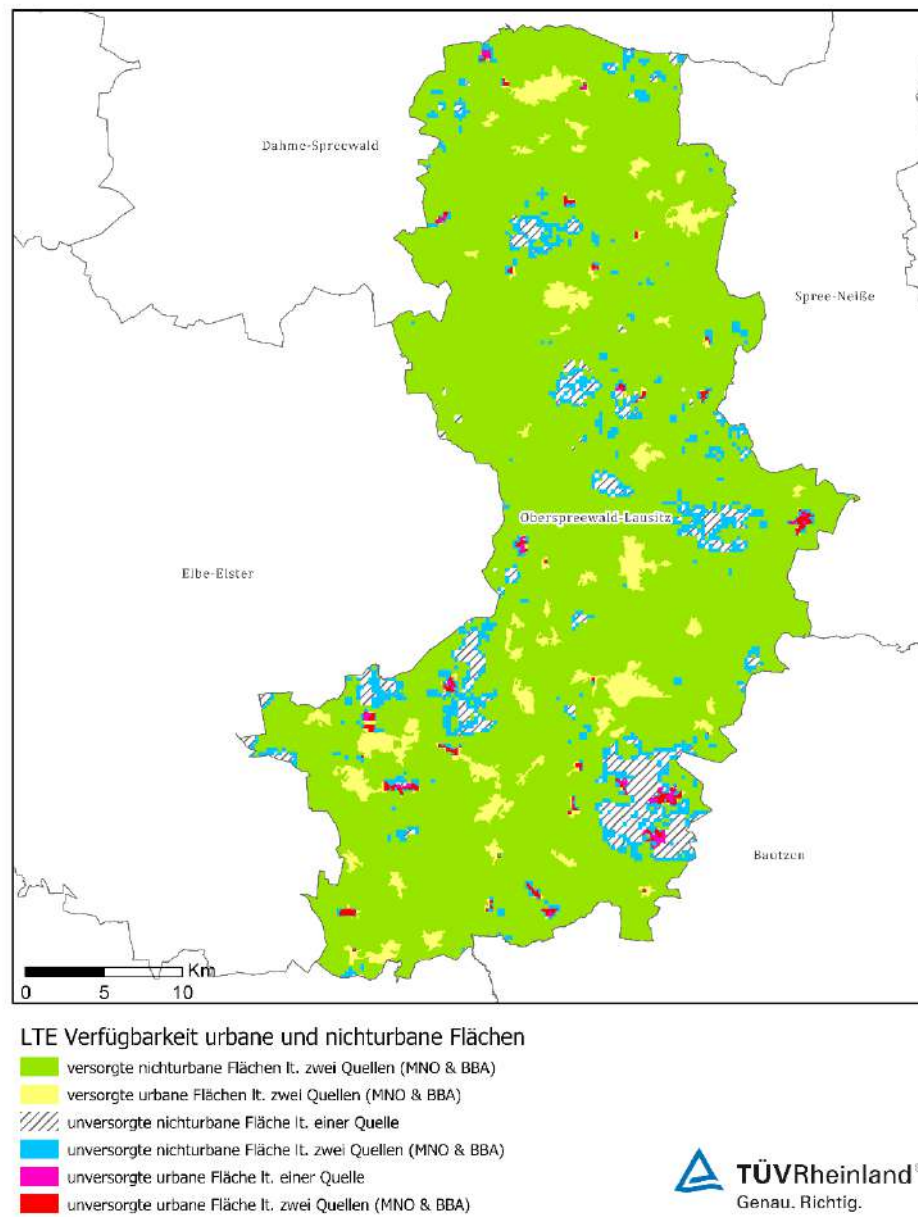


Abbildung 10:
 Ist-Analyse der LTE-Versorgung für Landkreis Oberspreewald-Lausitz

5 Analyse relevanter Akteure in Bezug auf potenzielle 5G-Projekte in der Lausitz

Für die Analyse möglicher Anwendungen und potenzieller Pilotprojekte für die 5G-Modellregion Lausitz war grundsätzlich davon auszugehen, dass die relevanten Akteure für diese Region vor allem aus den folgenden Bereichen kommen: den Lausitzer Gebietskörperschaften (Kommunen, Landkreise, Zweckverbände), den wissenschaftlichen Einrichtungen (Universitäten, Hochschulen, Institute) sowie aus der regionalen Industrie (Großbetriebe, kleine und mittlere Unternehmen, Handwerk). Dabei müssen die Akteure, insbesondere die wissenschaftlichen Einrichtungen nicht notwendigerweise auch direkt in der Lausitz angesiedelt sein. Wichtig sind vielmehr das Engagement sowie Projekte und Forschungsvorhaben, die im Bereich 5G auf dem Gebiet der Lausitz stattfinden. Dabei steht der direkte Nutzen für die Lausitz und den anstehenden Strukturwandel im Vordergrund.

5.1 Kooperationen als Schlüssel aller 5G-Aktivitäten

In der Zusammenarbeit der Akteure aus den Gebietskörperschaften, Forschungseinrichtungen und der Wirtschaft fließen verschiedene Wissensstränge und Erfahrungswerte zusammen (Abbildung 11).



Abbildung 11:
Kooperationsmodell

Diese Kooperationen an der Schnittstelle zwischen cross-funktionalem Know-how und Engagement sind besonders wichtig: Hier entstehen erfahrungsgemäß wirklich disruptive Ansätze und Ideen.

Für den 5G-Ausbau in der Lausitz sind darüber hinaus auch Projekte und Aktivitäten ausschlaggebend, die regional übergreifend agieren. So können vergleichbare Interessen und Anforderungen, z. B. mehrerer Gebietskörperschaften, gemeinschaftlich adressiert werden. In der Lausitz ist dieser Aspekt von besonderer Bedeutung, da sich die Region auf die Gebiete der Bundesländer Brandenburg und Sachsen erstreckt. Umso empfehlenswerter ist es, diese Form von Projekten und Aktivitäten besonders zu fördern.

Not-invented-here-Syndrom

Unter dem Begriff NIH-Syndrom werden Aversionen gegen fremde Ideen, Produkte und Lösungen zusammengefasst. Letztendlich führt NIH zur Nichtbeachtung von bereits existierendem Wissen und Erfahrungen durch Personen, Unternehmen oder Institutionen.

„Eine Idee, die nicht von mir ist, kann nicht gut sein.“

Durch einen erfolgreichen Austausch der Akteure über einen längeren Zeitraum wird die Bereitschaft gefördert, externes Wissen und bereits vorhandene Erfahrungen aus anderen Ländern, Kommunen u. Ä. zu teilen, zu akzeptieren und zu adaptieren.

Sich dieser Tatsachen bewusst zu sein und daraufhin Entscheidungen zu treffen, kann zu einer Hebung von bislang ungenutzten Potenzialen und Möglichkeiten führen.

Ziel zukünftiger Projekte muss es zudem immer sein, teilweise über Jahre angeeignete Verhaltensmuster und Einstellungen, nicht nur für Aktivitäten in der Lausitz, zu revidieren. Über den offenen Dialog mit der Öffentlichkeit in z. B. landkreis- oder gar bundeslandübergreifende Vorhaben können Einstellungen wie das „Not-invented-here-Syndrom“ (NIH-Syndrom) überwunden werden.

5.2 Online-Befragung der relevanten Akteure

Wie bereits deutlich wurde, sind die oben genannten Akteure für den 5G-Ausbau in der Lausitz und die Identifikation neuer innovativer Anwendungsszenarien und Geschäftsmodelle ausschlaggebend.

Daher hat TÜV Rheinland Consulting eine Analyse zur Identifikation relevanter Akteure sowie des notwendigen Handlungsbedarfs an den Ausgangspunkt dieser Analyse gestellt.

Methodisches Vorgehen der Befragung

Dazu wurde ein einseitiger Online-Fragebogen mit zehn Fragen entwickelt⁴³, der allen 177 Kommunen und den sechs Landkreisen der Lausitz zugeht.

Um den Teilnehmern eine möglichst schnelle Beantwortung des Fragebogens zu ermöglichen, wurde der Online-Fragebogen auf eine Seite ausgelegt.⁴⁴

Insgesamt hatte der Online-Fragebogen von TÜV Rheinland Consulting 86 Besucher, von denen 32 den Fragebogen final bearbeitet haben und damit entsprechende Rückläufer generierten.

⁴³ Siehe Anhang „Ergebnisse der Umfrage“

⁴⁴ Durch die Kürze des Fragebogens wurde dem begrenzten Zeitkontingent bei den Befragten Rechnung getragen. Hintergrund: Zeitgleich zu den Aktivitäten von TÜV Rheinland Consulting waren im Auftrag der Zukunftswerkstatt Lausitz zwei weitere Studien in Bearbeitung. Diese adressierten im Bereich der kommunalen Verwaltungen und Landkreise dieselben Akteure.

Ergebnisse der Online-Befragung

Die Befragten sehen in der neuen Mobilfunk- und Telekommunikationstechnologie für die Ansiedlungs- und Investitionsbereitschaft von Gewerbe und Industrie in der Region einen großen Standortvorteil – zwei Drittel (67 %) stimmen mit der Aussage überein, dass diese Technologien die Ansiedlungs- und Investitionsbereitschaft unterstützen (Abbildung 12).

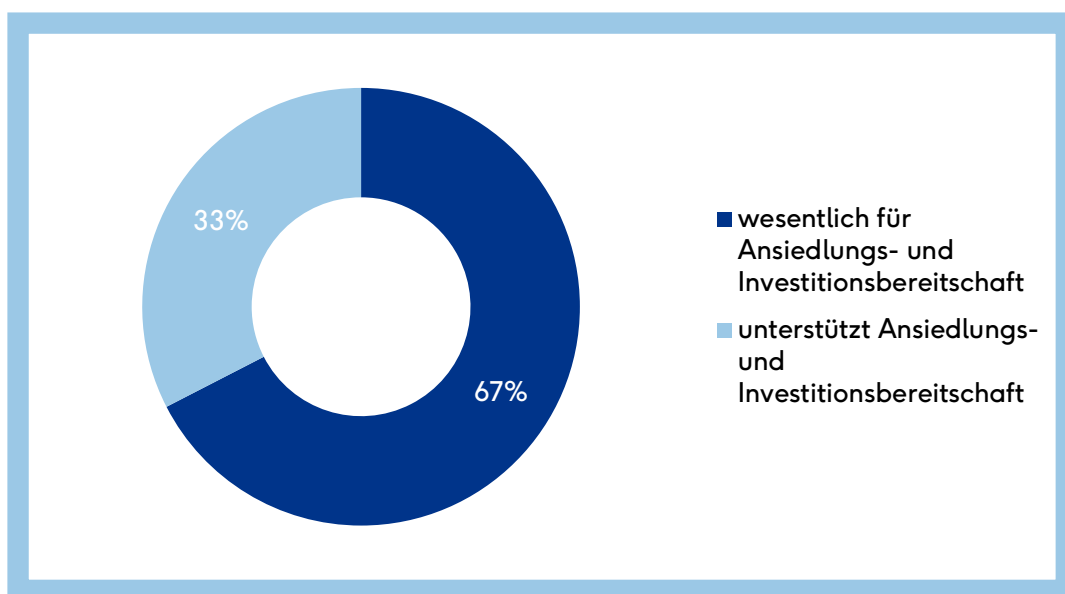


Abbildung 12:

Sind Sie der Meinung, dass die Verfügbarkeit neuester Mobilfunk- und Telekommunikationstechnologien die Ansiedlung von Gewerbe und Industrie befördert?

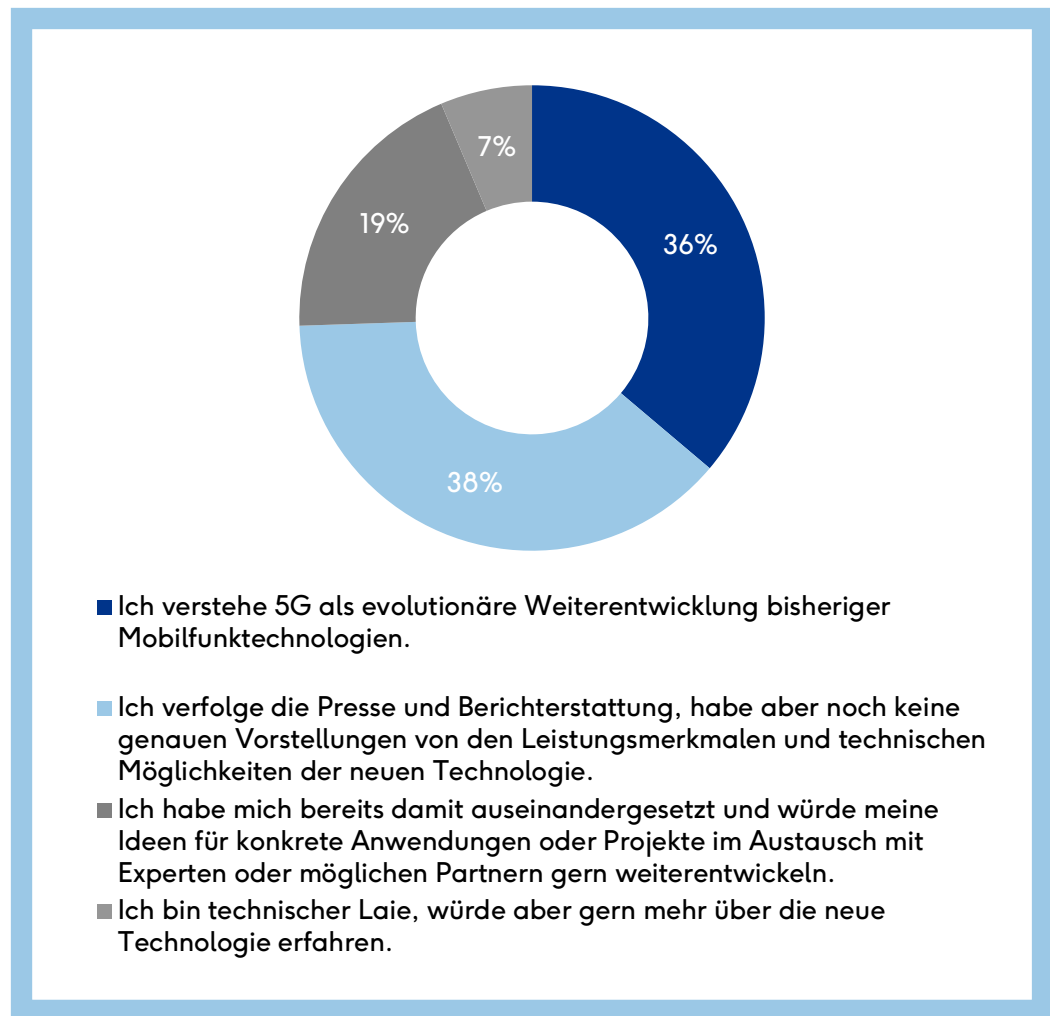


Abbildung 13:
Was haben Sie bislang über die neue Mobilfunktechnologie 5G erfahren?

Aus den Antworten lässt sich eine Notwendigkeit für die Verfügbarkeit konkreter Anwendungsszenarien erkennen. Obwohl fast 40 % der Befragten das Thema in der Presse verfolgen, haben sie nach eigener Aussage keine genaue Vorstellung über die Leistungsmerkmale und die technischen Möglichkeiten von 5G (Abbildung 13).

Zudem äußerte mehr als die Hälfte der Befragten (54%) ein Interesse an Informations- und Netzwerkveranstaltungen zum Thema 5G und Mobilfunk. Dabei besteht vor allem der Wunsch nach Informationsveranstaltungen, die allgemeinverständliche Aussagen rund um E-Mobilität, digitale Transformation und 5G-Mobilfunk geben (Abbildung 14).

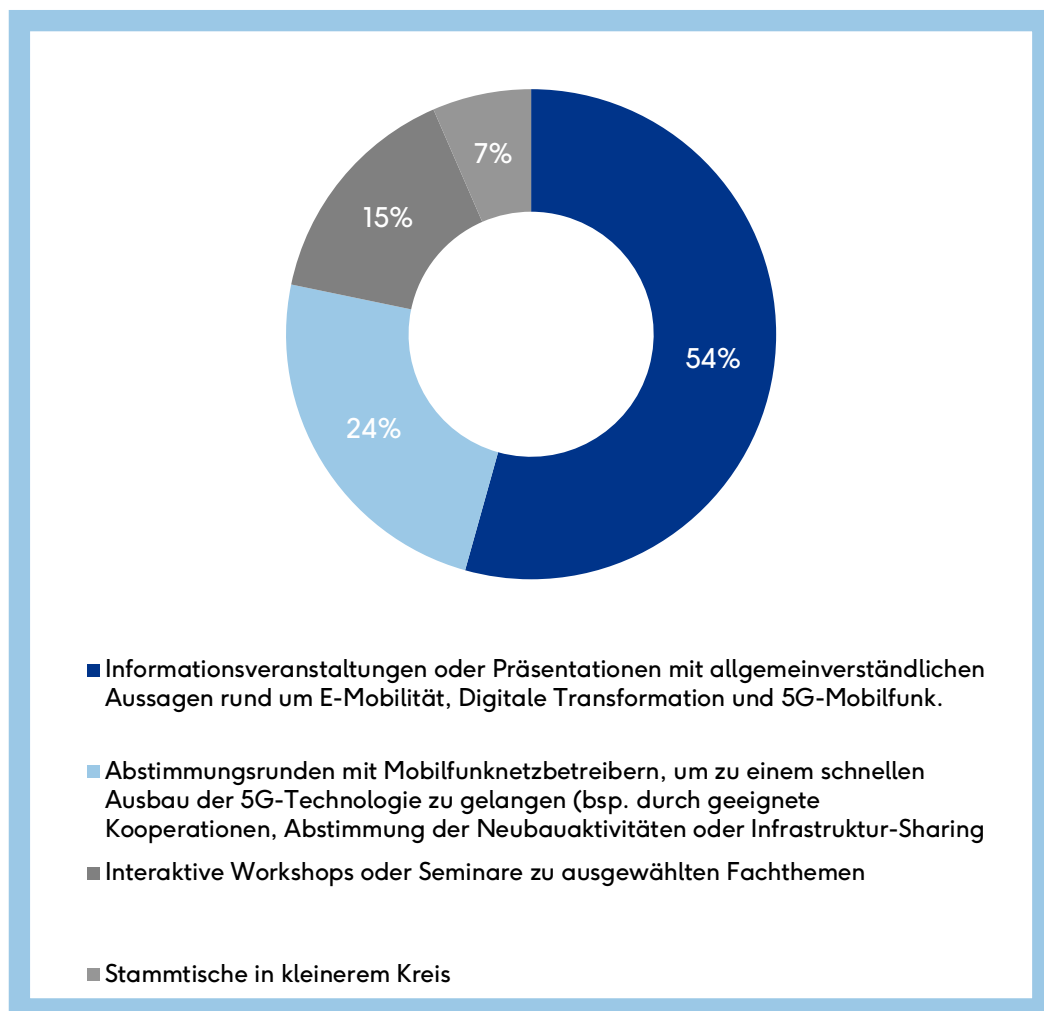


Abbildung 14:
Welche Formate würden Sie bevorzugen?

Genannte 5G-Aktivitäten in der Lausitz: 5G Lab Germany und 5G-Campusnetze

Im Fragebogen wurden auch bereits bekannte 5G-Aktivitäten in der Lausitz abgefragt. Nur vier der Befragten gaben an, 5G-Projekte und Aktivitäten in der Lausitz zu kennen.

