



**5G.NRW**

Competence Center

Ein Jahr 5G in Deutschland:  
Politische Strategien, Maßnahmen und Umsetzung

Oktober 2020

---

## Autoren



Yachen Gong

Monika Gatzke

Henning Horn

---

## Kontakt



Institut SIKoM+ | Bergische Universität Wuppertal

Rainer-Gruenter-Straße 21

42119 Wuppertal

E-Mail: [info@5G.NRW](mailto:info@5G.NRW)

Telefon: +49 202 439 - 1026

Fax: +49 202 439 - 1037

---

## Gefördert durch

Ministerium für Wirtschaft, Innovation,  
Digitalisierung und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	5
<b>2. 5G - Entwicklung auf Bundesebene</b> .....	6
2.1. Status Quo der 4G-Netzabdeckung .....	6
2.2. Die 5G-Strategie 2017 .....	9
2.3. 5G-Netzabdeckungsverpflichtungen der MNOs aus der Frequenzauktion 2019 .....	10
2.4. Mobilfunkstrategie 2019 und ihre Umsetzung .....	11
2.4.1. Mobilfunkstrategie 2019 .....	11
2.4.2. 5x5G-Innovationswettbewerb.....	12
2.4.3. 5G-Modellregionen .....	12
2.5. Das Zukunftspaket 2020 .....	13
<b>3. 5G- Strategien, Maßnahmen und Projekte in einzelnen Bundesländern</b> .....	14
3.1. Nordrhein-Westfalen.....	14
3.1.1. Strategie und Maßnahmen.....	14
3.1.2. 5G-Aktivitäten .....	15
3.2. Baden-Württemberg .....	22
3.2.1. Strategie und Maßnahmen.....	22
3.2.2. 5G-Aktivitäten .....	22
3.3. Bayern.....	23
3.3.1. Strategie und Maßnahmen.....	23
3.3.2. 5G-Aktivitäten .....	24
3.4. Berlin .....	27
3.4.1. Strategie und Maßnahmen.....	27
3.4.2. 5G-Aktivitäten .....	27
3.5. Brandenburg.....	29
3.5.1. Strategie und Maßnahmen.....	29
3.5.2. 5G-Aktivitäten .....	30
3.6. Bremen .....	30
3.6.1. Strategie und Maßnahmen.....	30
3.6.2. 5G-Aktivitäten .....	31
3.7. Hamburg.....	33
3.7.1. Strategie und Maßnahmen.....	33

3.7.2.	5G-Aktivitäten .....	33
3.8.	Hessen .....	34
3.8.1.	Strategie und Maßnahmen.....	34
3.8.2.	5G-Aktivitäten .....	35
3.9.	Mecklenburg-Vorpommern.....	35
3.9.1.	Strategie und Maßnahmen.....	35
3.9.2.	5G-Aktivitäten .....	35
3.10.	Niedersachsen .....	35
3.10.1.	Strategie und Maßnahmen.....	35
3.10.2.	5G-Aktivitäten .....	36
3.11.	Rheinland-Pfalz.....	37
3.11.1.	Strategie und Maßnahmen.....	37
3.11.2.	5G-Aktivitäten .....	37
3.12.	Saarland.....	38
3.12.1.	Strategie und Maßnahmen.....	38
3.12.2.	5G-Aktivitäten .....	38
3.13.	Sachsen.....	38
3.13.1.	Strategie und Maßnahmen.....	38
3.13.2.	5G-Aktivitäten .....	38
3.14.	Sachsen-Anhalt.....	39
3.14.1.	Strategie und Maßnahmen.....	39
3.14.2.	5G-Aktivitäten .....	40
3.15.	Schleswig-Holstein.....	40
3.15.1.	Strategie und Maßnahmen.....	40
3.15.2.	5G-Aktivitäten .....	40
3.16.	Thüringen .....	41
3.16.1.	Strategie und Maßnahmen.....	41
3.16.2.	5G-Aktivitäten .....	41
<b>4.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>42</b>
	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>44</b>

## 1. Einleitung

Im Vergleich zu 4G bietet die neueste Mobilfunktechnologie 5G zahlreiche Vorteile, u. a. eine höhere Datenrate (Peak-Downlink-Rate mit 20 GBit/s), Nutzung höherer Frequenzbereiche, erhöhte Frequenzkapazität, kürzere Latenzzeiten und vieles mehr. Auf Grundlage dieser Leistungsmerkmale wird die 5G-Technik neue Anwendungsszenarien ermöglichen.

Bereits im Jahr 2016 hat sich die Europäische Kommission auf einen gemeinsamen Fahrplan für die Entwicklung von 5G-Netzen geeinigt: zwischen 2018 und 2025 soll 5G ausgerollt werden. Bis 2020 soll bereits in allen EU-Mitgliedsstaaten zumindest eine Großstadt mit einem 5G-Netz versorgt werden. Ab 2025 soll eine Verfügbarkeit in allen größeren Städten und entlang aller wesentlichen Verkehrswege bestehen.<sup>1</sup>

Auch Deutschland orientiert sich an dem entwickelten Fahrplan und hat im Jahre 2019 durch die Versorgungsverpflichtungen die eigenen bundespolitischen Vorgaben konkretisiert. Die Umsetzung obliegt im deutschen Föderalismus allerdings den Bundesländern. Daher geht die vorliegende Studie den folgenden Fragen nach: Haben die Bundesländer ihre eigene 5G-Strategie entwickelt? Was für Maßnahmen haben sie für den 5G-Netzausbau abgeleitet? Wie aktiv sind die einzelnen Bundesländer im Hinblick auf die Umsetzung eigener 5G-Projekte?

Zunächst ist festzuhalten, dass alle Bundesländer den generellen Mobilfunknetzausbau als eine der wesentlichen infrastrukturellen Grundlagen der eigenen Digitalisierung erachten und natürlich auch die Entwicklung der Netzinfrastruktur strategisch vorantreiben. Im Kontext des Glasfaserausbaus orientieren sich alle Bundesländer bereits an der Bundesstrategie. Eine flächendeckende Glasfaserversorgung bildet die infrastrukturelle Grundlage für den neuen 5G-Mobilfunkstandard, da die zahlreichen neuen Mobilfunkstandorte auf eine Anbindung an das Glasfasernetz angewiesen sind. Nur so kann eine flächendeckende Gigabitversorgung mit Kabel und Mobilfunk in der gesamten Bundesrepublik gewährleistet werden.

Zurzeit ist Nordrhein-Westfalen das einzige Bundesland, das eine eigene 5G-Strategie über die bundesweite Strategie des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hinaus entwickelt hat. Thüringen hat angekündigt, eine 5G-Strategie zu entwickeln, die jedoch noch nicht erschienen ist. Bayern hat eine konkrete „5G-Initiative“ in die eigene Digitalstrategie integriert und somit dem Thema einen höheren Stellenwert eingeräumt. Viele andere Bundesländer, beispielsweise

---

<sup>1</sup> Europäische Kommission (2016): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - 5G for Europe: An Action Plan.