Dabei wurden ausschließlich das geplante „5G Lab Germany Forschungsfeld Lausitz (5G-FOLA)“⁴⁵ in Hoyerswerda/Welzow und die Thematik der lokalen 5G-Netze („5G-Campusnetze“) genannt.

Das 5G Lab Germany bringt in einem interdisziplinären Team 22 Professoren und 600 Mitarbeiter aus unterschiedlichen Forschungsrichtungen zusammen. Das Ziel des 5G Lab ist die Erforschung und Bereitstellung von Schlüsseltechnologien für den kommenden Standard – auf Basis einer ganzheitlichen Betrachtung der Herausforderungen.

Das 5G Lab Germany wird dabei durch mehr als 50 Partner, u. a. durch Vodafone und die Deutsche Telekom, unterstützt und gilt als weltweit führende Einrichtung bei der Entwicklung des 5G-Mobilfunkstandards.

Für die im Rahmen dieser Analyse stattfindenden Fachworkshops konnte TÜV Rheinland Consulting sowohl den Inhaber des Telekom-Lehrstuhls, Prof. Frank Fitzek, als auch den Geschäftsführer des 5G Lab Germany und Arbeitsgruppenleiter am Vodafone-Lehrstuhl, Dr. Norman Franchi, als Referenten und Diskussionspartner gewinnen (s. Anhang 10.3.).

Die Einbindung dieser maßgeblichen Akteure für 5G-Projekte in der Lausitz war ein großer Mehrwert für die Workshops: So waren der direkte Austausch und die Diskussion mit den anwesenden Teilnehmern möglich. Projekte und Wissen wurden geteilt und mit einem breiteren Publikum aus Vertretern aus Gebietskörperschaften, wissenschaftlichen Einrichtungen sowie der regionalen Industrie diskutiert.

⁴⁵ <https://tu-dresden.de/tu-dresden/newsportal/news/7-mio-euro-fuer-5g-lab-germany-der-tu-dresden> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

5.3 Austausch mit Akteuren in der Lausitz

Parallel zur Online-Analyse fanden in allen sechs Landkreisen der Lausitz sowie der kreisfreien Stadt Cottbus Kick-off-Veranstaltungen statt. Die Veranstaltungen verfolgten jeweils zwei wichtige Ziele:

1. Bericht über die Aufgabenstellung und den Inhalt der geplanten Studie an alle anwesenden Stakeholder
2. Abfrage der bereits aktiven Akteure im Bereich 5G und der bekannten 5G-Projekte in der Lausitz aus Sicht der Vertreter der Landkreise, Kommunen und der Wirtschaftsförderungen

In Ergänzung hierzu fand seit Projektbeginn ein regelmäßiger Austausch zwischen TÜV Rheinland Consulting und der Zukunftswerkstatt Lausitz einerseits und den Wirtschaftsministerien und Staatskanzleien der Bundesländer Brandenburg und Sachsen andererseits statt.

Durch diese Gespräche konnten weitere Akteure identifiziert und persönlich kontaktiert werden, die bereits in der Lausitz im Bereich 5G aktiv sind. Umgekehrt ergaben sich aus diesen Recherchearbeiten weitere Kontakte, die ihrerseits proaktiv auf TÜV Rheinland Consulting als Auftragnehmer der vorliegenden Studie zukamen. Eine Übersicht aller Akteure, die im Rahmen der vorliegenden Studie kontaktiert wurden, ist diesem Kapitel am Ende beigelegt.

Diese Art der proaktiven Kontaktaufnahme wurde durch die Auftaktveranstaltung Zukunftswerkstatt Lausitz am 5. Juni 2019 zum offiziellen Projektstart gefördert.

Zu der Veranstaltung auf den IBA-Terrassen in Großräschen wurden folgende Vertreter eingeladen:

- wissenschaftliche Einrichtungen und Institute,
- die regionale Industrie sowie
- Vertreter aus der Landespolitik und den Gebietskörperschaften.

Schwerpunkte der Gespräche

Ähnlich wie bei der Online-Befragung wurden im Rahmen dieser Gespräche und Veranstaltungen 5G-basierte Anwendungsszenarien („Use Cases“) häufig diskutiert.

Die regionale Wirtschaft und die Forschungseinrichtungen sehen die vom Regulierer geschaffene Möglichkeit zur Errichtung von 5G-Campusnetzen als wesentlichen Treiber des weiteren 5G-Ausbaus und als technische Voraussetzung für die Umsetzung verschiedener Anwendungsszenarien.

Die Motive dafür liegen auf der Hand:

- Der Ausbau von lokalen 5G-Netzen ist von dem der etablierten Mobilfunknetzbetreiber zeitlich entkoppelt. Somit kann es zu einem potenziell schnelleren Aufbau einer lokalen 5G-Versorgung in Eigenverantwortung kommen.

- Die Hoheit über die Kundendaten liegt beim Betreiber eines lokalen 5G-Netzes.
- Neue Features und Leistungsmerkmale können prinzipiell schneller implementiert werden. Das liegt vor allem daran, dass die umfangreichen Acceptance- und Approval-Aktivitäten, die für öffentliche Netze notwendig sind, entfallen. Somit entsteht ein größeres Potenzial für beschleunigte Innovationen.

Dennoch ist anzumerken, dass der Aufwand und die Konsequenzen, die sich aus der Planung, dem Aufbau und Betreiben eines 5G-Campusnetzes ergeben, nicht jedem Interessenten in vollem Umfang bewusst bzw. transparent sind. Abgesehen vom administrativen Aufwand, auf den im Kapitel 8 zur „Analyse rechtlicher Rahmenbedingungen“ noch ausführlich eingegangen wird, sind auch umfangreiche technische Voraussetzungen zu klären, um ein 5G-Campusnetz mit der geforderten Qualität und Verfügbarkeit eines öffentlichen Mobilfunknetzes zu betreiben. In der Regel bedarf es dazu fachkundiger Partner, die die Errichtung und den Betrieb eines 5G-Campusnetzes zumindest während einer initialen Phase mit Expertise begleiten. Ob das Betreiben eines Campusnetzes oder die Nutzung von Network Slices eines Mobilfunknetzbetreibers (MNO) die technisch und kostengünstig sinnvollere Vorgehensweise ist, muss immer von Fall zu Fall betrachtet und abgewogen werden.

Übersicht der kontaktierten Stakeholder

Wissenschaftliche Einrichtungen und Forschungsinstitute

Institution	Name	Funktion und Kompetenzen
Carl-Thiem-Klinikum Cottbus	Sebastian Scholl, Direktor Finanzen, IT & Digitalisierung	Kaufmännischer Direktor des Carl-Thiem-Klinikums
TU Dresden	Prof. Gerhard Fettweis, Vodafone-Lehrstuhl	Vodafone Stiftungslehrstuhl für Mobile Nachrichtensysteme und Koordinator 5G Lab Germany
TU Dresden	Prof. Frank Fitzek, Telekom-Lehrstuhl	Telekom-Lehrstuhl für Kommunikationsnetze und Koordinator 5G Lab Germany
TU Dresden	Dr. Steffen Kutter, Lehrstuhl Fahrzeugmechatronik	Arbeitsgruppenleiter am Lehrstuhl Fahrzeugmechatronik von Prof. Bäker
Barkhausen-Institut Dresden	Dr. Tim Hentschel, Geschäftsführer	Gründer des Start-ups Signalion, jetzt National Instruments
5G Lab Germany (Standort Dresden)	Dr. Norman Franchi, Geschäftsführer 5G Lab Germany	Arbeitsgruppenleiter am Vodafone Stiftungslehrstuhl und Geschäftsführer 5G Lab Germany
BTU Cottbus/Senftenberg	Prof. Uwe Meinberg	Inhaber des Lehrstuhls für Industrielle Informationstechnik an der BTU Cottbus und Vorstandsvorsitzender CURPAS e. V.
Hochschule Zittau/Görlitz	Prof. Jörg Lässig	Hochschule Görlitz/Zittau, Berufungsgebiet "Entwicklung von Unternehmensanwendungen"
IHP – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder)	Prof. Rolf Kraemer Prof. Eckhard Grass	IHP – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik
ATB – Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie	Prof. Reiner Brunsch Prof. Cornelia Weltzien	ATB – Leibniz Institut für Agrartechnik und Bioökonomie Abteilungsleiterin für Technik im Pflanzenbau
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ Potsdam	Dr. Jörn Krupa Dr. Mathias Zöllner	Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ Potsdam
Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	Dr. Silvia Vock Björn Kasper	Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Industrie

Unternehmen	Name	Funktion und Kompetenzen
BASF Schwarzheide	Dr. Evelina Koycheva	Standortentwickler bzw. Senior Expert Site Marketing
BASF Schwarzheide	Marco Maser	Standortentwickler bzw. Senior Expert Site Marketing
BASF Schwarzheide	Andreas Seide	Standortentwickler bzw. Senior Expert Site Marketing
TÜV Rheinland Akademie Lauchhammer	TÜV Rheinland Akademie Lauchhammer	Rainer Erbisch
IHK Cottbus	Jens Krause	Stellv. Geschäftsstellenleiter der IHK Cottbus
Siemens Görlitz	Christoph Scholze	Sales & Customer Operations
Innovationsregion Lausitz	Dr. Hans-Rüdiger Lange	Geschäftsführer der Innovationsregion Lausitz
Lausitzring DEKRA	Volker Noeske Uwe Burckhardt	Geschäftsführer Bereichsleiter
BAB gGmbH	Hubertus von Manstein	Siemens-Manager mit Zweitwohnsitz in Schlabendorf bei Luckau
Nokia	Uwe Mahn	Siemens-Spezialist für Mobilfunk-Systemtechnik
LEAG	Frank Mehlow	Leiter Energiewirtschaft der LEAG

Politik und Gebietskörperschaften

Institution	Name	Funktion und Kompetenzen
Wirtschaftsministerium Brandenburg	Stephan Worch Dr. Frank Lochter	MWE Land Brandenburg Referat 23
Landwirtschaftsministerium Brandenburg	Lutz Kolbmüller	MLUL Land Brandenburg Abteilung 3
Wirtschaftsministerium Sachsen	Dr. Jens Albrecht	SMWA, Abteilungsleiter
Staatskanzlei Sachsen	Dr. Sebastian Lindner	Staatskanzlei Sachsen, Leiter AG Smart Systems Hub
Staatskanzlei Sachsen	Dr. Stephan Rohde	Staatskanzlei Sachsen, Abteilungsleiter und Revierbeauftragter
Stadt Luckau	Gerald Lehmann	Bürgermeister
Wirtschaftsförderung LDS	Gerhard Janßen	Geschäftsführer
LK Görlitz	Dominik Rein	Technischer Referent im Landratsamt Görlitz, Dezernat III
LK LDS	Heike Zettwitz	Beigeordnete und Dezernentin für Verkehr, Bauwesen und Umwelt
Welzow	Birgit Zuchold	Bürgermeisterin
Wirtschaftsförderung LK Görlitz	Sven Mimus	Geschäftsführer
WFBB Brandenburg in Potsdam	Peter Effenberger Jan Marquardt	Bereichsleiter Investition & Innovation Projektmanager Cluster ITK
Europastadt GörlitzZgorzelec GmbH	Andrea Behr	Geschäftsführerin/Managing Director Europastadt GörlitzZgorzelec GmbH für Wirtschaftsentwicklung, Stadtmarketing, Tourismus
Landes-SPD Sachsen	Thomas Jurk	MdB

6 Szenario- und Umsetzungsanalyse

6.1 Einführung

Der erfolgreiche Auf- und Ausbau einer leistungsfähigen Telekommunikationsinfrastruktur in der Lausitz basiert auf zwei fundamentalen Schritten:

1. die Forcierung des Netzausbaus und
2. die Schaffung einer nahezu flächendeckenden 4G-Grundversorgung.

Diese Schritte bilden auch die wesentliche Basis für den 5G-Rollout. Zurzeit ist der 5G-Rollout nur als „Non-Standalone“-Variante (s. dazu Kapitel 2 Technische Grundlagen von 5G) möglich.

Die Spezifikationen für den Ausbau von 5G-Standorten in der „Standalone“-Variante werden, nach derzeitigem Stand, mit dem 3GPP-Release 17⁴⁶ Ende 2021 veröffentlicht. Daher ist frühestens 2022 mit einem signifikanten Rollout von „Standalone-Netzkomponenten“ zu rechnen. Deshalb muss für die nächsten zwei bis drei Jahre der flächendeckende Aufbau einer 4G-Netzabdeckung als Grundlage für den 5G-Rollout mitgedacht werden.

Die Ist-Analyse und die vorangegangenen Ausführungen zeigen, dass die Lausitz zurzeit nur eine eingeschränkte Telekommunikationsinfrastruktur aufweist. Kumuliert über alle Provider, verfügten im September 2019 lediglich 80 % aller Einwohner in der Lausitz über einen Zugang zum 4G-Mobilfunk⁴⁷. Dem stehen die Angaben der Mobilfunknetzbetreiber für die 4G-Netzabdeckung auf Bundesebene gegenüber ⁴⁸:

- Deutsche Telekom: 98 % Netzabdeckung aller Haushalte
- Vodafone: 98 % Netzabdeckung aller Haushalte
- Telefónica: 84 % Netzabdeckung aller Haushalte

Jeder Mobilfunknetzbetreiber für sich weist also im Bundesdurchschnitt eine höhere LTE-Versorgung auf, als die Summe aller 4G-Netze für die Lausitz. Diese Zahlen führen zu der Einschätzung, dass die Lausitz als unterdurchschnittlich versorgt gilt.

⁴⁶ <https://www.3gpp.org/release-17> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁴⁷ Diese Annahme basiert auf der kumulierten LTE-Versorgung über alle Betreiber öffentlicher Mobilfunknetze, d. h. Deutsche Telekom, Vodafone und Telefónica

⁴⁸ https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/telefonica-hinkt-beim-lte-ausbau-hinterher-16574724.html?xing_share=news&GEPC=s5 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

6.2 Derzeitige Verfügbarkeit von Mobilfunkstandorten und Glasfaseranschlüssen in der Lausitz

Ziel dieser Studie ist u. a. die Identifizierung von bereits mit Glasfaser erschlossenen sowie vergleichsweise einfach zu erschließenden Mobilfunkstandorten. Als „einfach“ zu erschließende Standorte gelten jene, in deren 200-Meter-Umkreis eine Glasfasertrasse verläuft.

Für die Analyse werden aus dem Infrastrukturatlas der BNetzA⁴⁹ die Standortinformationen der Mobilfunkanlagen sowie die Trassenverläufe von Glasfaserleitungen herangezogen. Darüber hinaus wurden die georeferenzierten Standortdaten der ATC Germany Holdings GmbH⁵⁰ (ATC) genutzt.

Im Untersuchungsgebiet sind laut Infrastrukturatlas der BNetzA und ATC insgesamt 1033 Mobilfunkstandorte in der Lausitz verortet. Davon liegen 714 Standorte (69 %) innerhalb eines Radius von 200 m entlang einer Glasfasertrasse. Auf Basis der vorliegenden Daten gelten diese Standorte als potenziell an Glasfaser angeschlossen bzw. vergleichsweise einfach erschließbar. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass 319 Standorte (31 %) potenziell nicht mit Glasfaser erschlossen sind. Die kreisfreie Stadt Cottbus verfügt innerhalb der Lausitz über den höchsten Anteil an mit Glasfaser erschlossenen Mobilfunkstandorten (84 %). Die geringste Erschließungsquote weist der Landkreis Spree-Neiße mit etwa 56 % auf (Tabelle 3).

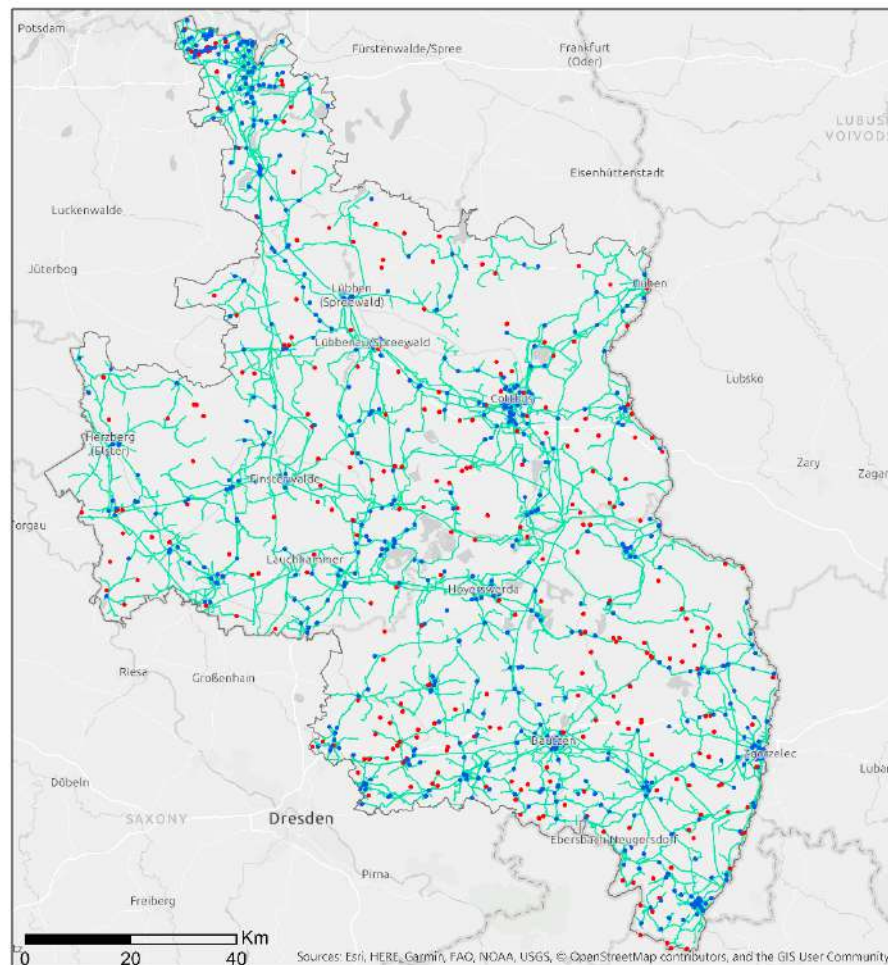
Landkreis	Anzahl Mobilfunkstandorte mit Glasfaser erschlossen ja / nein			Anteil je Landkreis	
	ja	nein	Summe	ja (%)	nein (%)
Kreisfreie Stadt Cottbus	43	8	51	84,31	15,69
Bautzen	156	70	226	69,03	30,97
Dahme-Spreewald	184	62	246	74,80	25,20
Elbe-Elster	57	35	92	61,96	38,04
Görlitz	153	74	227	67,40	32,60
Oberspreewald-Lausitz	66	26	92	71,74	28,26
Spree-Neiße	55	44	99	55,56	44,44
Summe	714	319	1033	69,12	30,88

Tabelle 3:
Mobilfunkstandorte in der Lausitz je Landkreis mit Glasfaseranbindung

⁴⁹ BNetzA (2019): Infrastrukturatlas, Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 30. September 2019

⁵⁰ Geo-Datensatz ATC Germany Holdings GmbH (2019)

Mobilfunkstandorte - Glasfaseranschluss



Legende

Mobilfunkstandorte - Glasfaseranschluss

- Innerhalb von 200m zur nächsten Glasfasertrasse
- Mehr als 200m zur nächsten Glasfasertrasse
- Glasfasertrassen (ISA)
- Gebietsgrenzen



Abbildung 15:
Darstellung der Mobilfunkstandorte und Glasfaseranbindung in der Lausitz

Die öffentlichen Mobilfunknetze der Deutschen Telekom, Vodafone und Telefónica in der Lausitz weisen, wie bereits erwähnt, gegenüber dem Bundesdurchschnitt eine deutlich geringere Standortanzahl auf – somit liegt in der Lausitz nur eine eingeschränkte Mobilfunkversorgung vor (Abbildung 15).

Die im Februar 2019 veröffentlichte „Zweite Analyse der Mobilfunksituation im Landkreis Görlitz“⁵¹ des Amts für Kreisentwicklung im Landkreis Görlitz, kommt zu einem vergleichbaren Ergebnis. Darin heißt es: „[...], jedoch muss nach aktuellen Einschätzungen mit mindestens 2 Masten pro km² kalkuliert werden.“

⁵¹ https://media.lk-goerlitz.active-city.net/downloads/planung/abschlussbericht_mobilfunksituation_2018.pdf
(letzter Zugriff: 17.02.2020)

Auf Grundlage dieser Annahme müssten allein für den Landkreis Görlitz über 4000 zusätzliche Mobilfunkstandorte errichtet werden.

Die Daten der GIS-Analyse von TÜV Rheinland Consulting gehen von einer wesentlich geringeren Zahl von neu zu errichtenden Standorten in Görlitz aus. Dies hat nachfolgenden Hintergrund:

Im urbanen Gebiet erfordern Hotspots, wie öffentliche Plätze, belebte Straßenkreuzungen, Stadien, Messen usw. zur Schaffung einer hohen Netzkapazität in der Tat eine hohe Standortdichte.

Allerdings gelten für den ländlichen Raum andere Prämissen, um eine nahezu flächendeckende Mobilfunkversorgung zu gewährleisten. Die Mobilfunknetzbetreiber streben schon mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit bei geringeren Einwohnerdichten – wie im ländlichen Raum – Zellradien von mehreren Kilometern an.

Das ist durch die Nutzung von Frequenzen unterhalb 1 GHz, gegebenenfalls in Kombination mit adaptiven Antennentechnologien, technisch möglich. Bei einem angenommenen Zellradius von 2 km im ländlichen Raum würde ein Mobilfunkstandort damit eine Fläche von 10 bis 12 km² versorgen. Die nachfolgende Szenarioanalyse (s. Abschnitt 6.2.) setzt auf genau dieser Annahme auf.

6.3 Szenario- und Umsetzungsanalyse: Annahmen

Verschiedene Mobilfunkfrequenzen und unterschiedliche Reichweiten

Die Szenarioanalyse wurde unter der Berücksichtigung verschiedener Mobilfunkfrequenzen und deren unterschiedlicher Reichweite (vergleiche auch Abbildung 4 „Reichweite in Abhängigkeit von der Frequenz“) durchgeführt. Dies hat folgenden Hintergrund: 94 % der Fläche der Lausitz sind dem ländlichen Raum zuzurechnen, wobei nur etwa 6 % der Fläche der Lausitz urban oder suburban geprägt sind.

Dabei liegt der Analyse die Annahme zugrunde, dass im ländlichen Raum Mobilfunkstandorte im Frequenzbereich unterhalb 1 GHz und in urbanen bzw. suburbanen Gebieten Frequenzen oberhalb 1 GHz betrieben werden (Tabelle 4).

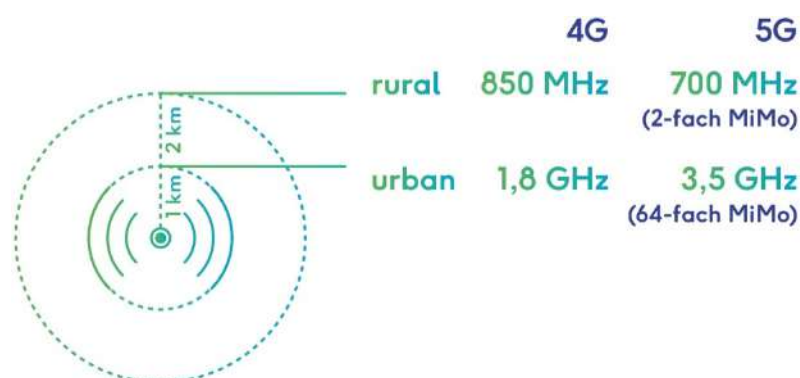


Tabelle 4:
Typische Zellradien in öffentlichen Mobilfunknetzen als Funktion der Frequenz

Verschiedene Mobilfunkfrequenzen für unterschiedliche Anwendungsszenarien im urbanen und ländlichen Raum

Mit Bezug auf die unterschiedlichen Bedarfe im Mobilfunkausbau im ländlichen und im urbanen Raum stellte Anja Karliczek, Bundesministerin für Bildung und Forschung, im November 2018 eine häufig diskutierte These in den Raum: „5G ist nicht an jeder Milchkanne notwendig.“

Es ist unstrittig, dass gerade der ländliche Raum durch die 5G-Einführung maßgeblich profitieren wird. Anwendungen der künstlichen Intelligenz wie „Smart Farming“ oder die umfassende Sensorvernetzung sind ohne 5G nicht denkbar. Dies ist gerade für die Lausitz mit einem überproportionalen Anteil eher ländlich geprägter Siedlungsflächen von hoher Relevanz.

Ferner gilt, dass überall, wo Menschen wirken, kommunizieren und mobil sind, auch ein Netz verfügbar sein muss. Beim Ausbau in Richtung uneingeschränkter und flächendeckender Netzversorgung muss aber immer auch die Wirtschaftlichkeit des Standortausbaus geprüft werden. Schlussendlich ist ein Ausbau nicht auf jeder Brachfläche oder in jedem Waldabschnitt sinnvoll. Sich dies stets bewusst zu machen, kann helfen, den flächendeckenden 4G-/5G-Ausbau effizient und in seiner Gesamtheit wirtschaftlich zu gestalten.

Weitere Basisannahmen, die der Szenarioanalyse zugrunde liegen:

- Vorgabe der BNetzA laut Mobilfunkpakt: 99 % Population-Coverage bis 31.12.2021 pro Bundesland. Die Annahme ist, dass diese Zahl ebenfalls für die Lausitz gilt, da es sich hier um bundeslandübergreifende Zahlen handelt.
- Neue Standorte werden vorerst immer mit 4G-/5G-Technologie ausgestattet („Non-Standalone-Approach“).
- Genutzte 4G-Frequenz für Flächenausbau: 800 MHz aufgrund der besseren Freiraumausbreitung im vorwiegend ländlichen Raum
- Genutzte 5G-Frequenz für Flächenausbau: 700 MHz aufgrund der besseren Freiraumausbreitung im vorwiegend ländlichen Raum
- Beitrag eventuell vorhandener Campusnetze zur Flächenversorgung bleibt (da nichtöffentlich) unberücksichtigt.
- 50 % aller neuen 4G-Mobilfunkstandorte werden auf bereits vorhandenen 2G-/3G-Mobilfunkstandorten durch Nachrüstung installiert.
- 50 % aller 4G-Standorte basieren auf dem Aufbau einer komplett neuen Infrastruktur (inklusive Mast).

6.4 Szenario- und Umsetzungsanalyse: Ergebnisse der Berechnungen

Aufsetzend auf der Darstellung in Kapitel 4 (Ist-Analyse) wurde die GIS-Modellierung durch TÜV Rheinland Consulting unter Berücksichtigung der oben genannten Basisannahmen vorgenommen. Demnach sind für die Schaffung einer 99%igen 4G-Versorgung für alle Haushalte in der Lausitz

- **180 zusätzliche 4G-Standorte im ländlichen Gebiet und**
- **240 zusätzliche 4G-Standorte im urbanen Gebiet**

erforderlich. Anders formuliert: mit 420 zusätzlichen 4G-Standorten wäre es möglich, die Lausitz nahezu flächendeckend mit LTE zu versorgen.

Vergleich mit Angaben der Mobilfunknetzbetreiber im Mobilfunkpakt

Interessant ist der Vergleich der Ergebnisse der GIS-Analyse, die TÜV Rheinland Consulting im Rahmen dieser Studie durchgeführt hat, mit den 4G-Standortzahlen, zu denen sich die Mobilfunknetzbetreiber laut Mobilfunkpakt vom September 2019 verpflichtet haben⁵². Im Mobilfunkpakt wurde folgendes festgehalten:

Ziel ist es, durch die Errichtung von neuen Mobilfunkstandorten (unter Einhaltung der gegenüber einzelnen Ländern gemachten Zusagen)

- **bis 31.12.2020: 99 % der Haushalte bundesweit**
- **bis 31.12.2021: 99 % der Haushalte in jedem Bundesland**

zu versorgen.

Bis 2021 errichten die Mobilfunknetzbetreiber jenseits der geltenden Versorgungsaufgaben mindestens:

- **100 neue 4G-Standorte** an bislang unversorgten Verkehrs-Hotspots,
- werden die Mobilfunknetzbetreiber im Rahmen der oben beschriebenen Ziele mindestens **1000 neue 4G-Standorte** in den weißen Flecken aufbauen bzw. aufrüsten,
- werden die Mobilfunknetzbetreiber darüber hinaus jenseits der weißen Flecken mindestens **10.000 4G-Standorte** neu aufbauen bzw. aufrüsten.⁵³

Daraus ergeben sich folgende Schlussfolgerungen für die Lausitz:

Der Flächenanteil der Lausitz bezogen auf die gesamte Bundesrepublik Deutschland liegt bei 3,6 %. Demgegenüber haben nur 1,2 % aller Einwohner Deutschlands ihren Wohnsitz in der Lausitz. Angenommen, 3 % aller im Mobilfunkpakt zugesagten 4G-Standorte würden bis Ende 2021 in der Lausitz entstehen, so entspräche das etwa 330 4G-Neubaustandorten.

⁵² Pressemitteilung des BMVI 063/2019

<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2019/063-scheuer-ausbauoffensive-fuer-laendliche-raeume.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

Die Differenz zwischen den 420 4G-Neubaustandorten laut der GIS-Analyse von TÜV Rheinland Consulting und der Standortanzahl von 330 laut Mobilfunkpakt beruht darauf, dass sich die Mobilfunknetzbetreiber auf die sog. „Population Coverage“, also die Anzahl abgedeckter Haushalte bzw. Einwohner, beziehen. Demgegenüber liegt der Analyse von TÜV Rheinland Consulting die Flächenversorgung, die sog. „Area Coverage“, zugrunde. Da die Lausitz gegenüber dem Bundesdurchschnitt eine geringere Einwohnerdichte aufweist, ist die anteilig geringere Zahl an 4G-Neubaustandorten laut Mobilfunkpakt zumindest rechnerisch nachvollziehbar.

Tatsächlich genügen bezogen auf Deutschland 15 % Netzabdeckung in der Fläche, um damit 60 % der Bevölkerung zu erreichen⁵⁴. Auch das ist ein Grund, weshalb sich die Versorgung der „Weißen Flecken“ und „Grauen Flecken“ so schleppend gestaltet. Aufgrund der in Deutschland existierenden Siedlungsstruktur ist es aus Sicht der Betreiber öffentlicher Netze wirtschaftlich ungleich lukrativer, zunächst die Ballungszentren zu versorgen. Mit Blick auf weitere Handlungsempfehlungen für die Lausitz (Kapitel 7) wird dieser Punkt nochmal aufgegriffen werden.

6.5 Mobilfunkversorgung für Narrow Band IoT

Bei NarrowBand IoT handelt es sich um einen Dienst, der bereits in 4G-Netzen genutzt werden kann und der speziell für das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) vorgesehen ist. Er ermöglicht die Vernetzung von Geräten und Maschinen bei hoher Funkabdeckung und geringem Energiebedarf. Die Funkabdeckung für NarrowBand IoT (NB IoT) ist grundsätzlich höher als für andere Dienste, da NarrowBand IoT eine signifikant höhere Empfindlichkeit aufweist. Anschaulich gesprochen reicht ein wesentlich kleinerer Signalpegel dafür aus, Informationen sicher detektieren zu können. Damit können Sensoren im NB IoT-Umfeld sinnvoll auch dort eingesetzt werden, wo üblicherweise die Netzabdeckung eher eingeschränkt ist, z. B. in Kellern oder Wasserschächten. Auf diese Weise ergeben sich neue Anwendungsszenarien, wie z. B. Zählerfernauslese, Sensorik zur Erfassung von Betriebszuständen, Alarmer u. Ä. Diese sind mit den bisherigen Funkdiensten physikalisch nur bedingt möglich. Abbildung 16 zeigt die typischen Leistungsmerkmale von NarrowBand IoT auf einen Blick.

⁵⁴ Aussage Dr. Axel Schulz, bezogen auf die Planungen für den damaligen 3G-Netzausbau im Jahr 2000 in Deutschland



Abbildung 16:
Die Charakteristika von NarrowBand IoT

6.6 Kostenkalkulation

Neben den Basisannahmen, die der Szenarioanalyse zugrunde liegen, wurden weitere Detailannahmen getroffen, um die Kostenabschätzung vornehmen zu können. Ferner basiert die Kostenkalkulation auf der praxisrelevanten Annahme, dass die Hälfte der neuen 4G-/5G-Standorte durch Erweiterung bereits vorhandener 2G-/3G-Standorte entsteht und die andere Hälfte durch den kompletten Neubau von Funkstandorten. Dadurch sind folgende Kostenpositionen zu berücksichtigen, die jeweils mit aktuellen Durchschnittskosten der Mobilfunknetzbetreiber je Kostenposition unterlegt wurden⁵⁵:

- Planungsleistungen für Neubau bzw. Nachrüstung
- Neu- bzw. Nachverhandlungen für Akquisition
- Neubau Mast bzw. Neubau Antennentragkonstruktion auf Gebäude
- Ergänzung bereits vorhandener Infrastruktur (bei Bestandsstandorten)
- Stromversorgung (Erweiterung bei Bestandsstandorten oder gegebenenfalls Neubau)

- Systemtechnik inklusive Radiotechnik mit Antennen
- Erweiterung für vorhandene festnetzseitige Anbindung (bei Bestandsstandorten)
- Neuansbindung über Glasfaser (bei Neubaustandorten)
- BNetzA-Gebühren
- Installation
- Qualitätssicherung

Alle Kostenkalkulationen beziehen sich auf diese Durchschnittskosten sowie auf die bereits hergeleiteten Standortzahlen. Tabelle 5 gibt die aggregierte Sicht wieder.

4G-Bestandsstandorte in der Lausitz		Notwendige 4G-/5G-Neubaustandorte in der Lausitz	
1033		420	
davon rural (ländlich)	davon urban	davon rural (ländlich)	davon urban
443	590	180	240
Kosten für Nachrüstung bereits vorhandener 4G-Standorte mit 5G-Technik		Kosten für Neubau 4G/5G rural	Kosten für Neubau 4G/5G urban
80,30 Mio. €		30,45 Mio. €	47,80 Mio. €
Gesamtkosten für nahezu flächendeckenden 4G-/5G-Ausbau in der Lausitz			
158,55 Mio. €			

Tabelle 5:
Übersicht Kostenkalkulation für nahezu flächendeckenden 4G-/5G-Mobilfunkausbau Lausitz

Damit sind ausgehend von den heutigen Preisen kumulativ

158,55 Mio. €

erforderlich, um bezogen auf das heutige Niveau der Mobilfunkversorgung eine 99%ige 4G-/5G-Flächendeckung in der Lausitz zu erreichen.

7 Handlungsempfehlungen

7.1 5G-Innovationsprogramm des Bundes

Am 26.06.2019 hat der Deutsche Bundestag beschlossen, für die Jahre 2020 bis 2022 rund 66 Mio. € zur Unterstützung der 5G-Einführung bereitzustellen. Das BMVI hat auf dieser Basis und im Rahmen einer 5G-Forschungsinitiative sechs Sonderzuwendungsbescheide an Forschungseinrichtungen und Universitäten erteilt, die in Abschnitt 2.2. „5G-Projekte“ bereits ausführlich dargestellt sind⁵⁶. Das durch das 5G Lab Germany konzipierte Forschungsfeld Lausitz (5G-FOLA) in Hoyerswerda/Welzow war das erste der sechs 5G-Projekte, das diesen Sonderzuwendungsbescheid erhielt, und es ist das einzige Projekt, das mit seiner Wirkung für die Lausitz bundeslandübergreifend angelegt ist.

Ferner startete das BMVI im Rahmen der 5x5G-Strategie des Bundes am 1. August 2019 einen 5G-Innovationswettbewerb, um die Erarbeitung von Projektskizzen zu fördern und diese für die Erprobung und Tests unter realen Bedingungen vorzubereiten und umzusetzen.

Im Rahmen des 5G-Innovationsprogramms werden ausschließlich Gemeinden, Städte und Landkreise sowie öffentlich-rechtliche Zusammenschlüsse von Gebietskörperschaften (z. B. Zweckverbände) gefördert. Unternehmen waren nicht antragsberechtigt, auch wenn sie 100-Prozent-Töchter der antragstellenden Gebietskörperschaften sind.

Das 5G-Innovationsprogramm umfasst neben der Förderung von 67 Konzepten auch die Umsetzung von bis zu 10 herausragenden Konzepten. Diese werden in einem zweiten Schritt mit einer Umsetzungsförderung prämiert.⁵⁷

Weitere Details zur Umsetzungsförderung werden mit einer zweiten Förderrichtlinie veröffentlicht, die zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie noch nicht verfügbar war.

Wirksamkeit des 5G-Innovationsprogramms in der Lausitz

Die bis zum Start des 5G-Innovationsprogramms durchgeführte Analyse und Identifikation relevanter Akteure in Bezug auf potenzielle 5G-Projekte in der Lausitz erwiesen sich als sehr nützlich. Sie waren wesentlich dafür, das Zusammenwirken möglicher Projektpartner für die Ausarbeitung von 5G-basierten Projektskizzen zu beschleunigen (Tabelle 6).

⁵⁶ Breitbandbüro des Bundes Newsletter Juli 2019
https://breitbandbuero.de/wp-content/uploads/2019/07/Breitbandb%C3%BCro-des-Bundes-Newsletter_Juli_2019.pdf (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁵⁷ <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/5g-mobilfunk-zukunft.html>

Ideengeber/Einreicher	Thema	5G-Einsatzgebiet
Konzeptförderung: Stadt Cottbus mit Carl-Thiem-Klinikum	Erstversorgung von Schlaganfallpatienten	Daseinsfürsorge
Stadt Schwarzheide mit BASF	AGV	Chemietransporte und -Logistik
Europastadt Görlitz	Industrie 4.0 Energie 4.0	Verkehr, Mobilität Daseinsfürsorge Bürgerservices
LK Elbe-Elster	5G für Verknüpfung klinischer und ambulanter Medizin	Daseinsfürsorge
Stadt Luckau	Testfeld für innovative Bürgerdienste im Bereich Produktion, Mobility/ÖPNV	Produktion Bürgerservices
Konzeptförderung: LK Dahme-Spreewald	Einsatz unbemannter Landmaschinen in der Kartoffelproduktion	Smart Farming
LK Görlitz	Mobilität und Versorgung der Bevölkerung in der Fläche	Daseinsfürsorge Verkehr & Mobilität
Kommune Reichenbach/OL	KI-basiertes Feld- und Gartenrobotersystem	Smart Farming
Konzeptförderung: LK Spree-Neiße	Logistik, automatisiertes und autonomes Fahren, Agrarwirtschaft	Verkehr, Mobilität, Smart Farming
Konzeptförderung: Kommune Rietschen	Einsatz Drohne zum Waldbrandmonitoring sowie teleoperierter Elektrobus für Verkehr	Verkehr & Mobilität Waldbrand-Monitoring
Zweckverband Verkehrsverbund OL/Niederschlesien	Air Stack – on Rail 5G	Verkehr

Tabelle 6:
Übersicht über eingereichte 5G-Projektskizzen in der Lausitz

Als außerordentlich hilfreich erwiesen sich ferner die Aktivitäten des Ministeriums für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg, das frühzeitig vor dem offiziellen Start des 5G-Innovationsprogramms alle brandenburgischen Gebietskörperschaften darüber informierte und somit wesentliche Vorarbeiten initiierte.