Baden-Württemberg, Berlin, Brandenburg und Hessen, haben in ihren Digitalstrategien auch den Aufbau von 5G-Testfeldern skizziert.

Die vorliegende Studie skizziert zunächst die 5G-Strategie der Bundesregierung und beleuchtet dabei konkrete Maßnahmen und entsprechende 5G-Aktivitäten. Anschließend wird dieses Schemata für die Analyse der 5G-Aktivitäten in den 16 Bundesländer angewendet.

## **2. 5G - Entwicklung auf Bundesebene**

Die 5G-Strategie der Bundesregierung bildet im Kontext mit den entsprechenden Gesetzestexten sowie den aus den Auktionen der Mobilfunklizenzen resultierenden Versorgungsaufgaben für die Mobile Network Operator (MNO) die Grundlage für die 5G-Entwicklung in den einzelnen Bundesländern. Von besonderem Interesse sind dabei die „5G-Strategie“ aus dem Jahr 2017 und das „Zukunftspaket“ aus dem Jahr 2020. Diese zentralen Dokumente der Bundesregierung geben einen Überblick über die deutschen Prioritäten beim flächendeckenden Rollout der neuen Mobilfunkgeneration sowie über die Ziele bei der Entwicklung und Etablierung neuer innovativer 5G-Use Cases.

### **2.1. Status Quo der 4G-Netzabdeckung**

Bei der Frequenzauktion 2015 wurden Frequenzen im Umfang von 270 MHz aus den Bereichen 700 MHz, 900 MHz, 1.500 MHz sowie 1.800 MHz versteigert. Die Frequenzen aus den Bereichen 900 MHz und 1.800 MHz sind zentral für den Aufbau der Mobilfunknetze, vor allem für die flächendeckende mobile Sprachkommunikation. Sie sollen zukünftig auch für Breitbandinternetanschlüsse verwendet werden.<sup>2</sup> Die Versteigerung von Mobilfunkfrequenzen in Deutschland fällt in das Aufgabenspektrum der Bundesnetzagentur (BNetzA). Ziel der Bundesnetzagentur ist es, mit dem Einsatz dieser Frequenzen eine möglichst flächendeckende Versorgung der Bevölkerung mit Breitbandinternet zu erreichen. Alle drei beteiligten Mobilfunknetzbetreiber (Mobile Network Operator - MNO), Telefónica Deutschland GmbH & Co. OHG, Telekom Deutschland GmbH und Vodafone GmbH, sind verpflichtet, bis zum Ende 2020, eine flächendeckende Breitbandversorgung der Bevölkerung mit Übertragungsraten von mindestens 50 Mbit/s pro Antennensektor sicherzustellen. Dafür gilt es eine Abdeckung von mindestens 98 Prozent der Haushalte deutschlandweit und in jedem Bundesland

---

<sup>2</sup> Bundesnetzagentur (2015): Mobiles Breitband - Projekt 2016.

mindestens 97 Prozent zu erreichen. Zudem sollen Hauptverkehrswege (z. B. Bundesautobahnen und ICE-Strecken) ebenfalls weitestgehend vollständig versorgt werden.<sup>3</sup>

In der Frequenzauktion 2015 investierten die drei beteiligten MNOs Telefónica Deutschland GmbH & Co. OHG, Telekom Deutschland GmbH und Vodafone GmbH insgesamt 5,1 Mrd. Euro. Dabei entfielen auf Telefónica Deutschland 1,2 Mrd. Euro, auf die Deutsche Telekom 1,8 Mrd. Euro und auf die Vodafone GmbH 2,1 Mrd. Euro.<sup>4</sup>

Nach den Angaben der Bundesnetzagentur vom 11. Mai 2020 ist festzustellen, dass die Deutsche Telekom und Vodafone den Versorgungsgrad von mindestens 97 Prozent der Haushalte weitestgehend erreicht haben. Bei der Deutschen Telekom sind Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und das Saarland die Ausnahmen. Bei Vodafone sind es Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz und das Saarland. Telefónica hingegen kann den Versorgungsgrad von mindestens 97 Prozent der Haushalte lediglich in Berlin, Bremen und Hamburg nachweisen.<sup>5</sup>

Versorgungsaufgaben		Telefónica	Telekom	Vodafone
Baden-Württemberg	97%	82,70%	96,01% (97,8%)*	97,70%
Bayern	97%	80,70%	97,58%	98,30%
Berlin	97%	100%	99,96%	100%
Brandenburg	97%	62,60%	97,50%	99%
Bremen	97%	99,90%	99,99%	100%
Hamburg	97%	100%	99,99%	100%
Hessen	97%	76,70%	98,39%	97,40%
Mecklenburg-Vorpommern	97%	72,90%	97,52%	99,30%

<sup>3</sup> A. Bundesnetzagentur (2020): Mobiles Breitband - Versorgung der Bevölkerung mit funkgestützten Breitbandanschlüssen.

Entscheidung der Präsidentenkammer der Bundesnetzagentur (2015).

Bundesnetzagentur (2016): Frequenz-Kompass: Neue Frequenzen für den weiteren Ausbau digitaler Infrastrukturen.

<sup>4</sup> Bundesnetzagentur (2015): Frequenzversteigerung in Mainz beendet.

<sup>5</sup> A. Bundesnetzagentur (2020): Mobiles Breitband - Versorgung der Bevölkerung mit funkgestützten Breitbandanschlüssen.

Niedersachsen	97%	85,90%	98,60%	99%
Nordrhein-Westfalen	97%	94,30%	99,28%	99,40%
Rheinland-Pfalz	97%	65,40%	96,48% (97,7%)*	97%*
Saarland	97%	78,90%	95,43% (99,1%)*	97,90%
Sachsen	97%	80,90%	98,12%	99%
Sachsen-Anhalt	97%	80,60%	98,49%	98,70%
Schleswig-Holstein	97%	90,60%	98,53%	99,90%
Thüringen	97%	73,20%	97%	98,10%
<b>Bundesweit</b>	<b>98%</b>	<b>84,30%</b>	<b>98,1% (98,5%)*</b>	<b>98,60%</b>
Bundesautobahnen (BAB)	100%	77,90%	97,60%	96%**
Schiene	100%	80,30%	96,40%	95%***
			* Zahlen in Klammern: unter Berücksichtigung von Ausbauhindernissen an etlichen Standorten, die kurzfristig realisiert werden sollen	* zu Rheinland-Pfalz: unter Berücksichtigung von Ausbauhindernissen an 20 Standorten ** Zu BAB: unter Berücksichtigung von Ausbauhindernissen an 60 Standorten ***Zu Schiene: unter Berücksichtigung von Ausbauhindernissen an 105 Standorten

Abbildung 1: Eigene Angabe der Unternehmen (Stand: 11.05.2020).<sup>6</sup>

<sup>6</sup> A. Bundesnetzagentur (2020): Mobiles Breitband - Versorgung der Bevölkerung mit funkgestützten Breitbandanschlüssen.