Dieses Vorgehen spiegelte sich erfreulicherweise auch in den Ergebnissen wider. Allein für das Gebiet der Lausitz wurden bis zum 17.09.2019 elf Projektskizzen eingereicht, von denen mit der Bekanntgabe des BMVI am 19.12.2019 vier eine Konzeptförderung erhielten. Eine Übersicht dazu ist in Tabelle 6 zu finden.

Tatsächlich wurden von Gebietskörperschaften auf dem Gebiet der Lausitz initial sogar noch weitere Projektskizzen erarbeitet. Während des vom 01.08. bis 17.09.2019 laufenden Einreichungszeitraums wurde bekannt, dass jede Gebietskörperschaft, auch bei Einreichung mehrerer 5G-Projektskizzen, maximal nur einmal mit bis zu 100.000 € gefördert wird. Dies führte bei jenen Gebietskörperschaften, für die mehrere Projektskizzen erarbeitet wurden, zu

einer Art „Bremseffekt“. Für die Lausitz ist TÜV Rheinland Consulting kein einziger Fall bekannt, da eine Gemeinde, Kommune oder Landkreis mehr als eine Skizze eingereicht hat, obwohl in mindestens zwei Kommunen der Lausitz drei und mehr Projektskizzen erarbeitet wurden. Diese wurden nicht eingereicht, sondern stattdessen zurückgehalten, um die Projektskizze mit der vermeintlich größten Chance auf eine Konzeptförderung zu „pushen“. Somit blieb es bei den bereits erwähnten elf eingereichten Projektskizzen für das Gebiet der Lausitz. Wie weiter oben bereits erwähnt, erhalten von 138 eingereichten Projektskizzen 67 eine Konzeptförderung.

Gleichwohl sind sowohl nicht geförderte, als auch nicht eingereichte Ideen nicht „verloren“. Das Bundeskabinett hat in seiner Sitzung vom 28.08.2019 das „Strukturstärkungsgesetz“ beschlossen, das – sobald es die parlamentarischen Hürden genommen hat und damit rechtlich bindend ist – den Strukturwandel in den Kohleregionen bis 2038 unterstützen wird. Ziel ist es, den Kohleregionen im Zuge des schrittweisen Ausstiegs aus der Kohle neue Chancen für eine nachhaltige Wirtschaft mit hochwertiger Beschäftigung zu eröffnen.

Für besonders bedeutsame Investitionen erhalten die Braunkohlereviere bis 2038 vom Bund Finanzhilfen von bis zu 14 Mrd. €. Die Mittel teilen sich auf in 43 % für das Lausitzer Revier, 37 % für das Rheinische Revier und 20 % für das Mitteldeutsche Revier. Sie können von den Ländern genutzt werden, um dort in wirtschaftsnahe Infrastruktur, öffentlichen Nahverkehr, Breitband- und Mobilitätsinfrastruktur oder Umweltschutz und Landschaftspflege zu investieren.⁵⁸

Empfohlene nächste Schritte

Grundsätzlich jede geförderte Investition, auch jene auf Basis des Strukturstärkungsgesetzes, ist an konkrete Vorhaben und Ideen gebunden. Umso wichtiger ist es, nicht nur die bislang nicht geförderten oder zurückgehaltenen Projektskizzen konzeptionell weiterzuentwickeln und zur Umsetzungsreife zu bringen, sondern konsequent weiter an neuen Ideen und Vorhaben zu arbeiten. Den bislang identifizierten Akteuren in der Lausitz kommt dabei eine Schrittmacherrolle zu.

Denkbar wäre hier die Etablierung eines regelmäßigen Stammtischformats (z. B. monatlich alternierend in Brandenburg und Sachsen), das unter Leitung der Wirtschaftsregion Lausitz GmbH oder der Zukunftswerkstatt Lausitz steht und das sich vor allem an die identifizierten Stakeholder und weitere Interessenten richtet. Neben einer Keynote zu einem ausgesuchten Fokusthema bei jedem Stammtischtermin sollte der Austausch der einzelnen Akteure zu ihren konkreten 5G-Aktivitäten und Ideen Bestandteil einer jeden Agenda sein. Ziel muss es sein, die weitere Zusammenarbeit und Kooperation zugunsten konkreter Projekte und Ideen für die Lausitz zu verstetigen.

⁵⁸ www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/kohleregionen-foerderung-1664496
(letzter Aufruf: 17.02.2020)

Eine Harveyball-Analyse der im Rahmen des 5G-Innovationswettbewerbs für das Gebiet der Lausitz eingereichten Projektskizzen zeigt, dass das 5G-Anwendungsszenario „Connected Automotive“ Bestandteil praktisch aller eingereichten Skizzen ist (s. Anlage, Abschnitt 10.5). Weitere 5G-Anwendungsszenarien, bezogen auf die elf eingereichten Projektskizzen, betreffen die Sensorvernetzung, also NarrowBand IoT, sowie Smart Farming & Manufacturing und Shipping Logistic. Hingegen sind Anwendungsszenarien im Bereich der Daseinsfürsorge und Bürgerservices weniger vertreten bzw. erhalten durch das BMVI keine Konzeptförderung, obwohl gerade diese für die weitere Entwicklung des ländlichen Raums relevant wären. Daher sehen die Autoren dieser Studie gerade in den beiden Bereichen Daseinsfürsorge und Bürgerservices mit Bezug auf die Lausitz weiteren Diskussions- und Entwicklungsbedarf.

7.2 Campusnetze

Wie im Abschnitt 2.2 bereits erwähnt, engagiert sich neben dem BMVI auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit nennenswerten Mitteln für die weitere Entwicklung der 5G-Technologie, speziell für 5G-Campusnetze auf Basis von temporären Container-Installationen (Abbildung 17).



Abbildung 17:
Beispiel einer Container-Installation im öffentlichen Raum

Die rahmenrechtlichen Voraussetzungen zur Erteilung von Campusnetz-Lizenzen, die Beschreibung des Antragsverfahrens sowie Aussagen zur Berechnung der Frequenznutzungsgebühren sind in Kapitel 8 dargestellt, so dass an dieser Stelle auf die entsprechenden Ausführungen verwiesen wird.

Hier sollen vielmehr die Einsatzszenarien von Campusnetzen speziell für die Lausitz erwähnt werden, wie sie durch Prof. Fitzek und das entsprechende BMBF-Projekt 5G Campus ++ betrieben werden.

Ein vorgesehenes Szenario beschreibt den lokalen Einsatz im öffentlichen Raum, z. B. auf dem Marktplatz Görlitz. Daneben identifiziert der Telekom-Lehrstuhl für Kommunikationsnetze gegenwärtig auch Kooperationsmöglichkeiten mit Partnern aus der Lausitzer Wirtschaft und entsprechende Einsatzmöglichkeiten auf Werksgeländen. Bei entsprechender Nachfrage ist der zeitlich parallele Einsatz mehrerer Container für lokale 5G-Netze an verschiedenen Standorten in der Lausitz denk- und umsetzbar.

Ein wesentlicher Vorteil von 5G-Campusnetzen besteht darin, 5G-Anwendungsszenarien bereits in einem sehr frühen Stadium umzusetzen und zu testen. Die wird auch auf die Betreiber öffentlicher Mobilfunknetze einen gewissen Anreiz ausüben, den Ausbau der öffentlichen Funknetze voranzutreiben, wobei das natürliche Interesse der MNO darin bestehen wird, 5G-Campusnetze letztendlich obsolet zu machen. Auch deshalb ist die Fokussierung des Projekts 5G-Campus ++ auf die Lausitz absolut wünschenswert.

Ein 5G-Campusnetz, bestehend aus eigenständiger Funk- und Core-Netz-Technik, benötigt aus funktioneller Sicht keine Anbindung an das Internet. Dennoch werden teilweise sehr emotionale Diskussionen geführt, ob lokale 5G-Netze Übergänge in öffentliche Netze erhalten werden oder eben nicht. Gemeint ist damit, dass beispielsweise Telefonate in einem lokalen Netz an Teilnehmer in öffentlichen Netzen vermittelt werden dürfen. Eine vergleichbare Fragestellung betrifft den Versand und Empfang von E-Mails aus lokalen Netzen über das öffentliche Internet. Dazu bedürfte es entsprechender Netzübergänge auf Ebene der Core-Netze bzw. eine gemeinsam genutzte Core-Infrastruktur. Technisch ist dies problemlos realisierbar. Es ist jedoch klar, dass die Nutzung von 5G-Campusnetzen aus Sicht ihrer Betreiber ohne diese Netzkopplungen deutlich entwertet werden würde. Maßgeblich für die Akzeptanz von 5G-Campusnetzen ist daher der Rahmen, den die BNetzA zukünftig setzt. Zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie war aus regulatorischer Sicht noch nicht entschieden, ob die Anbindung von Campusnetzen an ein öffentliches Netz zulässig ist oder nicht.

7.3 Öffentliche Mobilfunknetze

Spätestens mit der Entscheidung des BMVI, welche der im Rahmen des 5G-Innovationsprogramms eingereichten Projektskizzen auch in der Konzeptphase gefördert werden, treten für die Einreicher von 5G-Projektprojektskizzen – nicht nur auf dem Gebiet der Lausitz – auch die bundesweiten Betreiber öffentlicher Mobilfunknetze erneut in den Fokus.

Der Wunsch des BMVI, dass weitere 5G-Konzepte auch ohne zusätzliche vorbereitende Ausbauvorhaben (wie eine lokale 5G-Netzversorgung) umsetzbar sind, wird zu Nachfragen bei den öffentlichen Netzbetreibern führen, ihre 5G-Ausbauaktivitäten für genau jene Gebiete zu priorisieren, in denen 5G-Anwendungsszenarien erprobt und umgesetzt werden sollen. Diese Priorisierung ist umso mehr geboten, als dass sich der nahezu flächendeckende Aufbau öffentlicher 5G-Netze durch Deutsche Telekom, Vodafone, Telefónica oder Drillisch über mehrere Jahre erstrecken dürfte.

Zum anderen sind lokale bzw. Campusnetze auf den hinsichtlich seiner Reichweite wenig komfortablen Frequenzbereich von 3,7 bis 3,8 GHz beschränkt.

Den Wirtschaftsministerien der Bundesländer Brandenburg und Sachsen kommt hier die Rolle eines Mediators und Unterstützers zu – sowohl für die öffentlichen Mobilfunknetz- und Infrastrukturbetreiber, als auch für Gebietskörperschaften und Kooperationspartner von 5G-Projekten.

Ein wesentlicher Schritt war die am 27.08.2019 geschlossene Vereinbarung der Deutschen Telekom, Vodafone und Telefónica mit dem Freistaat Sachsen, der Pakt für „Zukunftssichere Mobilfunknetze in Sachsen“⁵⁹. Die darin vereinbarten Maßnahmen werden helfen, den Netzausbau nicht nur insgesamt zu erleichtern und zu beschleunigen, sondern darüber hinaus auch gerade außerhalb urbaner Siedlungsgebiete Anreize setzen, den zukunftsicheren Netzausbau voranzutreiben.

Die Aktivitäten des Landes Brandenburg zielen in die gleiche Richtung. Geplant ist ab 2020 die Einführung eines Mobilfunkförderprogramms, das die Mobilfunkversorgung der bislang Weißen Flecken durch eine Investitionsförderung für passive Infrastruktur aus EU-Mitteln zum Gegenstand hat. Dazu zählen Planungskosten ebenso wie die Kosten für den eigentlichen Standort (z. B. Mastbauwerke, Betriebsraum usw.) und dessen Anbindung an Netzknoten über eine Glasfaserinfrastruktur (z. B. Leerrohre, Einbringen der Glasfaser usw.). Förderziel sind mindestens 50 Mbit/s und 50 Millisekunden Latenz je Antennensektor (4G oder 5G), wobei sich die Förderung bei einer Förderquote von 80 % primär an Infrastrukturanbieter richtet. Diese müssen dann allen Mobilfunkunternehmen diskriminierungsfrei den Zugang zur neuerrichteten Infrastruktur gewähren.

Die geplante Förderung in Brandenburg stand bei Redaktionsschluss dieser Studie noch unter dem Vorbehalt der Zustimmung der EU-Gremien. Sobald diese vorliegt, wäre für das gesamte Gebiet der Lausitz ein vergleichbarer Rahmen gesetzt, der die Investitionsbereitschaft der Infrastrukturanbieter und MNO fördern und das Schließen der Weißen Flecken forcieren würde.

Die Schaffung eines ordnungspolitischen Rahmens, der Investitionen begünstigt und schützt, ist ein erster hilfreicher Baustein. Die kommenden Frequenzauktionen und das Setzen regulatorisch sinnvoller Rahmenbedingungen sind ein weiterer guter Prüfstein dafür, ob dies gelingt. Auch die signifikante Beschleunigung von Genehmigungsverfahren wäre ein sinnvoller Indikator für den Willen von Legislative und Exekutive, Investitionsbereitschaft zu honorieren.

Zu begrüßen ist ferner die Bereitschaft des Freistaates Sachsen, sowohl mit den Infrastruktur- als auch den Betreibern öffentlicher Mobilfunknetze Rahmenverträge über die längerfristige Nutzung von Liegenschaften des Freistaates abzuschließen und vergleichbare Verträge der MNO auch mit Kommunen und Landkreisen zu motivieren. Wichtig wäre hierbei, dass jegliche Exklusivität vermieden wird und alle Marktteilnehmer in gleicher

⁵⁹ Medieninformation 194/2019 der Sächsischen Staatsregierung

diskriminierungsfreier Weise Zugang zu den Liegenschaften des Freistaates bzw. zu kommunalen Liegenschaften erhalten. Daher darf es aus Sicht der Autoren dieser Studie auch keine Verträge auf Basis sog. Reservierungsmieten geben. Bei diesen sichert ein Infrastrukturbetreiber oder MNO für „kleines Geld“ langfristig die Standortinhaberschaft, obwohl der eigentliche Infrastruktur- oder Mobilfunkausbau mit aktiver Technik u. U. erst Jahre später beginnt. Da in der Praxis des Markts i. d. R. auch erst dann die volle Miete fällig wird, stünden Reservierungsmieten einem diskriminierungsfreien Zugang aller Marktteilnehmer durchaus entgegen.

Es gibt über die oben genannten Punkte hinaus vielfältige Möglichkeiten für Infrastrukturanbieter und MNO, die Wirksamkeit ihrer Investitionen sowohl auf dem Gebiet der Lausitz wie auch bundesweit deutlich zu erhöhen.

Einige dieser Instrumente sind im Markt bereits erprobt, andere könnten zunächst pilotiert und dann zielgerichtet implementiert werden.

7.4 Infrastruktur-Sharing

Die Mehrfachnutzung passiver Telekommunikationsinfrastruktur, wie von Masten oder Gebäuden als Antennenträger, wird bereits langjährig praktiziert und ist volkswirtschaftlich sinnvoll. Gleiches gilt für telekommunikationstechnische Großvorhaben im öffentlichen Raum, wie z. B. die Mobilfunkversorgung in Autobahntunneln, auf Messen oder auf Flughäfen. Typischerweise geht einer der MNO oder ein Infrastrukturanbieter als Projektführer und Standortinhaber zunächst in Vorleistung, während ein oder mehrere weitere MNO ihre Systemtechnik als Mitnutzer auf der vorbereiteten Infrastruktur installieren.

Die konkrete Handlungsempfehlung lautet hier, dieses Infrastruktur-Sharing zielgerichtet zu forcieren. Unter der Schirmherrschaft und Moderation der Wirtschaftsministerien der Bundesländer Brandenburg und Sachsen bzw. der Wirtschaftsregion Lausitz GmbH sollten Infrastrukturanbieter und MNO regelmäßig, sinnvollerweise jährlich oder halbjährlich, an einen Tisch gebracht werden, um ihre Pläne für den Netzausbau für die Lausitz möglichst konkret abzugleichen und die Projektführerschaften über mehrere Mastbauvorhaben fair zu teilen. Ferner kann an solchen „Runden Tischen“ Transparenz über Mitnutzungsmöglichkeiten bei weiterer passiver Infrastruktur, wie zu vorhandenen Leerrohrtrassen zur einfacheren Glasfaseranbindung der neu zu errichtenden Mobilfunkstandorte, geschaffen werden, wie sie das DigiNetz-Gesetz ohnehin fordert (s. auch Kapitel 8).

Durch die oben genannten Maßnahmen können

- Investitionen der MNO bei angespannten Budgets sinnvoll gesteuert,
- mit der Bereitstellung funktechnisch geeigneter Liegenschaften der öffentlichen Hand die Akquisition funktechnisch geeigneter Standorte unterstützt und
- der Netzausbau bzw. das Schließen der Weißen Flecken schlussendlich beschleunigt werden.

Mit Blick auf die Lizenzauflagen sollte ein solches Vorgehen auch im wohlverstandenen Interesse der MNO liegen. Immerhin haben Telefónica, Vodafone und Deutsche Telekom im November 2019 ihrerseits eine Absichtserklärung zur Kooperation beim Netzausbau im ländlichen Raum unterzeichnet und das Bundeskartellamt darüber informiert⁶⁰. Entsprechende Kooperationsvereinbarungen sollen im Frühjahr 2020 folgen und etwa 6000 neue Mobilfunkstandorte im ländlichen Raum entstehen. Dies entspricht etwa der Hälfte der Standorte, zu denen sich die Mobilfunknetzbetreiber laut Mobilfunkpakt vom September 2019 verpflichtet haben⁶¹ (s. auch Kapitel 5).

Formal haben Telefónica, Vodafone und Deutsche Telekom auch 1&1 Drillisch angeboten, sich in die geplante Kooperation einzubringen, sofern die Bereitschaft besteht, dass sich 1&1 Drillisch in gleichem Umfang am Ausbau beteiligt. Dies dürfte jedoch nicht im Interesse von 1&1 Drillisch liegen, da dieser MNO als Newcomer am deutschen Markt nicht den Auflagen der BNetzA zur Versorgung des ländlichen Raums unterliegt.

7.5 RAN-Sharing

Einen auf dem deutschen Mobilfunkmarkt neuen Ansatz würde neben dem Infrastruktur-Sharing auch das Teilen der aktiven Technik, insbesondere der Funktechnik bieten. Dafür steht der Begriff „RAN-Sharing“ und RAN wiederum für die Funktechnik, das „Radio Access Network“. RAN-Sharing bedeutet den Betrieb mehrerer logischer Basisstationen in einer gemeinsam genutzten physikalischen Einheit. Aus Sicht des Bundeskartellamts ist dies zulässig, solange die wettbewerbliche Unabhängigkeit eines jeden MNO, d. h. eines jeden Betreibers dieser geteilten Funklösung, gewährleistet ist. Da für 4G-Netze solche Lösungen außerhalb Deutschlands im Einsatz sind, ist davon auszugehen, dass die Systemanbieter zukünftig entsprechende Lösungen auch für 5G anbieten werden.

Auch wenn bislang auf dem deutschen Markt unüblich, böte dieses „RAN-Sharing“ den Betreibern öffentlicher Mobilfunknetze die Möglichkeit, neben der heute geteilten passiven Infrastruktur (wie z. B. die gemeinsame Mastnutzung), durch gemeinsam genutzte aktive Technik weitere Reduzierungen der Investitionskosten zu erzielen. Dieser Aspekt ist insbesondere für den Mobilfunknetzausbau im ländlichen Raum von hoher Bedeutung. Er bietet aber auch für die 4G-/5G-Netzverdichtung im urbanen Raum die Möglichkeit, beispielsweise Small Cells auf Stadtmöbeln, Lichtsignalanlagen oder Fahrleitungsmasten ästhetisch verträglich zu realisieren.

60 <https://www.handelsblatt.com/technik/it-internet/Mobilfunknetzbetreiber-telekom-telefonica-und-vodafone-bauen-gemeinsam-6000-mobilfunkstandorte-auf/25213892.html?ticket=ST-36273715-nMoOil2ywj1WuZTNh1DZ-ap1> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

61 Pressemitteilung des BMVI 063/2019: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2019/063-scheuer-ausbauoffensive-fuer-laendliche-raeume.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

7.6 National Roaming

Bei Nichterreichung der durch den Regulierer vorgegebenen Lizenzauflagen bliebe als Ultima Ratio die Option, die MNO auf freiwilliger Basis zu einem lokalen, z. B. auf das Gebiet der Lausitz begrenzten National Roaming bzw. Local Roaming zu bewegen. So abwegig diese Lösung zunächst auch scheint, so gibt es dafür auf dem deutschen Markt dennoch einen Präzedenzfall. Im Jahr 1998 schloss die damalige VIAG Interkom einen Vertrag mit der Deutschen Telekom, dass Kunden außerhalb des Versorgungsgebiets der VIAG Interkom das Mobilfunknetz der Deutschen Telekom nutzen konnten. Mit dem Ausbau der eigenen Netzabdeckung wurde aber das National Roaming durch die VIAG Interkom seinerzeit immer weiter zurückgenommen und schließlich ganz eingestellt. Da das National Roaming einen erheblichen Eingriff in die Rechte der im Wettbewerb zueinander befindlichen MNO bedeuten würde, sollte ein solcher Schritt tatsächlich nur die allerletzte Option bleiben, um die Weißen Flecken im ländlichen Bereich bzw. in der Lausitz zu schließen.

8 Analyse rechtlicher Rahmenbedingungen

Die folgende Analyse, die sich mit den grundsätzlichen rechtlichen Rahmenbedingungen des 5G Ausbaus beschäftigt, beruht auf dem derzeit aktuellen Stand und kann nicht abschließend und rechtsverbindlich getroffen werden. Dass sich die künftige Marktnachfrage der Frequenzen nicht abschließend vorhersehen lässt, spielt hierbei eine große Rolle. Generell gibt es für den 5G-Ausbau in der Lausitz keine besonderen rechtlichen Rahmenbedingungen. Da sich die Region Lausitz über zwei verschiedene Bundesländer erstreckt, sind die Vorschriften der Bauaufsichtsbehörden Brandenburgs und Sachsens gesondert zu betrachten. Die Anträge für den Ausbau oder die Mitnutzung sind bei der jeweils zuständigen Bauaufsicht und/oder Wegebaulast zu stellen.

8.1 Frequenzen 3,7–3,8 GHz: Campusnetze

Lokale Frequenznutzungen

Der Bedarf an eigenen, autonomen und ausschließlich betriebsinternen Telekommunikationsnetzen wächst. Aus diesem Grund hat die Bundesnetzagentur den Frequenzbereich von 3700 bis 3800 MHz für lokale Zuteilungen reserviert. Die „grundlegenden Rahmenbedingungen des zukünftigen Antragsverfahrens“⁶² hat die Bundesnetzagentur im März 2019 veröffentlicht. Die endgültige Fassung der Verwaltungsvorschrift „Lokales Breitband“⁶³ sowie der Start des Antragsverfahrens für lokale Campusnetze wurde am 21. November 2019 und damit ein Vierteljahr später bekanntgegeben, als ursprünglich geplant. Vorausgegangen war ein Streit verschiedener Bundesministerien über die Höhe der Frequenznutzungsgebühren, der erst mit der Aussage, dass „eine sehr mittelstandsfreudige Lösung gefunden wurde“, von Bundesverkehrsminister Andreas Scheuer am 29.10.2019 auf dem Digital-Gipfel in Dortmund beendet wurde.⁶⁴

Unter den Zuteilungen für lokale Frequenznutzungen sind grundsätzlich nur betriebsinterne Anwendungen und keine Angebote für die Öffentlichkeit erfasst. Der Begriff „lokal“ ist für eine Vielzahl von Anwendungen technologie-neutral und geschäftsmodell-offen zu interpretieren.⁶⁵ Die lokalen Netze dienen insbesondere der Nutzung in den Bereichen Verkehr, Energie,

⁶² Bundesnetzagentur (2019), Grundlegende Rahmenbedingungen zum Antragsverfahren: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/RegionaleNetze/20190311GrundlegendeRahmenbedingungen_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁶³ https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/RegionaleNetze/20191119_Verwaltungsvorschrift3.7-3.8GHz_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁶⁴ <https://www.wiwo.de/technologie/digitale-welt/campusnetze-5g-im-sonderangebot-fuer-landwirte/25171298.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁶⁵ BNetzA (2019), Grundlegende Rahmenbedingungen zum Antragsverfahren

Forschung und Entwicklung, elektronische Gesundheitsdienste, Personenschutz und Katastrophenhilfe, Internet of Things, Machine Type Communication sowie vernetzten Fahrzeugen.⁶⁶ Die autonomen Systeme sind nicht durch eine zentrale Verwaltung oder einen zentralen Netzbetreiber verbunden. Dementsprechend dienen die 5G-Campusnetze vorwiegend der Industrie 4.0 und sollen laut Jochen Homann, Präsident der BNetzA, Deutschland diesbezüglich zum Vorreiter machen.⁶⁷

Antragsberechtigung

Antragsberechtigt sind Eigentümer eines Grundstücks/Betriebsgeländes oder Nutzungsrechtler (beispielsweise Mieter oder Pächter) an demselben. Die Berechtigung kann sich auch aus einer Beauftragung durch einen der vorher genannten Akteure ergeben. Zu den lokalen Nutzungsgebieten zählen auch mehrere Grundstücke, wenn sie nach äußerem Erscheinungsbild eine Einheit bilden. Somit sind u. a. Industrieparks, Messegelände, Theater, Fernsehstudios und Stadien sowie land- und forstwirtschaftliche Flächen miterfasst. Grundsätzlich werden durch die BNetzA keine maximal zulässigen Feldstärkewerte auf der Zuteilungsgrenze festgesetzt. In der Netzplanung ist der Berechtigte auf seinem Grundstück frei. Bei Fragen und Unklarheiten hierzu wird geraten, sich vor der Antragsstellung mit der BNetzA in Verbindung zu setzen.⁶⁸

Antragsverfahren

Die Anträge können in elektronischer Form gestellt werden, um eine schnelle Antragsbearbeitung sicherzustellen. Die Nutzung der Frequenzen kann unmittelbar nach der Vergabe erfolgen.⁶⁹ Für die Bearbeitung des Antrags sind folgende Unterlagen erforderlich:

- Antrag auf Frequenzzuteilung
- Frequenznutzungskonzept
- Bestätigung der Antragsberechtigung
- Bestätigung der Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit
- Gegebenenfalls abgeschlossene Betreiberabsprachen
- Gegebenenfalls Auszug aus dem Handelsregister

⁶⁶ Richtlinie (EU) 2018/1972 Des Europäischen Parlaments und des Rates v. 11.10.2018: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L1972> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁶⁷ https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Presse/Pressemitteilungen/2019/20191121_lokaleFreq.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁶⁸ BNetzA, Entwurf Verwaltungsvorschrift (VV) Lokales Breitband 07.11.2019: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/RegionaleNetze/20191119_Verwaltungsvorschrift3.7-3.8GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁶⁹ https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Presse/Pressemitteilungen/2019/20191121_lokaleFreq.pdf;jsessionid=5FB04A046F1F0D3815C444E8F0EB8183?__blob=publicationFile&v=2 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

a) Antrag

Das Antragsformblatt und Ausfüllhinweise sind den Internetseiten der BNetzA zu entnehmen.⁷⁰

b) Nutzungskonzept

Der Antragsteller hat den Frequenzbedarf durch ein Nutzungskonzept darzustellen. Das Konzept unterliegt keinen formalen Vorgaben durch die BNetzA. Es ist lediglich ein maximal zehnsseitiger Antrag zur Begründung des Frequenzbedarfs unter Zugrundelegung des geplanten Geschäftsmodells erforderlich. In dem Konzept ist plausibel darzulegen, inwieweit die Effizienz der Nutzung sichergestellt wird. Nutzungsbeginn und -ende, der gesamte zeitliche Verlauf des Ausbaus sowie beabsichtigte Frequenzübertragungen oder -überlassungen sind der BNetzA anzuzeigen. Außerdem sind in dem Frequenznutzungskonzept Erläuterungen zu dem geplanten Versorgungsgebiet und einer geographischen Karte auszuführen. Das Gebiet darf maximal so groß sein wie das Grundstück des Antragstellers. Es sind Ausführungen zu der Art der Anwendung (z. B. Land-/Forstwirtschaft, Industrie etc.) und dem Nutzungszweck (z. B. innerbetriebliche Kommunikation, Maschinensteuerung etc.) zu machen. Weiterhin ist auszuführen, welcher Bandbreitenbedarf, Signalpegel und Schutzbedarf für den Nutzungszweck besteht. Ebenfalls ist darzulegen, welche Maßnahmen zur Sicherstellung einer effizienten Frequenznutzung in Bezug auf die Störreichweiten getroffen werden.⁷¹ Hinweise zur Erstellung des Frequenznutzungskonzepts sind der Anlage 4 aus der „VV lokales Breitband“ zu entnehmen.

Zudem sind Erleichterungen im Antragsverfahren für Indoor-Frequenznutzungen geplant. Im Frequenznutzungskonzept soll dann beispielsweise die Anzahl der Basisstation mit den frequenztechnischen Parametern beschrieben werden, die für die Indoor-Frequenznutzung notwendig sind.

⁷⁰ https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/lokalenetze-node.html (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁷¹ https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/RegionaleNetze/20191119_Verwaltungsvorschrift3.7-3.8GHz_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

Bekanntgabe und Gebühren

Die Zuteilung ist gebührenpflichtig. Mit den zuständigen Ministerien hat die BNetzA die Gebühren rückwirkend zum 31.10.2019 wie folgt festgelegt:⁷²

$$\text{Gebühr} = 1000 + B \cdot t \cdot 5 (6a_1 + a_2)$$

Die Gebühr richtet sich nach einem Festbetrag von **1000 €**, die zugeteilte Bandbreite von **mindestens 10 MHz** bis **maximal 100 MHz (B)**, die **Laufzeit** der Zuteilung in Jahren oder anteilig je angefangenem Monat (**t**) sowie die Fläche des Zuteilungsgebiets in **km²** (differenziert nach a_1 Siedlungs- und Verkehrsflächen; a_2 andere Flächen). Je höher die Bandbreite, desto höher die Gebühr. Damit der Anreiz steigt, Frequenzen nur für die Dauer der Nutzung zu beantragen, wurde die Zuteilungsdauer in die Formel einbezogen. Die Frequenznutzungsgebühren für Siedlungs- und Verkehrsflächen sind höher als die für andere Gebiete, wie z. B. im Bereich der Landwirtschaft, kleinen und mittleren Unternehmen oder Start-ups. Dies hat den Zweck, dass Frequenznutzungen in weniger dicht bebauten Gebieten wirtschaftlich bleiben. Zur Kategorisierung der Flächen sind die Definitionen des Umweltbundesamts bzw. des Statistischen Bundesamts heranzuziehen.⁷³

Zudem werden Frequenznutzungsbeiträge gemäß § 143 Abs. 1 Telekommunikationsgesetz (TKG) sowie Beiträge gemäß § 31 des Gesetzes über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG) und § 35 des Gesetzes über die Bereitstellung von Funkanlagen auf dem Markt (FUAG) erhoben. Die Beiträge der Frequenznutzung sowie die EMVG- und FUAG-Beiträge werden jährlich in der jeweils geltenden Frequenzschutzbeitragsverordnung neu festgesetzt.⁷⁴

Zusätzlich steht der Frequenzbereich bei 5,8 GHz für gewerbliche öffentliche, breitbandige, ortsfeste Verteilsysteme (Broadband Fixed Wireless Access – BFWA) zur Verfügung.

Frequenznutzungsbedingungen

Die BNetzA wird die Rahmenbedingungen ein Jahr nach Eröffnung des Antragsverfahrens erneut überprüfen, da die künftige Marktnachfrage zum jetzigen Zeitpunkt nicht abschließend benannt werden kann.

a) Effizienz und Störungsfreiheit

Die Frequenznutzung im Zuteilungsgebiet muss effizient und ohne Störung der geographisch oder frequenztechnisch benachbarten Frequenznutzer erfolgen. Es gilt ein Verhandlungsgebot für Betreiberabsprachen zwischen Nutzern

⁷² BNetzA, 5G-Frequenzgebühren für lokale Anwendungen 07.11.2019: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2019/20191031_LokalesBreitband.html (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁷³ Umweltbundesamt (2019), Struktur der Flächennutzung: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/struktur-der-flaechennutzung#textpart-1> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁷⁴ Verordnung über Beiträge zum Schutz einer störungsfreien Frequenznutzung, 2019 <http://www.gesetze-im-internet.de/fsbeitrv/> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

geographisch benachbarter Funknetze. Das heißt, die Betreiber müssen sich für eine optimale Frequenzplanung miteinander absprechen und eigenständig Lösungen zur störungsfreien und effizienten Frequenznutzung finden.⁷⁵ Nur so kann vor Ort geplant werden und können alle relevanten Aspekte für die größte Frequenzeffizienz in Betracht gezogen werden, da sich die Betreiber mit den für die Funkwellenausbreitung relevanten örtlichen Gegebenheiten am besten auskennen. Dabei müssen Frequenznutzungen wie beispielsweise Erdfunkstellen, Messstationen der BNetzA und Frequenznutzungen in den Nachbarländern vom Betreiber geschützt werden. Die Reduzierung von Störreichweiten der Frequenznutzung auf ein Minimum kann durch Betreiberabsprachen und die öffentliche Bekanntgabe der Zuteilungsgebiete sichergestellt werden. Die BNetzA kann die Effizienz und Störungsfreiheit durch Abwägungen zum Ausgleich bringen und frequenztechnische Festlegungen zur Minderung von Störungen treffen. Für die Festlegungen wird die BNetzA die europäischen Harmonisierungsentscheidungen beachten.

Hinweise zur Erstellung von Betreiberabsprachen sind der Anlage 6 der Verwaltungsvorschrift „Lokales Breitband“ zu entnehmen.⁷⁶ Die Betreiberabsprachen müssen die betroffenen Gebiete genau bezeichnen und sind konkret, detailliert und nachvollziehbar zu erläutern.

b) Schutzabstand

Zur Sicherstellung der Koexistenz müssen die Spektrums- bzw. Frequenzblock-Entkopplungsmasken, auch technische Parameter für Basisstationen genannt, eingehalten werden. Die Frequenzen werden in ganzzahligen Vielfachen von 10-Megahertz-Blöcken zugeteilt. Die lokalen Inhaber einer 5G-Campusnetz-Lizenz haben einen frequenztechnischen Schutzabstand zu der angrenzenden bundesweiten Nutzung unterhalb der 3,7 GHz einzuhalten. Andersherum gilt dieser spektrale Schutzabstand nicht. Es dürfen keine bestehenden und koordinierten Empfangsfunkanlagen des festen Funkdienstes über Satelliten im Bereich 3,7–3,8 GHz gestört werden.

Um eine effiziente und störungsfreie Nutzung zu realisieren, können die Zuteilungsinhaber beispielsweise ihr Netz so planen und aufbauen, dass die Störreichweite der Frequenznutzung auf ein Minimum reduziert wird. Dies kann z. B. durch geringere Sendeleistungen, geringere Antennenhöhen und durch speziell ausgerichtete Antennen erreicht werden.

Widerruf und Befristung

Die Zuteilung der Frequenzen kann gemäß § 63 TKG widerrufen werden, wenn nicht innerhalb eines Jahres nach Zuteilung mit der Nutzung begonnen wurde und keiner der abschließend genannten Ausnahmefälle vorliegt. Dies nennt

⁷⁵ BNetzA, Entwurf Verwaltungsvorschrift Lokales Breitband, 2019: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/RegionaleNetze/20190704_EntwurfVerwaltungsvorschrift3.7-3.8GHz_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁷⁶ BNetzA, Entwurf VV, 2019

man das sog. „Use-it-or-lose-it-Verfahren“. Problematisch könnte hier allerdings der Zeitrahmen von einem Jahr sein, wenn es beispielsweise Verzögerungen im Genehmigungsverfahren gibt, die nicht vom Antragssteller zu verschulden sind.

Die Frequenzen werden auf zehn Jahre befristet vergeben, jedoch maximal bis zum 31.12.2040. Für die Zeit ab dem Jahr 2041 soll eine gemeinsame Entscheidung über die Anschlussnutzung des Frequenzbands 3400–3800 MHz getroffen werden.

8.2 Grenzgebiet und elektromagnetische Felder

Europäische Vorgaben

Die europäische Gruppe für Frequenzpolitik (RSPG) hat festgelegt, dass das Frequenzband 3,4–3,8 GHz das primäre Pionierband und dessen Verfügbarkeit Voraussetzung für die 5G-Nutzung in der Europäischen Union ist. Die Kommission legt in ihrem Durchführungsbeschluss 2019/235 nahe, dass grenzübergreifende Vereinbarungen getroffen werden. Dies soll gewährleisten, dass schädliche funktechnische Störungen sowie eine Fragmentierung der Frequenznutzung vermieden werden und die Frequenznutzung effizienter gestaltet wird.