Die Bundesnetzagentur vermeldete am 10. August 2020 eine Aktualisierung zu dem in der Tabelle 1 dargestellten Stand aus dem Monat Mai desselben Jahres. Demnach hat Telefónica das Zwischenziel innerhalb der gesetzten Nachfrist erreicht und konnte 3.040 LTE-Stationen bis zum 31. Juli 2020 zur Verfügung stellen. Bis Ende September muss Telefónica weitere 1.900 Standorte aufbauen. Bis Ende des Jahres sind noch rund weitere 2.660 LTE-Stationen zu realisieren, damit die Versorgungsaufgabe vollständig erfüllt werden kann.

Die Telekom hat vor Ablauf der Nachfrist Ende September die Versorgung von mindestens 97 Prozent der Haushalte mit 50 Mbit/s pro Antennensektor in allen Bundesländern erfüllt und muss nun noch bis Ende des Jahres die Hauptverkehrswege vollständig versorgen.

Vodafone hat noch bis zum 30. September Zeit, die Versorgungsaufgaben in allen Bundesländern von mindestens 97 Prozent der Haushalte vollständig zu erfüllen. Die Versorgung der Hauptverkehrswege muss ebenfalls bis Ende des Jahres erfolgen.<sup>7</sup>

## **2.2. Die 5G-Strategie 2017**

Bereits im September 2016 hat der Bund die „5G-Initiative für Deutschland“ mit dem Ziel gestartet, Deutschland zum Leitmarkt für 5G-Anwendungen zu machen. Folgende fünf Säulen der 5G-Initiative wurden definiert:

- Bereitstellung der Frequenzen
- Unterstützung der 5G-Forschung
- Einrichtung des 5G-Dialogforums
- Demonstration der 5G-Anwendungen
- Schaffung der Grundlagen für einen schnellen kommerziellen 5G-Rollout<sup>8</sup>

Auf Grundlage der 5G-Initiative und des EU-Fahrplans aus dem Jahr 2017 hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2017 die Federführung bei der Entwicklung der deutschen 5G-Strategie übernommen.

Das primäre Ziel besteht darin, Deutschland zum Leitmarkt für 5G-Anwendungen in Europa zu entwickeln. Als erforderliche infrastrukturelle Voraussetzung hierfür soll 5G-Konnektivität bis 2025 erreicht werden und zugleich die Mobilfunkkapazität sowohl in zentralen Orten als auch in ländlichen

---

<sup>7</sup> B. Bundesnetzagentur (2020): Versorgungsaufgaben - Telefónica und Telekom erreichen Zwischenziele.

<sup>8</sup> Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur - BMVI (2016): 5G-Initiative für Deutschland.

Räumen substantiell ausgebaut werden. Im Anschluss an die 5G-Initiative wurden Maßnahmen in den folgenden fünf Aktionsfeldern abgeleitet:

- Netz-Rollout forcieren
- Bedarfsgerechte Bereitstellung von Frequenzen
- Kooperationsförderung zwischen Telekommunikations- und Anwenderindustrie sowie die Sicherstellung von Anforderungen, Ideen und Lösungen der betroffenen Anwenderbranchen in der Standardisierung
- Koordinierte und gezielte Forschung
- Frühzeitige Initiierung von 5G in Städten und Kommunen<sup>9</sup>

### **2.3. 5G-Netzabdeckungsverpflichtungen der MNOs aus der Frequenzauktion 2019**

Um die Frequenzen für die 5G-Einführung und den 5G-Einsatz zu identifizieren und bereitzustellen, hat die Bundesnetzagentur im Jahre 2016 den Frequenz-Kompass veröffentlicht. Ebenfalls erfolgte eine öffentliche Anhörung zu den „Orientierungspunkten zur Bereitstellung von Frequenzen für den Ausbau digitaler Infrastrukturen“. Auf dieser Grundlage wurde die Bedarfsermittlung für die bundesweiten Zuteilungen im Bereich 2 GHz und 3,6 GHz abgeleitet.<sup>10</sup>

In der Auktion 2019 wurden von der Bundesnetzagentur insgesamt 420 Megahertz als zukünftig für 5G zu nutzendes Frequenzspektrum in den Bereichen 2 GHz und 3,6 GHz versteigert. Dabei konnten sich die Deutsche Telekom und Vodafone jeweils 130 MHz sichern, Telefónica erwarb 90 MHz und der Neueinsteiger Drillisch 70 MHz. Die vier Unternehmen investierten insgesamt einen Betrag von 6,6 Mrd. Euro. Davon entfielen 2,2 Mrd. Euro auf die Deutsche Telekom, 1,9 Mrd. Euro auf Vodafone, 1,4 Mrd. Euro auf Telefónica sowie 1,1 Mrd. Euro auf Drillisch.<sup>11</sup>

Neben den finanziellen Kosten sind mit der Zuteilung des jeweiligen Frequenzspektrums weitere Verpflichtungen verbunden. Im Zuge der Frequenzversteigerung 2019 wurden die konkreten Vorgaben der Versorgungsverpflichtungen für Landes- und Staatsstraßen sowie für das gesamte Schienennetz, die Seehäfen und das Kernnetz der Wasserstraßen wie folgt festgelegt:

---

<sup>9</sup> Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur - BMVI (2017): 5G-Strategie für Deutschland.

<sup>10</sup> Bundesnetzagentur (2017): Eckpunkte für den Ausbau digitaler Infrastrukturen und Bedarfsermittlung für bundesweite Zuteilungen in den Bereichen 2 GHz und 3,6 GHz.

<sup>11</sup> A. Bundesnetzagentur (2020): Mobiles Breitband - Versorgung der Bevölkerung mit funkgestützten Breitbandanschlüssen.

A. Bundesnetzagentur (2019): Frequenzauktion 2019.

- Bis Ende 2022 müssen 98 Prozent der Haushalte je Bundesland und alle Bundesautobahnen, die wichtigsten Bundesstraßen und Schienenwege mit mindestens 100 Mbit/s versorgt werden.
- Bis Ende 2024 sollen alle übrigen Bundesstraßen mit mindestens 100 Mbit/s, alle Landes- und Staatsstraßen, die Seehäfen und wichtigsten Wasserstraßen und alle übrigen Schienenwege mit mindestens 50 Mbit/s versorgt werden.<sup>12</sup>

## **2.4. Mobilfunkstrategie 2019 und ihre Umsetzung**

### **2.4.1. Mobilfunkstrategie 2019**

Im September 2019 hat die Bundesregierung die Mobilfunkstrategie veröffentlicht, in der ein 5-Punkte-Plan für die Entwicklung der deutschen Mobilfunkinfrastruktur dargestellt wurde.

Trotz der Versorgungsaufgaben und vertraglicher Verpflichtungen gab es noch ca. 5.000 weiße Flecken, die geschlossen werden sollten. Die Erschließung von bis zu 5.000 Mobilfunkstandorten im Zusammenhang mit dem Gigabitausbau wird mit rund 1,1 Milliarden Euro aus dem Sondervermögen „Digitale Infrastruktur“ gefördert.

Der Bund hat folgende Maßnahmen zur Beschleunigung des 5G-Ausbaus eingeleitet:

- Handlungsempfehlungen zur Mitnutzung kommunaler Trägerinfrastrukturen an Kommunen, Länder und Mobilfunkunternehmen für die Beschleunigung des 5G-Ausbaus (Sommer 2019)
- Unterstützung für sechs 5G-Forschungsprojekte in verschiedenen Anwendungsfeldern mit einem 5G-Innovationsprogramm (Herbst 2019)
- Unterstützung von 67 5G-Pionierregionen im Rahmen des 5x5G-Innovationswettbewerbs mit je bis zu 100.000 Euro Fördervolumen pro Gebietskörperschaft (Herbst 2019 bis Ende Sommer 2020)
- Bereitstellung des Rahmens für das Errichten von Small Cells ohne baurechtliche Genehmigung im Voraus (Sommer 2020)
- 5G-Netzabdeckung durch MNOs in mindestens zehn Städten (2021)
- Umsetzungsförderung von mindestens zehn 5G-Konzeptstudien aus dem 5x5G-Innovationswettbewerb mit bis zu 4 Millionen Euro (Herbst 2020/ 2021)<sup>13</sup>

<sup>12</sup> B. Bundesnetzagentur (2019): Bundesnetzagentur teilt 5G-Frequenzen aus Versteigerung zu.

<sup>13</sup> Bundesregierung (2019): Mobilfunkstrategie: 5-Punkte-Plan zur Beschleunigung von Planung, Genehmigung und Ausbau von 4G- und 5G-Netzen sowie zur Schließung von Mobilfunklücken im 4G-Netz.

### **2.4.2. 5x5G-Innovationswettbewerb**

Eine wichtige Maßnahme aus der bundesweiten Mobilfunkstrategie ist das 5G-Innovationsprogramm vom BMVI, um die effiziente und zügige Einführung von 5G zu unterstützen. Das Ziel besteht darin, 5G-Anwendungen unter realen Bedingungen zu erproben. Der 5x5G-Innovationswettbewerb unterstützt zunächst deutschlandweit 67 Konzeptstudien in 5G-Pionierregionen und wählt anschließend aus diesen Konzepten die innovativsten Projektideen für eine entsprechende Umsetzungsförderung aus.<sup>14</sup>

Niedersachsen, Baden-Württemberg und Bayern gehören zu den aktivsten Bundesländern des Wettbewerbs, denn unter den 67 Konzeptstudien stammen elf aus Niedersachsen, jeweils zehn aus Baden-Württemberg und Bayern. Nordrhein-Westfalen ist mit sieben Gebietskörperschaften am 5x5G-Innovationswettbewerb des BMVI beteiligt.

Von der Häufigkeit ausgehend betrachtet, ist das Thema „Smart Mobility“ am interessantesten für die Teilnehmer, 24 Konzeptstudien befassen sich mit Projektideen in diesem Kontext. Jeweils 19, 16, 12 und 11 Konzeptstudien fokussieren sich auf die Themen „Smart Health“, „Smart Farming“, „Smart Economy“ und „Smart Logistics“. Sechs Konzeptstudien bearbeiten das Thema „Smart Grid“.<sup>15</sup>

### **2.4.3. 5G-Modellregionen**

Eine weitere Maßnahme der Bundesregierung ist die Unterstützung für sechs 5G-Forschungsprojekte in verschiedenen Anwendungsfeldern. Die ausgewählten 5G-Modellregionen befinden sich in Aachen (Nordrhein-Westfalen), Amberg-Weiden (Bayern), Braunschweig/Wolfsburg (Niedersachsen), Dresden (Sachsen), Hamburg (Hamburg) und Kaiserslautern (Rheinland-Pfalz).

---

<sup>14</sup> Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur - BMVI (2017): 5G-Strategie für Deutschland.

<sup>15</sup> Competence Center 5G.NRW (2020): Umsetzungshilfen für ein eignes 5G-Netz: Campusnetzplaner und Best Practices.

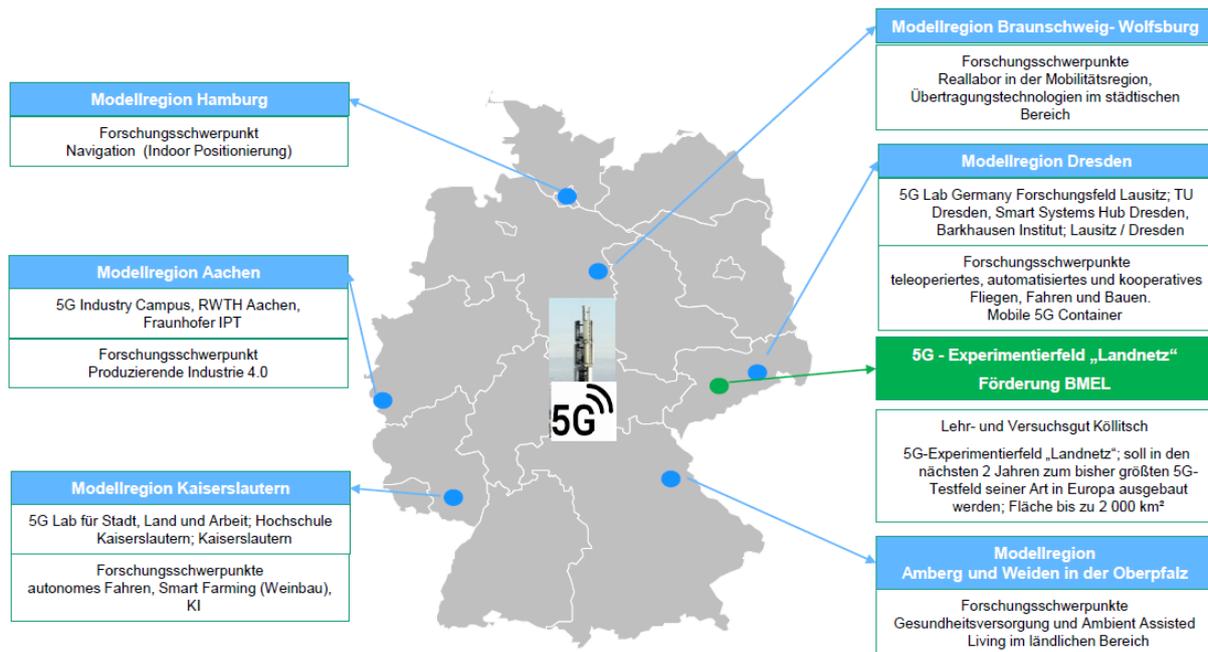


Abbildung 2: 5G-Modellregionen<sup>16</sup>

## 2.5. Das Zukunftspaket 2020

Im Jahr 2020 hat die Bundesregierung das Zukunftspaket mit folgenden 5G-spezifischen Schwerpunkten veröffentlicht:

Punkt 45 des Zukunftspakets verweist auf die Zielsetzung Deutschlands, bei 5G und perspektivisch 6G als Technologieanbieter eine führende Rolle einzunehmen und den technologischen Wandel frühzeitig zu unterstützen. Innovative Unternehmen sollen gezielt gefördert, ein Eintritt innovativer Netztechnologie erleichtert und die rasche Erarbeitung und Durchsetzung von offenen Standards (openRAN) auf europäischer Ebene unterstützt werden. (Hierzu werden bis zu 2 Mrd. Euro aufgewendet werden).