Die von der Europäischen Union konkret vorgegebenen und einzuhaltenden Parameter für die Frequenzbandnutzungen 3,4–3,8 GHz sind Art. 2 2008/411/EG zu entnehmen.⁷⁷

Frequenzkoordinierung im Grenzgebiet

Durch die Frequenzkoordinierung mit den Nachbarländern stehen die Frequenzen in den Grenzgebieten nur eingeschränkt zur Verfügung. Die Einschränkungen hängen von den sich gegenüberstehenden Übertragungsverfahren an den Grenzen ab. Die mit der Bundesrepublik Deutschland und ihren Nachbarländern abgeschlossenen Verträge und Vereinbarungen dienen als Grundlage zur Koordinierung. Die BNetzA, Mitglied in europäischen und internationalen Gremien zur Frequenzkoordination, führt diese zum Schutz der Funkstellen im Grenzgebiet im Frequenzbereich 3,7–3,8 GHz durch.⁷⁸

Die BNetzA beantwortete den Autoren dieser Studie die Frage, ob für die kreisfreie Stadt **Cottbus**, die **Landkreise Dahme-Spreewald, Elbe-Elster, Oberspreewald-Lausitz, Bautzen, Spree-Neiße** und **Görlitz** Störungsmeldungen bekannt sind, wie folgt:

⁷⁷ Europäische Kommission, Entscheidung zur Harmonisierung des Frequenzbandes 3,4 – 3,8 GHz, 2018: <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/2257709c-259f-411c-850f-2066ad5821d4/language-de> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁷⁸ BNetzA, Entwurf VV Lokales Breitband, 2019: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/RegionaleNetze/20191119_Verwaltungsvoerschrift3.7-3.8GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

- 1) „Es gibt durch die Mobilfunknetzbetreiber als Inhaber der Frequenznutzungsrechte in Deutschland für die von ihnen genannten Landkreise keine Störungsmeldungen über zu hohe Mobilfunkeinstrahlungen aus dem Ausland.“
- 2) „Es gibt für die von ihnen genannten Landkreise keine Störungsmeldungen von Verbrauchern an den Verbraucherservice der Bundesnetzagentur über zu hohe Mobilfunkeinstrahlungen aus dem Ausland.“
- 3) „Es gibt für die von ihnen genannten Landkreise nur eine Verbraucherbeschwerde an den Verbraucherservice der Bundesnetzagentur über eine mangelhafte mobile Breitbandversorgung.“⁷⁹

8.3 Baugenehmigungsverfahren, Projektförderung, DigiNetz-Gesetz

Antrag zum Baugenehmigungsverfahren

Zunächst stellen die Unternehmen einen Antrag auf Baugenehmigung bei der zuständigen Baubehörde.⁸⁰ Entsprechend des § 77j TKG stellt die BNetzA sämtliche relevanten Informationen für die Erteilung von Baugenehmigungen bereit. In § 68 Abs. 3 S. 1 TKG ist festgelegt, dass die Zustimmung des Trägers der Wegebauart erforderlich ist. In Brandenburg gilt für die Sondernutzung einer Straße § 18 Brandenburgisches Straßengesetz (BbgStrG) und in Sachsen § 18 Sächsisches Straßengesetz (SächsStrG). Demnach ist für die Erlaubnis die jeweils zugehörige Landesstraßenbaubehörde und bei Ortsdurchfahrten die Gemeinde zuständig. Für die Benutzung von Bundeswasserstraßen ist gemäß §§ 8, 9, 11 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ein gesonderter Antrag beim Bund zu stellen. Beim Tiefbau und bei Aufgrabungen sind zusätzlich Vorschriften des Gesetzes über Naturschutz und Landschaftspflege (BNatSchG) und des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) zu beachten. Sofern Bahnquerungen betroffen sind, gelten die Vorschriften der Deutschen Bahn, insbesondere die TK-Kreuzungsrichtlinie. Die Besonderheit für den Ausbau und die Aufgrabungen ergibt sich hier durch die zwei unterschiedlichen Bundesländer. Die Anträge werden dann jeweils bei der zuständigen Behörde gesondert gestellt und gelten nicht bundeslandübergreifend.

NGA-Rahmenregelung

Die Rahmenregelung der Bundesrepublik Deutschland zur Unterstützung des Aufbaus einer flächendeckenden Next-Generation-Access(NGA)-Breitbandversorgung, kurz NGA-RR, ist die maßgebliche, nationale, beihilferechtliche Verfahrensregelung zum Umgang mit dem geförderten Ausbau von NGA-Breitbandnetzen. Die NGA-RR regelt u. a., welche

⁷⁹ BNetzA Antwort des Referats 224 am 29.08.2019 per E-Mail

⁸⁰ Liste der Baubehörden in Brandenburg: <https://service.brandenburg.de/lis/detail.php/14049> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

In Sachsen entscheiden die unteren Bauaufsichtsbehörden, Liste: https://www.bauen-wohnen.sachsen.de/download/Bauen_und_Wohnen/UBAB_in_Sachsen_Stand_Dezember_2016.pdf (letzter Zugriff: 17.02.2020)

Trägermodelle im Breitbandausbau förderfähig sind. Projekte in unterversorgten NGA-Gebieten, die im Einklang mit der NGA-RR sind, können gefördert werden. Ziel der NGA-RR ist die Bereitstellung von Anschlüssen mit 50 MBit/s, mindestens aber die Erreichung von 30 MBit/s im Sinn der Aufgreifschwelle der EU-Breitbandleitlinien. Die NGA-RR besitzt Geltung bis zum Jahr 2021, sodass auf ihrer Grundlage prinzipiell Breitbandprojekte gefördert werden können, ohne ein Einzelnotifizierungsverfahren durchlaufen zu müssen.⁸¹ Die NGA-RR hat das Ziel Gebiete abzudecken, die noch keine Netzabdeckung haben und in denen in den kommenden drei Jahren auch kein Ausbau geplant ist. Ansprechpartner zur NGA-Rahmenregelung ist das Breitbandbüro des Bundes.⁸²

DigiNetz-Gesetz

Durch das Gesetz zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze (DigiNetz-Gesetz)⁸³ wurden die §§ 77a–77o TKG⁸⁴ eingeführt. Hier wurden Regelungen zur Mitnutzung öffentlicher Versorgungsnetze sowie zur Mitverlegung von Glasfaserkabeln im Rahmen von Bauarbeiten geregelt. Öffentliche Versorgungsnetzbetreiber werden verpflichtet, ihre Netzinfrastruktur für den Breitbandausbau bereitzustellen. Es wird u. a. festgelegt, dass passive Infrastrukturen sowie Glasfaser im Zuge anderer Bauarbeiten mitverlegt werden können. Gemäß § 77i Abs. 7 TKG müssen bei mit öffentlichen Mitteln finanzierten Bauarbeiten, die länger als acht Wochen dauern, Glasfaserkabel mitverlegt werden. Gleiches gilt im Rahmen der Erschließung von Neubaugebieten.

In den §§ 77d ff. TKG werden die Mitnutzungen der passiven Netzinfrastruktur der öffentlichen Versorgungsnetze geregelt. Zu der passiven Infrastruktur zählen nach dem DigiNetz-Gesetz ausdrücklich Laternen und Lampen. Im Falle einer Mitnutzung eines Elektrizitätsversorgungsnetzes erstreckt sich der Anspruch auch auf Dachständer, Giebelanschlüsse, Hauseinführungen sowie die Zurverfügungstellung eines entgeltlichen Betriebsstromanschlusses. Die abschließend aufgelisteten Ausschlussgründe für die Mitbenutzung finden sich in § 77g TKG. Die BNetzA ist als nationale Streitbeilegungsstelle für eine Entscheidung bei Streitigkeiten über beantragte Mitnutzungen zuständig. Der Zugang zu mitgenutzten Infrastrukturanlagen, wie Ampelanlagen, könnte eine Herausforderung innerhalb dicht besiedelter Kommunen darstellen. Der Bund ist gemäß § 68 f. TKG berechtigt, Verkehrswege unentgeltlich zu benutzen und dieses Nutzungsrecht an Telekommunikationsunternehmen abzugeben (Abbildung 18).

81 BMVI, NGA-Rahmenregelung zur Unterstützung des Aufbaus einer flächendeckenden NGA-Breitbandversorgung: <https://www.ministerpraesident.sachsen.de/pakt-fur-zukunftssichere-mobilfunknetze-in-sachsen-10161.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

82 BMVI, Bundes Breitband Büro: <https://breitbandbuero.de/>

83 Bundestag (2016), Gesetz zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze: https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl116s2473.pdf%27%5D__1573125120685 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

84 BMJV, Telekommunikationsgesetz: http://www.gesetze-im-internet.de/tkg_2004/ (letzter Zugriff: 17.02.2020)

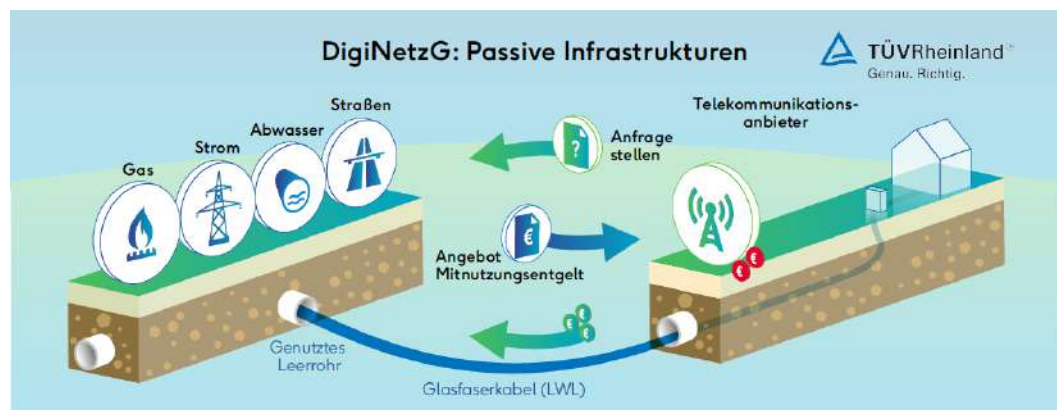


Abbildung 18:
Mitnutzung von passiver Infrastruktur

8.4 Frequenzen 2 GHz und 3,6 GHz

Die festgelegten Versorgungsauflagen müssen die Verhältnismäßigkeit wahren und unterliegen dem Diskriminierungsverbot. Verhältnismäßig in diesem Sinne bedeutet, dass sie nicht über das zur Erreichung der Ziele erforderliche Maß hinausgehen. Eine Ausbaupflichtung darf dementsprechend nicht unverhältnismäßige Auswirkungen auf bereits bestehende oder bestandsgeschützte Frequenznutzungsrechte haben, die in früheren Vergabeverfahren erworben wurden. Das Frequenzvergabeverfahren für den 4G-Ausbau aus dem Jahr 2015 hat die Auflage, mindestens 97–98 % der Haushalte im einzelnen Bundesland und bundesweit mit 50 MBit/s bis zum 31.12.2019 zu versorgen. Bevor darüber hinausgehende Anforderungen erfüllt werden können, müssen erst diese erfüllt werden. Die Auflagen sind Voraussetzung für den 5G-Ausbau.⁸⁵

Versorgungsauflagen

Aus dem bereits abgeschlossenen Frequenzvergabeverfahren ergeben sich folgende Versorgungsauflagen für Mobilfunknetzbetreiber:

- Haushalte und Wirtschaft: mindestens 98 % der Haushalte je Bundesland mit mindestens 100 MBit/s bis 31.12.2022
- Alle Bundesautobahnen: mindestens 100 MBit/s und höchstens 10 Millisekunden (ms) Latenz bis 31.12.2022
- Bundesstraßen: Verbindungsfunktionsstufen 0/1 mit mindestens 100 MBit/s und höchstens 10 ms Latenz bis 31.12.2022
- Alle übrigen Bundesstraßen: mindestens 100 MBit/s und höchstens 10 ms Latenz bis 31.12.2024

⁸⁵ Präsidentenkammer der Bundesnetzagentur (2018), Entscheidung über die Vergaberegeln und Auktionsregeln für Frequenzen im Bereich 2 GHz und 3,6 GHz:
https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/DrahtloserNetzzugang/Mobilfunk2020/20181126_Entscheidungen_III_IV.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

- Alle Landes- und Staatsstraßen: mindestens 50 MBit/s bis 31.12.2024
- Seehäfen sowie das Kernnetz der Wasserstraßen im Binnenbereich: mindestens 50 MBit/s bis 31.12.2024
- Schienenwege mit mehr als 2000 Fahrgästen pro Tag: mindestens 100 MBit/s bis 31.12.2022
- Alle übrigen Schienenwege: mindestens 50 MBit/s bis 31.12.2024
- Inbetriebnahme von 1000 „5G-Basisstationen“ und 500 Basisstationen mit mindestens 100 MBit/s in „Weißen Flecken“ bis 31.12.2022

Für Neueinsteiger wie 1&1 Drillisch gelten folgende abweichende Versorgungsaufgaben:

- Mindestens 25 % der Haushalte bis 31.12.2023 versorgen
- Mindestens 50 % der Haushalte bis 31.12.2025 versorgen
- Für Neueinsteiger, die ausschließlich 3,6-Gigahertz-Frequenzen erworben haben: mindestens 25 % der Haushalte versorgen und 1000 „5G-Basisstationen“ errichten.

Die Versorgung anderer Mobilfunknetzbetreiber innerhalb der Verkehrswege wird angerechnet. Die erweiterten Kooperationsmöglichkeiten lassen es zu, dass nicht jeder Netzbetreiber sämtliche Auflagen allein durch den physikalischen Ausbau eines eigenen Netzes vollständig umsetzen muss. Ein frequenztechnischer Schutzabstand zu den lokalen Zuteilungsinhabern oberhalb der 3,7 GHz (d. h. Campusnetzbetreiber) ist seitens der bundesweiten Zuteilungsinhaber unterhalb der 3,7 GHz (d. h. durch die Mobilfunknetzbetreiber) nicht einzuhalten (s. oben).

Zukunft

In kommenden Vergabeverfahren werden weitere Frequenzbereiche bereitgestellt, damit das für 2040 geplante Versorgungsniveau erreicht werden kann. Bei den Frequenzen ab 2025 sowie ab 2033 werden schrittweise neue Auflagen definiert. Die BNetzA wird 2022 bzw. 2030 anhand der technischen und marktrelevanten Entwicklung beginnen, die zukünftigen Vorgaben festzulegen.

Die im Jahr 2004 zugeteilten Frequenzen im Bereich 450 MHz sind bis zum 31.12.2020 befristet. Es wurden u. a. eine Frequenzplanänderung eingeleitet und Rahmenbedingungen entwickelt, unter denen die zukünftige Nutzung dieser Frequenzen erfolgen soll. Der Frequenzbereich 450 MHz soll den besonderen Anforderungen für Anwendungen kritischer Infrastrukturen dienen. Unter kritischen Infrastrukturen versteht man Infrastrukturen, die zur Versorgung der Allgemeinheit vorgesehen sind und deren Ausfall oder Beeinträchtigung zu erheblichen Versorgungsengpässen oder zur Gefährdung des Gemeinwohls führen würden.⁸⁶ Voraussetzung für eine Frequenzzuteilung ist, dass die

⁸⁶ BNetzA, Frequenzbedarfsabfrage für die zukünftige Nutzung der Frequenzen im Frequenzbereich 450 MHz, 2019: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Firmenne

Verträglichkeit mit anderen Frequenznutzungen gegeben und eine effiziente und störungsfreie Nutzung durch den Antragssteller sichergestellt ist.⁸⁷ Durch den oben beschriebenen Rechtsrahmen ist eine Grundlage geschaffen worden, die den Wettbewerb stärken, die Endnutzer schützen und diesen weitere Vorteile wie beispielsweise sinkende Entgelte und größere Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung stellen soll.

8.5 Mobilfunk und Umwelt

Die Nutzung des Mobilfunks hat in den letzten Jahren rasant zugenommen. Diese Entwicklung wird allerdings auch kritisch beleuchtet. Einerseits werden ästhetische und andererseits gesundheitliche Bedenken bei der Errichtung von Funkanlagen geäußert. Seit dem Einsatz der ersten Radio- und Radarsender werden regelmäßig Untersuchungen zu möglichen gesundheitlichen Einwirkungen durchgeführt. Im Jahr 1993 hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) auf Basis dieser Untersuchungen im Rahmen ihrer Schriftenreihe „Environmental Health Criteria“ (EHC) mit den EHC 137 eine ausführliche Analyse und Bewertung biologischer Wirkungen von elektromagnetischen Feldern vorgelegt⁸⁸. In Deutschland werden seit dem Betrieb der ersten Mobilfunksender nach dem GSM-Standard Grenzwerte entsprechend den Empfehlungen der WHO und der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) angewendet. Diese Grenzwerte sind in der 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung vorgegeben. Bei deren Einhaltung gilt Mobilfunk als unbedenklich und in der Praxis wird typischerweise auch nur ein Bruchteil dieser Grenzwerte erreicht. Die Einhaltung der Grenzwerte wird in der Bundesrepublik regelmäßig und sehr konsequent durch die BNetzA überwacht. Ferner dürfen nur Mobilfunkstandorte in Betrieb genommen werden, für die die BNetzA eine Standortbescheinigung erteilt hat. In der Standortbescheinigung sind für die jeweils betrachtete Mobilfunkanlage Sicherheitsabstände ausgewiesen. Außerhalb dieser Abstände werden die in der Verordnung für den Personenschutz festgelegten Grenzwerte unter allen Betriebsbedingungen unterschritten.

Der 5G-Mobilfunk setzt auf Frequenzen, die schon heute für den Mobilfunk genutzt werden oder die für vergleichbare Nutzungen vergeben sind. Daher können Erkenntnisse aus Studien, in denen mögliche Gesundheitswirkungen elektromagnetischer Felder des Mobilfunks untersucht wurden, auf 5G übertragen werden⁸⁹. Das Bundesamt für Strahlenschutz, zu dessen wesentlichen Aufgaben die Sicherheit und der Schutz von Mensch und Umwelt vor Schäden u. a. durch Mobilfunk zählt, geht nach derzeitigem wissenschaftlichem Kenntnisstand von keinen gesundheitlichen Auswirkungen durch 5G aus⁹⁰.

tze/B%C3%BCndelfunk/20171220_Frequenzbedarfsabfrage450MHz.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

87 § 55 Abs. 5 S. 1 Nr. 3 und 4 TKG, 2019

88 <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc137.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

89 <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc137.htm> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

90 http://www.bfs.de/DE/themen/emf/mobilfunk/mobilfunk_node.html (letzter Zugriff: 17.02.2020)

Nachfolgend werden Verweise und Zitate von wissenschaftlichen Expertengruppen aufgeführt, die mit Blick auf ihre Bedeutung im Rahmen von juristischen Verfahren sowie aufgrund ihrer Auswirkungen auf gesetzliche Entscheidungen ein besonderes Gewicht haben.

1. Deutsche Strahlenschutzkommission (SSK), 2011

Die Deutsche Strahlenschutzkommission berät als unabhängiges Fachgremium das Bundesumweltministerium und hat 2011 eine umfassende Stellungnahme zur Bewertung von möglichen biologischen Wirkungen des Mobilfunks vorgelegt. Dabei haben die Fachexperten festgestellt, dass in Bezug auf einzelne Fragen weiterer Forschungsbedarf besteht, dass aber die in Deutschland geltenden Grenzwerte den notwendigen Schutz gewährleisten:

„Das Deutsche Mobilfunk-Forschungsprogramm [DMF] hat einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der wissenschaftlichen Grundlage für die gesundheitliche Bewertung der Exposition durch die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks und damit zur Risikokommunikation geleistet. Die Ergebnisse des DMF zeigen, dass die ursprünglichen Befürchtungen über gesundheitliche Risiken nicht bestätigt werden konnten. Es haben sich durch die Forschungsergebnisse des DMF auch keine neuen Hinweise auf bisher noch nicht bedachte gesundheitliche Auswirkungen ergeben. In Übereinstimmung mit anderen internationalen Gremien (ICNIRP 2009, WHO 2011) kann festgestellt werden, dass die den bestehenden Grenzwerten zugrundeliegenden Schutzkonzepte nicht in Frage gestellt sind.