Punkt 47 thematisiert den beschleunigten 5G-Ausbau mit dem Ziel, bis 2025 die neue Mobilfunkgeneration 5G flächendeckend in Deutschland zu realisieren. Eine Förderung in Höhe von 5 Mrd. Euro soll die Schließung verbleibender weißer Flecken zügig ermöglichen, sobald die MNOs evaluiert haben, in welchen Bereichen sie ihre Ausbaupflichtungen zeitnah erfüllen werden.<sup>17</sup>

<sup>16</sup> Ostrau, Stefan (2020): DIHK-Auftaktveranstaltung 5G-Campusnetze: Gigabit on Air für Unternehmen.

<sup>17</sup> Bundesfinanzministerium (2020): Corona-Folgen bekämpfen, Wohlstand sichern, Zukunftsfähigkeit stärken.

### **3. 5G- Strategien, Maßnahmen und Projekte in einzelnen Bundesländern**

#### **3.1. Nordrhein-Westfalen**

##### **3.1.1. Strategie und Maßnahmen**

###### 3.1.1.1 Strategie für das digitale Nordrhein-Westfalen

Im April 2019 hat Wirtschafts- und Digitalminister Prof. Dr. Andreas Pinkwart die Digitalstrategie für Nordrhein-Westfalen im Landtag vorgestellt, die 44 Ziele und Themenschwerpunkte beinhaltet.

Auf Grundlage des GigabitMasterplan.NRW sollen flächendeckende Gigabitnetze bis 2025 in Nordrhein-Westfalen, auch im ländlichen Raum, ausgebaut werden. Dabei sind auch speziell alle Gewerbegebiete und Schulen bis 2022 mit einem Gigabit-Anschluss zu versorgen.<sup>18</sup>

Den Mobilfunkpakt haben die Landesregierung und die Mobilfunknetzbetreiber Telefónica Germany, Telekom Deutschland und Vodafone im September 2018 zur Schließung der weißen Flecken in der 4G-Mobilfunkversorgung des Landes geschlossen, um bis Ende 2019 insgesamt 99 Prozent der Haushalte des Landes mit schnellem mobilem Internet zu versorgen. An dieser Stelle wurde das 5G-Ziel bereits aufgeführt. 5G sollte demnach bis 2020 eingeführt werden und Nordrhein-Westfalen zum Leitmarkt für 5G entwickelt werden.

###### 3.1.1.2 5G-Mobilfunkstrategie

Mit dem Ziel eine Führungsrolle bei der Einführung von 5G einzunehmen, hat das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIDE) im Dezember 2019 eine eigene 5G-Mobilfunkstrategie vorgestellt.

Die Strategie legte drei zentrale Aktionsfelder fest:

- Mobilfunknetzausbau beschleunigen
- Koordinierte und gezielte Förderung von 5G-Forschung und -Testfeldern
- 5G-Dialog.NRW

Der gezielte Mobilfunknetzausbau im 4G-Bereich ist eine wesentliche Voraussetzung für 5G. Hierfür werden neue Basisstationen aufgebaut und alte umgerüstet. Zudem werden weiße Flecken geschlossen, der Glasfaserausbau mit dem Mobilfunkausbau verbunden und neue Gelder für Investitionen bereitgestellt, um die entsprechenden Rahmenbedingungen zu schaffen.

---

<sup>18</sup> Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2019): Strategie für das digitale Nordrhein-Westfalen.

Mit dem Ziel einen besseren Wissenstransfer zwischen Forschung und Wirtschaft in Nordrhein-Westfalen zu organisieren und die verschiedenen Aktivitäten zu vernetzen, wurde im Jahr 2019 das Competence Center 5G.NRW gegründet. Darüber hinaus stellt die Landesregierung bis zu 90 Millionen Euro für den Förderwettbewerb 5G.NRW zur Verfügung. Mit diesen Fördermitteln sollen innovative 5G-Projekte in fünf Förderkategorien ermöglicht werden.

- 1) 5G-Forschung und Entwicklung
- 2) 5G-Testzentren für Forschung und Entwicklung
- 3) 5G-Campusnetze für Prozess- und Organisationsinnovationen
- 4) Lokale und regionale 5G-Reallabore
- 5) Entwicklung von 5G-Anwendungen und -Geschäftsmodellen, inkl. Gründungen

Die 5G-Dialog.NRW-Plattform ermöglicht einen Austausch zwischen verschiedenen Akteuren über wichtige 5G-Themen, wie Netzsicherheit, Immissionsschutz und gesellschaftliche Akzeptanz. Auch gewährleistet sie ein Monitoring der gesetzten Ziele und einen intensiven Austausch über Testfelder und Best Practice Beispiele zur Weiterentwicklung der 5G-Strategie.<sup>19</sup>

Der 5G-Wettbewerb, das Competence Center 5G.NRW und der 5G-Dialog.NRW sind die drei aus der Strategie hervorgehenden konkreten Maßnahmen. Die 13 zur Förderung empfohlenen Projekte aus der ersten Runde des 5G-Förderwettbewerbs werden im folgenden Gliederungspunkt 3.1.2 vorgestellt.

### **3.1.2. 5G-Aktivitäten**

Als eine wichtige Maßnahme der 5G-Mobilfunkstrategie des Landes soll der Förderwettbewerb 5G.NRW die Möglichkeit geben, innovative 5G-Gesellschaftsmodelle zu erproben und eine zügige breite Anwendung der geförderten Innovation zu ermöglichen. Der Wettbewerb fokussiert sich auf die 5G-Forschung und Entwicklung, -Testzentren für Forschung und Entwicklung, -Campusnetze für Prozess- und Organisationsinnovationen, lokale und regionale 5G-Reallabore sowie Entwicklung von 5G-Anwendungen und -Geschäftsmodellen.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (2019): 5G.NRW: 5G-Mobilfunkstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen.

<sup>20</sup> Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2019): Landesregierung beschließt 5G-Mobilfunkstrategie und fördert den Aufbau der 5G-Technologie mit bis zu 90 Millionen Euro.

In diesem Rahmen wurden 13 Projekte zur Förderung mit einem Gesamtbudget von 26 Mio. Euro Budget empfohlen (Stand: September 2020). Eine zweite Runde für die Einreichung neuer Projektskizzen im Rahmen des 5G.NRW-Förderwettbewerbs ist vom 3. September 2020 bis zum 18. Januar 2021 geöffnet. Die hieraus hervorgehenden Projekte werden gegen Ende des Jahres 2021 oder spätestens Anfang des Jahres 2022 starten.