Aus der Sicht des Strahlenschutzes ist festzustellen, dass auf Basis der durchgeführten Forschungsprojekte die Gesamtsituation der biologisch-medizinischen Wirkungen der Felder des Mobilfunks nicht endgültig geklärt werden konnte. In diesem Sinn ist es verständlich, wenn trotz der Tatsache, dass die ursprünglichen Hinweise auf potenzielle gesundheitliche Wirkungen des Mobilfunks nicht bestätigt wurden, noch Forschungsbedarf bestehen bleibt. Die weiterhin dynamische Entwicklung neuer Funktechnologien und die Nutzung neuer Frequenzen und Übertragungsformen lassen darüber hinaus ebenfalls eine begleitende Forschung, Immissionskontrolle und Expositionsbeurteilung als sinnvoll erscheinen.“⁹¹

2. Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), 2018

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) bündelt als eine selbstständige wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Kompetenzen im Bereich des Strahlenschutzes. Dazu gehören Wirkungen und Risiken von ionisierender und nichtionisierender Strahlung, radiologischer Notfallschutz, Überwachung der Umweltradioaktivität und der medizinische und berufliche Strahlenschutz. Darüber hinaus initiiert und koordiniert das BfS im Rahmen des Ressortforschungsplans des Bundesumweltministeriums

⁹¹ http://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/2013/Statusbericht_EMF.pdf?__blob=publicationFile (letzter Zugriff: 17.02.2020)

regelmäßig Forschungsvorhaben hinsichtlich der Expositionen der Bevölkerung und möglichen gesundheitlichen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder. Unter anderem war das BfS von 2002 bis 2008 für die Durchführung des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms zuständig. Forschungsergebnisse, Bewertungen und Empfehlungen werden auf den Internetseiten des BfS publiziert. Zur 5G-Technologie hat das BfS die folgende Bewertung abgegeben:

„Selbstfahrende Autos, sprachgesteuerte Assistenten, intelligente Kühlschränke – die Internationale Funkausstellung (IFA) vom 4. bis 9. September 2019 in Berlin verdeutlicht, wie das Internet unseren Alltag vernetzt. Die Einführung des neuen Mobilfunkstandards 5G wird diesen Trend fortsetzen und weiter beschleunigen. Auch die Zahl der Sendeanlagen und Geräte, die elektromagnetische Felder erzeugen, nimmt damit zu. Die vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den Wirkungen elektromagnetischer Felder auf den Menschen sind laut Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) auch für 5G weitestgehend aussagekräftig. ‚Wenn der Aufbau der nötigen Infrastruktur umsichtig erfolgt, sind auch durch 5G keine gesundheitlichen Wirkungen zu befürchten‘, betont die Präsidentin der Behörde, Inge Paulini.“⁹²

3. Deutsche Bundesregierung, 2018

Die Bundesregierung unterrichtet den Bundestag regelmäßig über Forschung und Emissionen des Mobilfunks. Zuletzt wurde im Dezember 2018 der Achte Bericht der Bundesregierung über die Forschungsergebnisse in Bezug auf die Emissionsminderungsmöglichkeiten der gesamten Mobilfunktechnologie und in Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen erstellt.

„Auch auf der Basis der neueren Ergebnisse kann festgestellt werden, dass durch die geltenden Grenzwerte der 26. BImSchV die Bevölkerung ausreichend vor gesundheitlichen Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder geschützt ist. Um die fachlichen Grundlagen für die Risikobewertung weiter zu verbessern, fördert das Bundesumweltministerium weiterhin gezielt Forschung auf dem Gebiet des Mobilfunks – insbesondere zu Langzeitwirkungen und Wirkungen auf Kinder, aber auch zur Verbesserung der Datenlage hinsichtlich neuer Technologien. Außerdem wurde die weitere Verbesserung der Risikokommunikation durch entsprechende Forschungsprojekte – auch unter finanzieller Beteiligung der Mobilfunk-Netzbetreiber – unterstützt.“⁹³

⁹² <http://www.bfs.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BfS/DE/2018/010.html> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁹³ <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/062/1906270.pdf> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

4. European Commission's Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), 2015

Das „European Commission's Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks“ (SCENIHR) wird von der Europäischen Kommission berufen und berät diese. Zu den gesundheitlichen Fragen in Bezug auf elektromagnetische Felder hat SCENIHR zuletzt im Jahr 2015 eine Stellungnahme „Opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF)“ veröffentlicht:

„The results of current scientific research show that there are no evident adverse health effects if exposure remains below the levels recommended by the EU legislation. Overall, the epidemiological studies on radiofrequency EMF exposure do not show an increased risk of brain tumours. Furthermore, they do not indicate an increased risk for other cancers of the head and neck region.

Previous studies also suggested an association of EMF with an increased risk of Alzheimer's disease. New studies on that subject did not confirm this link.

Epidemiological studies associate exposure to Extremely Low Frequency (ELF) fields, from longterm living in close proximity to power lines to a higher rate of childhood leukaemia. No mechanisms have been identified and no support from experimental studies could explain these findings, which, together with shortcomings of the epidemiological studies prevent a causal interpretation.

Concerning EMF hypersensitivity (idiopathic environmental intolerance attributed to EMF), research consistently shows that there is no causal link between self-reported symptoms and EMF exposure.“⁹⁴

5. SCENIHR-Information: „Gefährdet die Exposition durch elektromagnetische Felder die Gesundheit?“, März 2015

„Die Ergebnisse aktueller wissenschaftlicher Forschung zeigen, dass es keine offensichtlichen, gesundheitsschädigenden Wirkungen gibt, wenn die Exposition unter den Werten bleibt, die von derzeitigen Normen festgelegt sind. Einige Studien deuteten einen Zusammenhang an von EMF, die durch Mobiltelefone entstehen, und einem erhöhtem Krebsrisiko des Hörnervs und mit Gehirntumoren. Andere Studien bestätigten diesen Zusammenhang jedoch nicht, und insbesondere ein Ergebnis regt zur Vorsicht bei der Deutung dieses Zusammenhangs an: die Häufigkeit der entsprechenden Tumore hat sich seit der Einführung der Mobiltelefone nicht erhöht.

Frühere Studien haben ebenfalls einen Zusammenhang von EMF und einem erhöhten Risiko, an Alzheimer zu erkranken, nahegelegt. Neue Studien zu diesem Thema bestätigten diese Verbindung nicht.

Epidemiologische Untersuchungen lassen vermuten, dass es bei Vorliegen einer Exposition durch niederfrequente magnetische Felder (ELF) in der Wohnumgebung, z. B. von nahen Hochspannungsleitungen, ein zusätzliches Risiko für Kinderleukämie, einem seltenen Blutkrebs, gibt. Dieser

⁹⁴https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consultations/public_consultations/scenih_r_consultation_19_en (letzter Zugriff: 17.02.2020)

Zusammenhang ist durch Tier- und Zelluntersuchungen weder erklärt noch bekräftigt worden. Bisher konnten Forschungsergebnisse keinen möglichen Mechanismus zur Erklärung eines solchen Zusammenhangs finden. Weitere Forschungen sind nötig, um einen möglichen kausalen Zusammenhang zu bestätigen oder auszuschließen.“⁹⁵

6. Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP), 2018

ICNIRP ist ein in München eingetragener, gemeinnütziger Verein mit wissenschaftlichem Auftrag. ICRNIP wird von der WHO und der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO) als offizielle kooperierende Nichtregierungsorganisation (NGO) anerkannt und wird von der Europäischen Kommission konsultiert.

ICNIRP erarbeitet und veröffentlicht wissenschaftlich fundierte Empfehlungen zur Begrenzung der Exposition gegenüber nichtionisierender Strahlung (NIR). Experten aus verschiedenen Ländern und Disziplinen wie Biologie, Epidemiologie, Medizin, Physik und Chemie arbeiten mit und innerhalb von ICNIRP zusammen, um das Risiko einer Exposition zu bewerten. Im Juli 2018 hat ICNIRP den Entwurf seiner aktuellen Empfehlungen veröffentlicht und für 90 Tage öffentlich zur Diskussion gestellt. Insbesondere im Frequenzbereich des Mobilfunks bestätigt die Empfehlung im Wesentlichen die bisherigen Grenzwerte. Im Dezember 2017 hatte ICNIRP die folgende Mitteilung zu den in Bearbeitung befindlichen ICNIRP Empfehlungen herausgegeben:

„As part of the revision process ICNIRP has considered in detail whether the 1998 guidelines remain protective for current exposure scenarios, where it was noted that the anticipated changes relate primarily to the improvement of transparency and consistency across the exposure limits and the addition of new limits to account for exposure situations associated with potential technological advances, and further that the anticipated exposure limit changes are very small compared to the large degree of precaution that was built into the 1998 guidelines. ICNIRP therefore concluded that the 1998 guidelines do remain protective. That is, the 1998 guidelines still provide protection against all known health effects of high-frequency radiation within the frequency range 100 kHz – 300 GHz.

However, if ICNIRP should discover aspects of the 1998 guidelines that are not sufficiently protective during the remainder of the high-frequency guidelines revision process, ICNIRP will immediately publish interim amendments that would remain in force until the revised guidelines are published.“⁹⁶

⁹⁵ http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/docs/citizens_emf_de.pdf
(letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁹⁶ <https://www.icnirp.org/en/activities/news/news-article/revision-of-hf-guidelines-2017.html>
(letzter Zugriff: 17.02.2020)

7. Weltgesundheitsorganisation, 2006, 2014

Die WHO untersucht im Rahmen des Internationalen EMF-Projekts fortlaufend die neuesten wissenschaftlichen Studien zu möglichen gesundheitlichen Wirkungen von elektromagnetischen Feldern.⁹⁷ Zur Information der Bevölkerung werden sog. Fact Sheets herausgegeben. Das Fact Sheet Nr. 304 (Mai 2006) behandelt „Elektromagnetische Felder und öffentliche Gesundheit – Basisstationen und drahtlose Technologie“ (Anlage 5). Darin kommt die WHO zu folgender Schlussfolgerung:

„Berücksichtigt man die sehr niedrigen Feldstärken und die bisher vorhandenen Forschungsergebnisse, lässt sich kein überzeugender wissenschaftlicher Beleg dafür finden, dass sich die schwachen HF-Signale von Basisstationen und drahtlosen Netzwerken nachteilig auf die menschliche Gesundheit auswirken.“⁹⁸

Im Fact Sheet Nr. 193 vom Oktober 2014, „Elektromagnetische Felder und öffentliche Gesundheit: Mobiltelefone“ (Anlage 6), bestätigt die WHO diese Einschätzung zu den vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchungen:

„In den letzten zwei Jahrzehnten wurde eine große Zahl von Studien zur Bewertung möglicher gesundheitlicher Wirkungen von Mobiltelefonen durchgeführt. Bis heute konnten keine negativen Gesundheitseffekte durch die Nutzung von Mobiltelefonen festgestellt werden.“⁹⁹

⁹⁷ <http://www.who.int/peh-emf/project/en/> (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁹⁸ http://www.who.int/ionizing_radiation/pub_meet/factsheets/bs_fs_304_german.pdf?ua=1 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

⁹⁹ http://www.who.int/pehemf/publications/facts/FS193_German_Aug2015.pdf?ua=1 (letzter Zugriff: 17.02.2020)

Weitere Quellen:

Institution	Link
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)	http://www.bfs.de/DE/themen/emf/emf_node.html;sessionid=29B150BDFA9EAE9C0026D75F4E42A
Deutsche Bundesregierung: 8. Bericht über die Forschungs-ergebnisse in Bezug auf die Emissionsminderungsmöglichkeiten der gesamten Mobilfunktechnologie und in Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen	Bundestagsdrucksache 19/6270 http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/062/1906270.pdf
Deutsches Mobilfunkforschungsprogramm	http://www.emf-forschungsprogramm.de/
Deutsche Strahlenschutzkommission (SSK)	http://www.ssk.de/DE/Ausschuesse/Nichtionisierende_Strahlen/nichtionisierendeStrahlen_node.html
European Commission's Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR)	http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/index_en.htm http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf
International Commission for Non-ionising Radiation Protection (ICNIRP)	http://www.icnirp.org/ https://www.icnirp.org/en/activities/public-consultation/consultation-1.html
World Health Organisation/Weltgesundheitsorganisation (WHO)	http://www.who.int/peh-emf/en/

9 Glossar

3

3GPP

3rd Generation Partnership Project 10, 46

A

ATC

American Tower Company Germany Services GmbH
(Infrastrukturbetreiber) 47

B

BfDI

Bundesbeauftragter für den Datenschutz und die Informationsfreiheit 22

BfS

Bundesamt für Strahlenschutz 75, 76, 80

BFWA

Broadband Fixed Wireless Access 67

BMBF

Bundesministerium für Bildung und Forschung 20, 58

BMVI

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 7, 17, 26, 51, 55, 56, 58, 59, 62, 71

BNetzA

Bundesnetzagentur 16, 22, 47, 50, 54, 59, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 73

Breitbandatlas

BBA 26

BSI

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 22

C

CORINE

Coordination of Information on the Environment 27

D

DMF

Deutsche Mobilfunk-Forschungsprogramm 75

E

EDGE

engl. für Rand oder Kante 11

EHC

Environmental Health Criteria 74

EMF

Elektromagnetische Felder 75, 77, 79

EMVG

Elektromagnetische-Verträglichkeit-Gesetz 67

F

FUAG

Funkanlagengesetz 67

G

GIS

Geographische Informationssysteme 49, 51, 52

GSM

2. Mobilfunkgeneration (Global System for Mobile Communications) 15, 74

I

ICNIRP

Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung 74, 75, 78, 80

K

KMU

Kleine und mittlere Unternehmen 35

L

LK

Landkreis 28, 45, 56

LTE

4. Mobilfunkgeneration (Long Term Evolution) 10, 11, 15, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 46, 51

M

MdB

Mitglied des Bundestags 45

MNO

Mobile Network Operator
(Mobilfunknetzbetreiber) 28, 42, 59, 60, 61, 62, 63

Mobilfunknetzbetreiber 16, 25, 26, 28, 41, 46, 49, 51, 52, 62, 70, 72, 73

MNO 17, 25, 46

N

NB IoT

NarrowBand Internet of Things 11, 52, 92

NGA

Next Generation Access, einheitliche paketvermittelnde Netzinfrastruktur und -architektur für Telekommunikation 70, 71

R

RSPG

Radio Spectrum Policy Group, ist ein Beratergremium in frequenzpolitischen Fragen der Europäischen Kommission 69

S

SCENIHR

European Commission's Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks 77, 80

SSK

Deutsche Strahlenschutzkommission 75, 80

T

TKG

Telekommunikationsgesetz 67, 68, 70, 71, 74

TÜV

Technischer Überwachungsverein 36, 40, 41, 44, 49, 51, 52, 57, 92

U

UMTS

3. Mobilfunkgeneration (Universal Mobile Telecommunication System) 15, 16

W

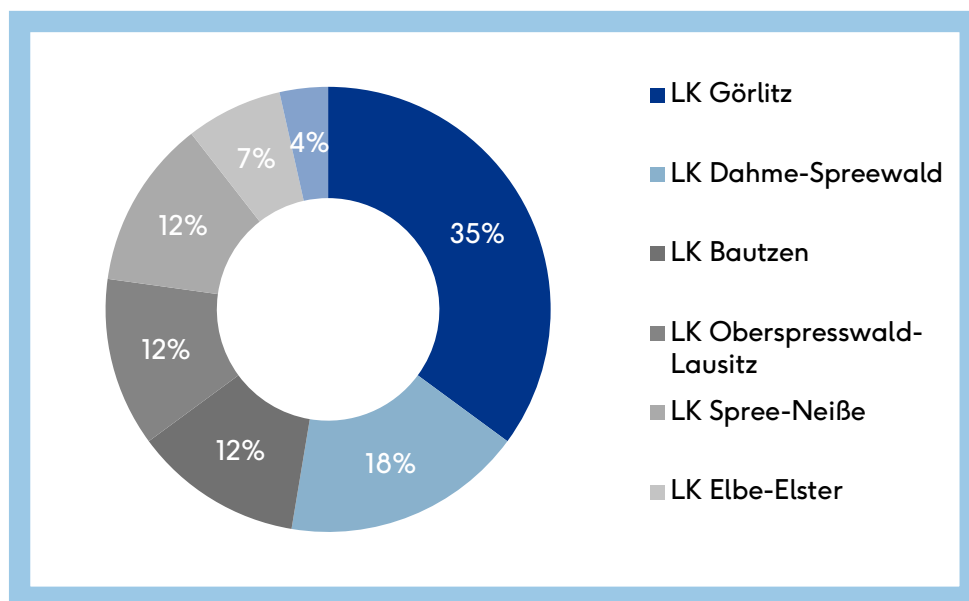
WHO

Weltgesundheitsorganisation 74, 75, 78, 79, 80

10 Anhang

10.1 Ergebnisse der Umfrage

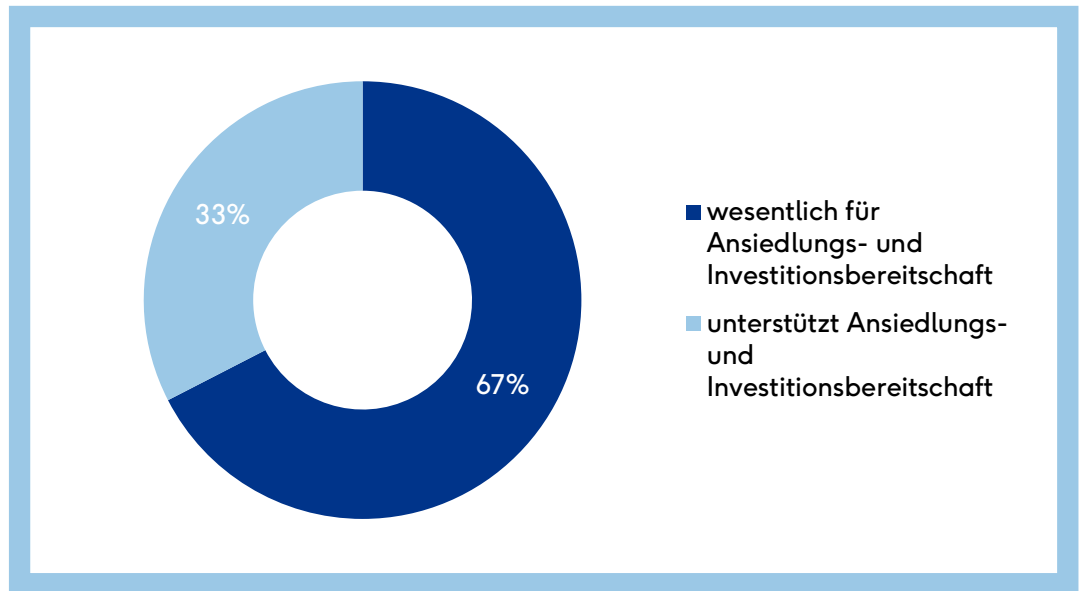
1. Bitte wählen Sie zunächst den Namen Ihres Landkreises aus und geben Sie den Namen Ihrer Kommune an, damit wir die Ergebnisse zuordnen können.