### 3.1.2.1 Zur Förderung empfohlene Projekte aus dem ersten Call des Förderwettbewerbs 5G.NRW

5G als Enabler einer zukunftsfähigen Intralogistik (Berief-Food GmbH, Beckum):

*Ziel des Projektes ist eine Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines 5G-Campus, die Vor- und Nachteile untersucht und einen Projektplan zur anschließenden Realisierung entwirft. Hierbei wird untersucht, ob und wie ein 5G-Campus die Prozessoptimierung bei schnell wachsenden KMUs im ländlichen Raum positiv unterstützen kann.*

5G COMET (Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie, Aachen; RWTH Aachen – ISEK und WZL; Meastream GmbH, Eschweiler; Utimaco GmbH, Aachen; Mitsubishi Electric Europe B.V., Ratingen; SMS Group GmbH, Düsseldorf):

*Entwicklung einer echtzeitfähigen 5G-Ende-zu-Ende Infrastruktur zwischen Feld- und Cloudebene für industrielle Anwendungen. Ziel: ein prozessübergreifendes Netzwerk an smarten Werkstücken, Maschinen und Services für intelligente Applikationen zur Steuerung und Optimierung der Produktion.*

5G EURIALE (Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML), Dortmund; Universität Duisburg-Essen; Westfälische Wilhelms-Universität, Münster; Stadt Dortmund, Feuerwehr, Institut für Feuerwehr- und Rettungstechnologie; adesso mobile solutions, Dortmund):

*Vom Ersthelfer zum Schockraum: Medizin- und Verkehrstelematik für die umfassende Versorgung von Schwerstverletzten, um die störungsfreie Datenübertragung in Notfallsituationen zu gewährleisten. Auf Basis von Vorgängerprojekten zur Telematik sollen technisch mögliche Umsetzungen zur Übertragung von Bild-, Video- und Audiodaten (z. B. Augmented Reality, AR) für eine Vernetzung von Ersthelfenden und Notarztpersonal vor Ort sowie stationären Ärzten der Kliniken für die Behandlung von Verletzten erforscht und entwickelt werden.*

5G4Industry (InnoZent OWL e.V., Paderborn; Universität Paderborn; Technische Hochschule OWL, Lemgo; Benteler Business Services GmbH, Paderborn; MECSSware GmbH, Ratingen; Nuromedia GmbH, Köln):

*Dieses Projekt entwickelt ein Ressourcenmanagement und ein Planungswerkzeug, die auf industrielle Anforderungen und die Bedürfnisse von KMUs abgestimmt sind. Spezielle 5G-Basisstationen werden mit konkreten Werkzeugen zusammenarbeiten. Darauf baut eine AR-Anwendung auf, die in Fabrikanlagen getestet und demonstriert werden wird.*

5G Inklusion 4.0 (Gesellschaft für Bildung und Beruf e.V., Dortmund; Diakonisches Werk Gladbeck-Bottrop-Dorsten Bottroper Werkstätten gGmbH; University of Applied Sciences Europe GmbH, Iserlohn):

*Wie können digitale Assistenzsysteme für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen auf Basis von 5G-Vernetzungen bisherige Unterstützungssysteme ergänzen. Im Rahmen eines Test-beds sollen in einer 5G Campusanwendung unterschiedliche Anwendungen entwickelt, erprobt und evaluiert werden.*

5GLAN (MECSware GmbH, Ratingen):

*Im Projekt 5GLAN wird 5G-Technologie auf vorhandene Local Area Network (LAN)-Architekturen abgebildet, um so 5G Campusnetze bei industriellen Anwendern vom IT-Fachpersonal ohne 5G Expertenwissen aufzubauen und zu betreiben.*

5Guarantee (WIK-Consult GmbH, Bad Honnef; Weidmüller Interface GmbH & Co. KG, Detmold; Miele & Cie. KG, Gütersloh; PHYSEC GmbH, Bochum; Comnovo GmbH, Dortmund; Ruhr-Universität Bochum; Technische Universität Dortmund):

*Ziel des Projekts ist die Erforschung eines agilen Systems zur fortlaufenden, netzübergreifenden Überwachung von Ende-zu-Ende-Garantien in Bezug auf Durchsatz, Latenz, Verlässlichkeit und Datensicherheit. Hierbei untersucht 5Guarantee insbesondere die Möglichkeit eines räumlich verteilten Stresstests, mit dem die Netzqualität kontinuierlich aktiv überwacht wird. Darüber hinaus bietet das in 5Guarantee konzipierte System auch die Option, zukünftigen Kommunikationsverkehr der Produktionsanlagen abzubilden und damit dem Betreiber mögliche Engstellen und Ausbaubedarfe frühzeitig aufzuzeigen.*

5GROW (Universität Siegen; Smarte Demonstrationsfabrik SDFS GmbH, Kreuztal; Carl Cloos Schweißtechnik GmbH, Haiger; NET AG system integration, Mettmann; Point 8 GmbH, Dortmund):

*5G in industriellen Anwendungen am Beispiel eines automatisierten Schweißprozesses. So soll 5G in diesem Vorhaben dafür genutzt werden, eine Echtzeitanpassung der Robotertrajektorie (d.h. Regelung der Schweißbahnparameter wie Geschwindigkeit, Bahnverlauf etc.) mittels Künstlicher Intelligenz (KI) sicherzustellen. Die wesentliche Innovation besteht in der Kombination von 5G und KI, um eine*

*kabellose Echtzeitregelung von automatisierten, robotergeführten Prozessen zu ermöglichen. 5G macht es möglich, die Prozesseffizienz und Produktqualität von automatisiert gefertigten Bauteilen zu verbessern.*

Car2Bike.5G (Hochschule Niederrhein, Krefeld; Triopt GmbH, Moers; Smart Living GmbH, Dortmund):

*Erhöhung der Sicherheit für Fahrradfahrer durch Fahrzeug-zu-Fahrrad-Kommunikation mit 5G. Das Ziel des Vorhabens ist die Definition von Szenarien, in denen 5G bei der Kommunikation von Assistenzsystemen für Radfahrer eingesetzt werden kann.*

GIGA FOR HEALTH (Universitätsklinikum Düsseldorf; Vodafone GmbH, Düsseldorf; RWTH Aachen; FH Dortmund; Brainlab AG, München; Bundesamt für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM), Bonn; Bergische Universität Wuppertal/ SIKoM+):

*Ziel des Projektes ist die Realisierung eines europaweit ersten Medizincampus an der Universitätsklinik Düsseldorf an dem innovative medizinische 5G-Anwendungen umgesetzt und evaluiert werden und so der universitären Krankenversorgung, Forschung und Lehre in Nordrhein-Westfalen dienen sollen.*

ODEA.5G (Hochschule Bonn Rhein-Sieg; Universität zu Köln):

*Ziel ist der Aufbau und die Evaluation einer E-Assessment-Umgebung auf Basis eines 5G-Campusnetzes, mit der chancengleiche, nachvollziehbare, verlässliche und sichere E-Assessments auch für große Gruppen effektiv und effizient angeboten und ortsungebunden mit den eigenen Geräten der Studierenden absolviert werden können.*