Basis der Auswertung:

Von 60 Teilnehmern haben	Anzahl	Prozent
Frage gesehen	60	100,00
Frage beantwortet	57	95,00
Frage nicht beantwortet	3	5,00

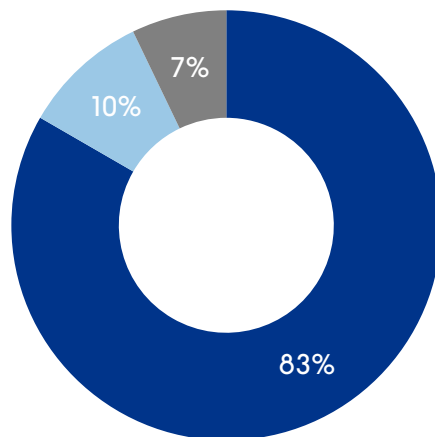
2. Sind Sie der Meinung, dass die Verfügbarkeit neuester Mobilfunk- und Telekommunikationstechnologien die Ansiedlung von Gewerbe und Industrie befördert?



Basis der Auswertung:

von 60 Teilnehmern haben	Anzahl	Prozent
Frage gesehen	57	95,00
Frage beantwortet	43	71,67
Frage nicht beantwortet	17	28,33

3. Welcher Art ist Ihr Interesse an der 5G-Technologie?



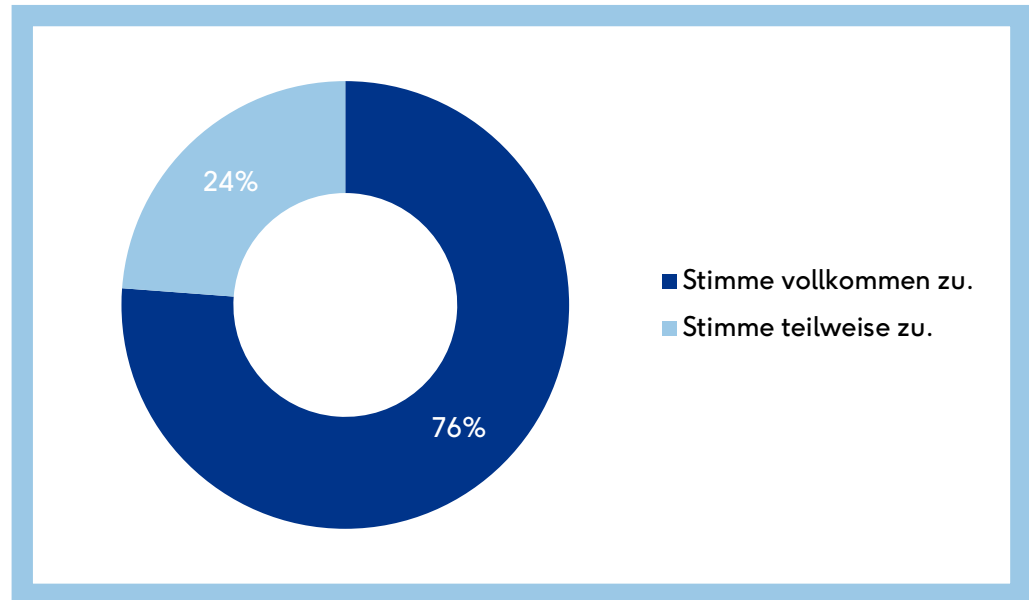
- Vertreter der Politik und Verwaltung habe ich aufgrund meiner Funktion großes Interesse bzw. sehe die Notwendigkeit, informiert zu sein
- Arbeitgeber oder Angestellter jederzeit an der Nutzung moderner Medien für die geschäftlichen Abläufe in meinem Unternehmen interessiert
- technisch interessierter Mobilfunk-Privatkunde

Basis der Auswertung:

von 60 Teilnehmern haben	Anzahl	Prozent
Frage gesehen	57	95,00
Frage beantwortet	42	70,00
Frage nicht beantwortet	18	30,00

4. Stimmen Sie der folgenden Aussage zu?

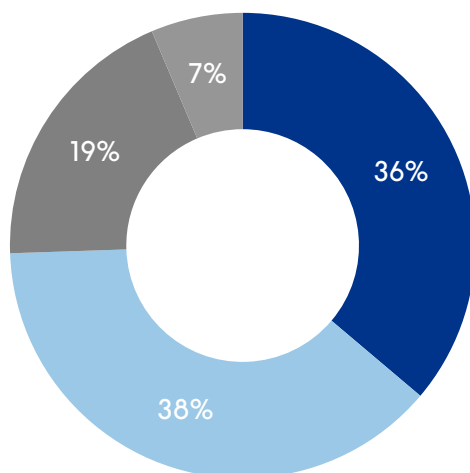
„Telekommunikation, Digitale Transformation und Elektromobilität bedingen einander bzw. sind Basis für technische Innovationen und ermöglichen neue Geschäftsmodelle.“



Basis der Auswertung:

von 60 Teilnehmern haben	Anzahl	Prozent
Frage gesehen	57	95,00
Frage beantwortet	42	70,00
Frage nicht beantwortet	18	30,00

5. Was haben Sie bislang über die neue Mobilfunktechnologie 5G erfahren?

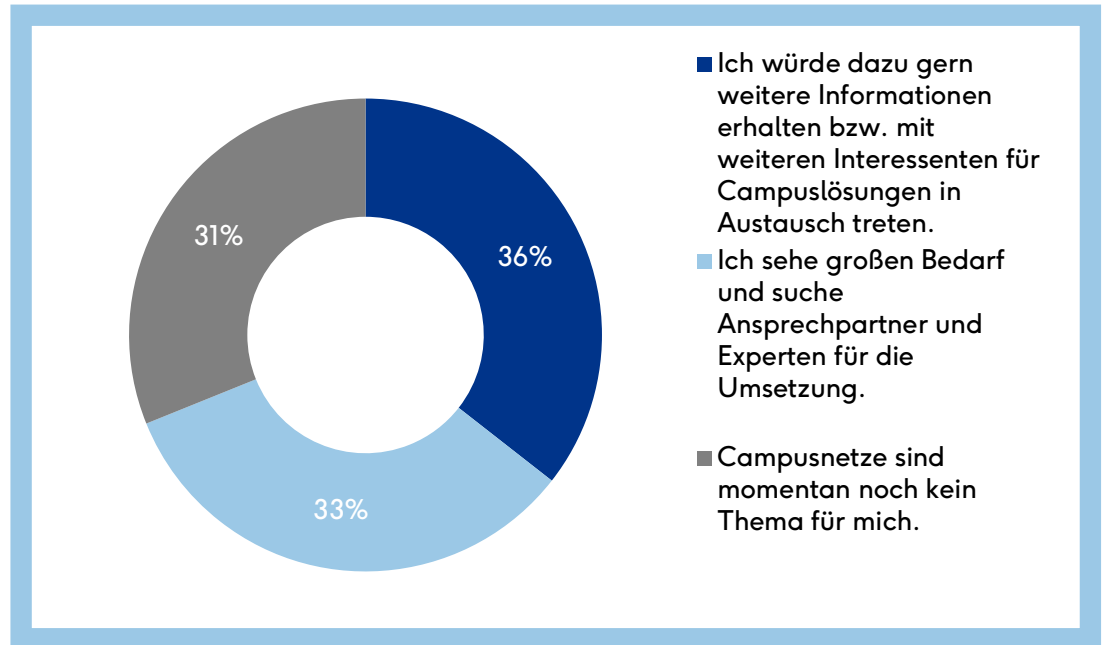


- Ich verstehe 5G als evolutionäre Weiterentwicklung bisheriger Mobilfunktechnologien.
- Ich verfolge die Presse und Berichterstattung, habe aber noch keine genauen Vorstellungen von den Leistungsmerkmalen und technischen Möglichkeiten der neuen Technologie.
- Ich habe mich bereits damit auseinandergesetzt und würde meine Ideen für konkrete Anwendungen oder Projekte im Austausch mit Experten oder möglichen Partnern gern weiterentwickeln.
- Ich bin technischer Laie, würde aber gern mehr über die neue Technologie erfahren.

Basis der Auswertung:

von 60 Teilnehmern haben	Anzahl	Prozent
Frage gesehen	57	95,00
Frage beantwortet	42	70,00
Frage nicht beantwortet	18	30,00

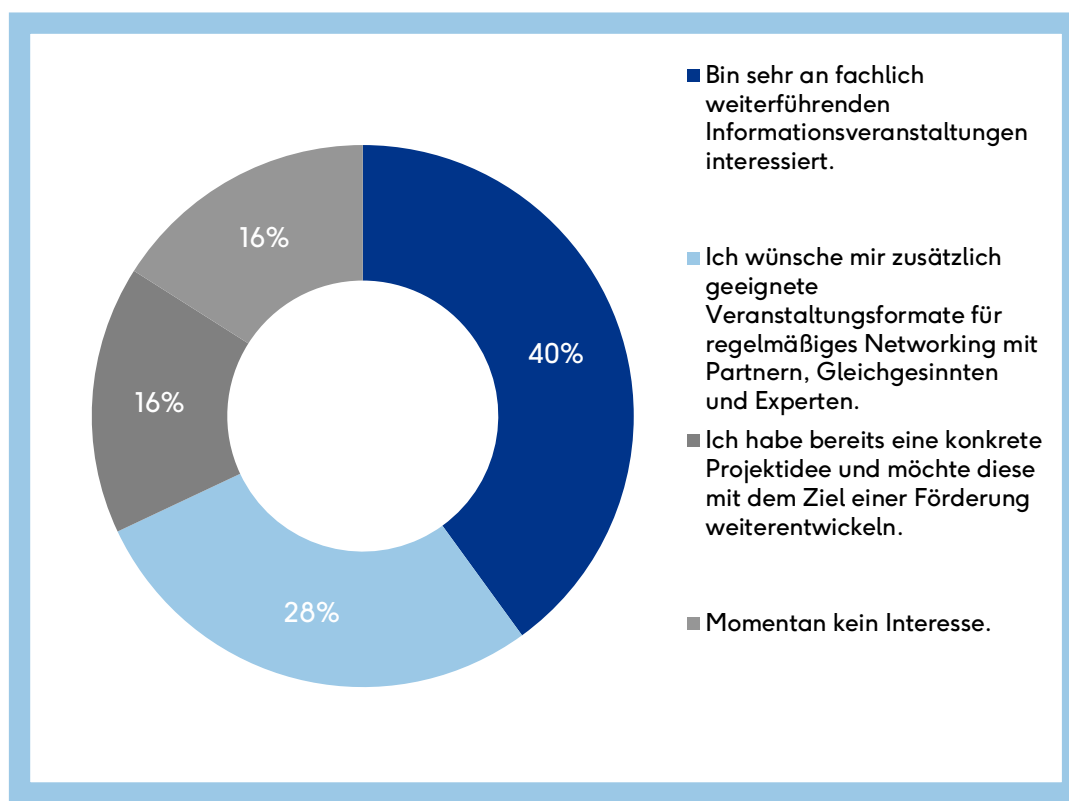
6. Im 5G-Netz besteht die Möglichkeit, neben kommerziell verfügbaren 5G-Netzen auch in sich abgeschlossene kleine Campusnetze zu realisieren (z. B. für Gewerbeparks, Betriebsflächen, Marktplätze, Hochschulen etc.).



Basis der Auswertung:

von 60 Teilnehmern haben	Anzahl	Prozent
Frage gesehen	57	95,00
Frage beantwortet	42	70,00
Frage nicht beantwortet	18	30,00

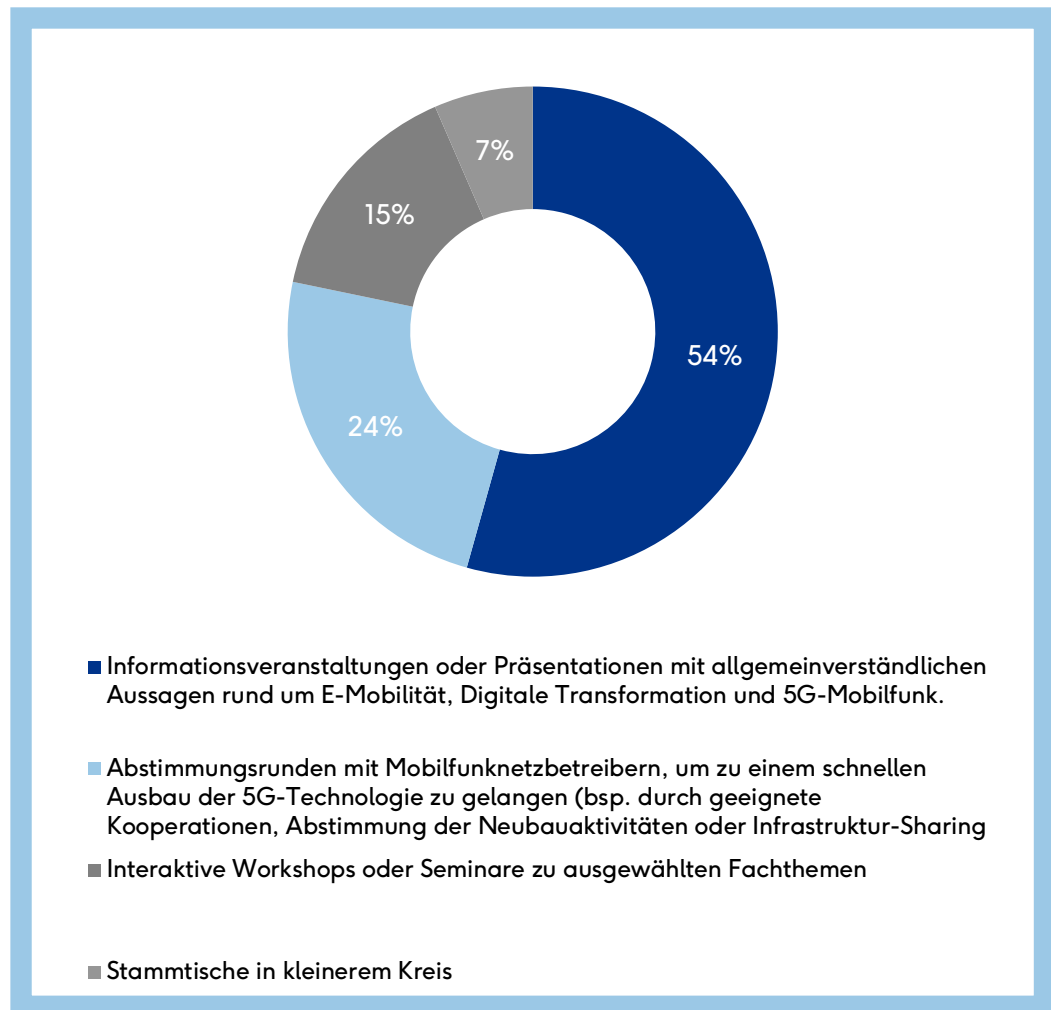
7. Haben Sie Interesse an weiterführenden Informations- und Netzwerkveranstaltungen zum Thema Mobilkommunikation/5G?



Basis der Auswertung:

von 60 Teilnehmern haben	Anzahl	Prozent
Frage gesehen	57	95,00
Frage beantwortet	42	70,00
Frage nicht beantwortet	18	30,00

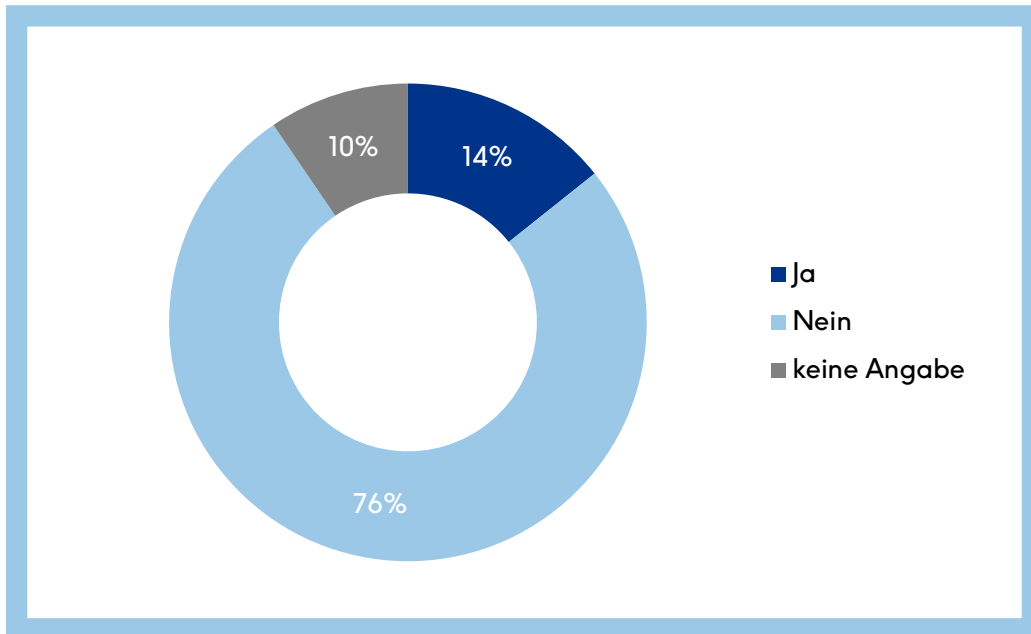
8. Welche Formate würden Sie bevorzugen?



Basis der Auswertung:

von 60 Teilnehmern haben	Anzahl	Prozent
Frage gesehen	34	56,67
Frage beantwortet	32	53,33
Frage nicht beantwortet	28	46,67

9. Sind Ihnen bereits geplante Projekte bzw. Aktivitäten bezüglich 5G-Anwendungen oder 5G-Netzen in Ihrem Landkreis/Ihrer Kommune bekannt?



Basis der Auswertung:

von 60 Teilnehmern haben	Anzahl	Prozent
Frage gesehen	57	95,00
Frage beantwortet	42	70,00
Frage nicht beantwortet	18	30,00

10.2 Agendas der Fachworkshops Lausitz

Workshop 1:

5G-Campusnetze und Drohnen (30 Teilnehmer)

Datum Mittwoch, 25. September 2019

Ort: Schloss Lübbenau

Referenten:

Dr. Christina Eisenberg, Schatzmeisterin CURPAS

Thema: Drohnen

Prof. Frank Fitzek, Inhaber Telekom-Lehrstuhl

Thema: 5G-Campusnetze

Dr. Axel Schulz, TÜV Rheinland Consulting

Thema: Thema Rechtlicher Rahmen für die Vergabe von 5G-Campusnetz-Lizenzen

Workshop 2:

5G-Testfeld und Narrow Band IoT (35 Teilnehmer)

Datum: Mittwoch, 9. Oktober 2019

Ort: Konrad-Zuse-Museum Hoyerswerda

Referenten:

Dr. Ralf Irmer, Chief Innovation Architekt Vodafone

Thema: NB IoT-Grundlagen

Dr. Matthias Stege, CEO Exelonix

Thema: NB IoT-Anwendungen

Dr. Norman Franchi, Geschäftsführer 5G-Lab Germany

Thema: 5G-Testfeld Lausitz

10.3 Analyse der eingereichten Projektskizzen vs. 5G-Anwendungsszenarien

[illegible]

Förderung

Gefördert aus Mitteln des Bundes, des Freistaates Sachsen und des Landes Brandenburg im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsinfrastruktur“.

Gefördert durch:



Impressum

Herausgeber:

Wirtschaftsregion Lausitz GmbH
Projekt Zukunftswerkstatt Lausitz
Heideweg 2, 02953 Bad Muskau
T +49 35771 6599-10
E zukunft@wirtschaftsregion-lausitz.de

In Zusammenarbeit mit:

TÜV Rheinland Consulting GmbH