Plan & Play (Technische Universität Dortmund; Riedel Communications GmbH & Co.KG, Wuppertal; Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML), Dortmund):

*Effektive Unterstützung potentieller Anwender bei der detaillierten Identifikation der benötigten Netzinfrastruktur und -planung. Hierzu soll der in einer ersten Version über das Competence Center CC5G.NRW eingeführte, web-basierte Campusnetzplaner zu einem vollwertigen, frei zugänglichen Netzplanungswerkzeug für ad-hoc 5G-Campusnetze ausgebaut werden. Die Netzplanungsfunktionen bauen auf aktuellsten Algorithmen des Online-Lernens mittels Reinforcement auf und werden in einem agilen Forschungsprozess in zwei Anwendungsfeldern erprobt und optimiert.*

RISEN\_5G (Fraunhofer IPT, Aachen; Wenaroll GmbH, Solingen; R&D Steuerungstechnik GmbH & Co. KG, Mönchengladbach; Platz & Römelt GmbH, Langenfeld):

*RISEN\_5G verbindet neue und bestehende Technologien, um relevante Sensorik werkstellennah zur Verfügung zu stellen und die Teilprozessschritte des Glattwalzens sowie der Messtechnik zu verbinden. Dadurch sollen sowohl die Produktqualität als auch die Prozesstransparenz erhöht werden. Darüber hinaus soll ein Katalysator für neue Produkte und neue Erkenntnisse in Nordrhein-Westfalen geschaffen werden.*

### 3.1.2.2 Weitere Projekte außerhalb des Förderwettbewerbs 5G.NRW in Nordrhein-Westfalen

5G Industry Campus Europe (Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, Aachen):

*Das Ziel dieses vom BMVI geförderten Projekt ist der Transfer und die Verankerung von 5G in der produzierenden Industrie. In den voll ausgestatteten Maschinenhallen der Forschungsinstitute kann 5G in einer realen Umgebung getestet und erforscht werden. Neben dem Aufbau der Forschungsinfrastruktur sollen im Rahmen des geförderten Vorhabens verschiedene praxisrelevante Fragestellungen aus dem kompletten Spektrum der Produktionstechnik in Etablierungsprojekten untersucht werden. Angefangen von 5G-Sensorik zum Monitoring von Fertigungsprozessen über mobile Robotik und Logistik bis hin zu standortübergreifenden Produktionsketten. Für eine hohe Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Industrie wird das 5G-Netz im Frequenzbereich 3,7 bis 3,8 GHz auf dem Campus Melaten aufgebaut und zusätzlich über ein 4G-Netz verfügen.<sup>21</sup>*

5G Application Lab (Center Connected Industry an der RWTH Aachen, Ericsson GmbH):

*Das 5G Application Lab im Center Connected Industry ist ein Testbett für die praxisnahe Erprobung von domänenübergreifenden Anwendungsfällen aus Logistik, Produktion, Mobilität und Energie<sup>22</sup>.*

5G for Germany (Ericsson GmbH):

*5G for Germany ist Teil des europäischen Programms 5G for Europe. Ziel ist die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen und europäischen Wirtschaft. Ericsson Eurolab bei Aachen ist dabei einer der Schwerpunkte der 5G Forschung in Europa. Ein Ziel des Programms ist es, 5G gezielt gemäß den Bedürfnissen von Schlüsselzukunftsmärkten und Anwendungsindustrien zu entwickeln.<sup>23</sup>*

---

<sup>21</sup> Direktes Zitat: Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2020): Wettbewerb 5G.NRW: Landesregierung fördert 13 herausragende 5G-Projekte mit bis zu 26 Millionen Euro.

<sup>22</sup> Direktes Zitat: BMVI (2020): 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht.

<sup>23</sup> Ebd.

5G Connected Mobility (Ericsson GmbH, BMW Group, Deutsche Bahn, Deutsche Telekom AG, Telefónica, Vodafone, 5G Lab, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bundesnetzagentur, Straßenbauverwaltung, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur):

*Das Projekt schafft auf dem „Digitalen Testfeld Autobahn“ eine dedizierte Netzinfrastruktur und eine reale Anwendungsumgebung, um insbesondere Tests in den Bereichen Fahrzeug-zu-Fahrzeug, Fahrzeug-zu-Infrastruktur und Digitalisierung der Eisenbahninfrastruktur mit 5G-Technologie durchzuführen. Die Teststrecke umfasst einen rund 30 Kilometer langen Bereich der Bundesautobahn A9 sowie der Bahnschnellfahrstrecke zwischen den Anschlussstellen Nürnberg-Feucht und Greding in Bayern. Der Deutschlandsitz des Konsortialführers Ericsson befindet sich in Düsseldorf, Nordrhein-Westfalen.<sup>24</sup>*

5GAIN - 5G-Infrastrukturen für Zellulare Energiesysteme unter Nutzung künstlicher Intelligenz (adesso AG, Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH (DEW21), urban ENERGY, PHSYSEC, Fraunhofer ITWM, RWTH Aachen, Technische Universität Dortmund (TUDo) - Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Innogy SE, Stadt Dortmund):

*Das Projekt verfolgt dabei u.a. den Ansatz, die Kontrolle des Energiesystems mithilfe des neuen Mobilfunkstandards 5G zu realisieren. Darüber hinaus ermöglicht der neue Mobilfunkstandard eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten für die Optimierung von Energiesystemen.<sup>25</sup>*

National 5G Energy Hub (TU Dresden, RWTH Aachen, Deutsche Telekom AG, E.ON SE, Techem GmbH, Ericsson GmbH):

*Im Projekt wird erarbeitet, den 5G-Mobilfunkstandard für Anwendungen in der Energietechnik, mit speziellem Bezug zur Gebäudeenergietechnik, nutzbar zu machen. Im Rahmen der Projektphase I widmen sich die Projektpartner der strukturellen Einführung funkbasierter Datenübertragungsverfahren in die Energietechnik. Dabei wird die gesamte Bedarfskette von der thermisch orientierten Gebäudeversorgung bis hin zum elektrischen Verteilnetz betrachtet.<sup>26</sup>*

Im Rahmen von dem EU-Programm „Horizon 2020“ gibt es zudem noch zwei Projekte jeweils mit dem Konsortialführer aus Nordrhein-Westfalen: Das Projekt „FuSy“ unter Leitung von Silexica GmbH zielt auf die Entwicklung eines Programmiertools mit vollständiger Systemsimulationsfunktion, das in einem automatisierten Prozess Systemeinsichten in das Verhalten mehrerer Anwendungen bietet, die

---

<sup>24</sup> 5G-ConnectedMobility (2020): Website.

<sup>25</sup> Fraunhofer ITWM: 5Gain – 5G Infrastrukturen für zellulare Energiesysteme mit KI.

<sup>26</sup> N5Geh (2020): Website.

gleichzeitig auf komplexen Hardwareplattformen ausgeführt werden.<sup>27</sup> Das Projekt „EdgeFLEX“ entwickelt unter Leitung von Ericsson GmbH ein VPP-Konzept der nächsten Generation und wird es im Rahmen von drei Feldversuchen und Labortests demonstrieren.<sup>28</sup>

#### 3.1.2.4 Frühere 5G-Projekte in Nordrhein-Westfalen

*BERCOM – Blueprint for Pan-European Resilient Critical Infrastructures based on evolved LTE/5G communications (TU Dortmund): Das BERCOM Projekt hat sich das anspruchsvolle Ziel gesetzt, die Widerstandsfähigkeit kritischer Infrastrukturen auf Basis einer evolutionären Weiterentwicklung von LTE zu 5G zu erhöhen. Das Konsortium aus interdisziplinären, deutsch-französischen Partnern weißt sich ergänzende Kompetenzen in den Bereichen der Energie bzw. anderen kritischen Infrastrukturen sowie in der Kommunikationsbranche auf.<sup>29</sup> Das Projekt war im Zeitraum September 2015 bis August 2018 aktiv.*

Koordinierte Industriekommunikation (Ericsson Eurolab Deutschland GmbH, Herzogenrath):

*Das Projekt „Koordinierte Industriekommunikation (Kol)“ lief im Zeitraum 2015 bis 2017 und verfolgte die Entwicklung eines integrierten Gesamtkonzepts für drahtlose Kommunikation im industriellen Umfeld zur zuverlässigen Kommunikation bei gleichzeitig niedriger Latenz.<sup>30</sup>*

Xhaul: the 5G Integrated fronthaul/backhaul (Nokia Networks, Ulm/Düsseldorf):

*Das 5G „Fronthaul/Backhaul“ Netzwerk verfolgte das Ziel, flexibel die in „Cloud“-Rechenzentren verteilten 5G-Funkzugangs- und Kernnetzfunktionen zusammenzuschalten. Dafür wurden Xhaul Control Infrastructure (XCI) für ein einheitliches, abstraktes Modell der Steuerebene und Xhaul Packet Forwarding Element (XFE) für eine einheitliche Datenebene für neue, hoch-kapazitive Technologien mit einer latenzdeterministischen „Switch“-Architektur als Netzwerkelemente implementiert.<sup>31</sup> Das Projekt hat im Zeitraum vom Juli 2015 bis Dezember 2017 stattgefunden.*

Außerdem gibt es im Sonderforschungsbereich (SFB) 876 – Verfügbarkeit von Information durch Analyse unter Ressourcenbeschränkung - 14 Teilprojekte, in denen 5G-Basistechnologien als Entwicklungsschwerpunkt involviert waren. 23 interdisziplinäre ProfessorInnen waren in diesem

---

<sup>27</sup> Europäische Kommission - CORDIS Forschungsergebnisse der EU (2020): The world's first Full-System Simulation tool to revolutionize software programming in autonomous driving, aviation, embedded vision and further highly innovative applications.

<sup>28</sup> Europäische Kommission - CORDIS Forschungsergebnisse der EU (2020): Providing flexibility to the grid by enabling VPPs to offer both fast and slow dynamics control services.

<sup>29</sup> Direktes Zitat: BMVI (2020): 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht.

<sup>30</sup> Direktes Zitat: ebd.

<sup>31</sup> Ebd.

Kontakt involviert. Der Großteil von ihnen stammte von der Technischen Universität Dortmund. Diese Reihe von Projekten fanden im Zeitraum Januar 2011 bis Dezember 2018 statt.<sup>32</sup>

## **3.2. Baden-Württemberg**

### **3.2.1. Strategie und Maßnahmen**

Im Juli 2017 hat Baden-Württemberg eine allgemeine Digitalisierungsstrategie veröffentlicht. Im Abschnitt 4.2.2 „schnelles Internet in Stadt und Land“ wurde 5G als Grundlage für neue Anwendungen definiert, beispielsweise in Wirtschaft 4.0, intelligenter Mobilität und Logistik sowie für das Internet der Dinge. Als Teil der Strategie wird ein 5G-Testfeld aufgebaut, um zu erproben und aufzuzeigen, wie praxisnahe 5G-Anwendungsfälle realisiert werden können. Bezüglich der Netzabdeckung hat diese Strategie die Zielsetzung, 98 Prozent der Haushalte bis Ende 2020 mit LTE zu versorgen, um zugleich auch einen schnellen Rollout von 5G zu ermöglichen und somit eine flächenabdeckende Netzversorgung mit dem neuen Standard zu realisieren.<sup>33</sup>

Im zweiten Digitalisierungsbericht im November 2019 gab das Land bekannt, dass die Landesregierung in dieser Legislaturperiode mehr als eine Milliarde Euro für schnelleres Internet investiert. Weitere konkrete 5G-Maßnahmen sind allerdings nicht im Bericht enthalten.<sup>34</sup>

### **3.2.2. 5G-Aktivitäten**

Um schnelleres Internet in Stadt und Land zu realisieren, wurde der Aufbau eines „Living Lab 5G“ in der Digitalisierungsstrategie 2017 angekündigt. In diesem Kontext erprobt das „Living Lab Transferzentrum 5G4KMU“ 5G-Anwendungen mit der Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie (PAMB), des an der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg, angesiedelten Fraunhofer Instituts IPA-PAMB. Weitere Kooperationspartner sind die Hochschule Reutlingen, das Fraunhofer IAO und der Campus Schwarzwald.

*Das Projekt ist Teil der Digitalisierungsstrategie digital@bw und hat die Zielsetzung, ein verteiltes 5G-Testfeld für industrielle Wertschöpfungsketten in Baden-Württemberg aufzubauen. Mit dem Living Lab*

---

<sup>32</sup> Ebd.

<sup>33</sup> Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg (2017): Digitalisierungsstrategie der Landesregierung Baden-Württemberg.

<sup>34</sup> Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg (2019): 2. Digitalisierungsbericht der Landesregierung Baden-Württemberg.

*erprobt das Land erste praxisorientierte 5G-Anwendungen und entwickelt 5G-gestützte Produkte und Applikationen für kleine und mittelständische Unternehmen.*<sup>35</sup>

Zudem haben Akteure aus Baden-Württemberg aktiv am EU-Rahmenprojekt „Horizon 2020“ teilgenommen. Unter anderem sind baden-württembergische Unternehmen und Forschungsinstitute an den Projekten „5G-Drive“, „ThoR“, „Full5G“, „COREnect“, „5G CONNI“, „ARIADNE“, „INSPIRE-5Gplus“ beteiligt.

### **3.3. Bayern**

#### **3.3.1. Strategie und Maßnahmen**

Der Wirtschaftsbeirat Bayern sieht das Bundesland, dank der Zukunftsstrategie BAYERN DIGITAL aus dem Jahr 2015, im bundesweiten Vergleich mit weitem Abstand an der Spitze: Das zeige die Zahl der Digitalisierungspatente (Institut der deutschen Wirtschaft), das Ranking der Digital-Regionen (Prognos) und der Standortvergleich der IT-Kompetenzen (EU-Kommission).<sup>36</sup>

Im Jahr 2017 hat Bayern den Masterplan BAYERN DIGITAL II von 2018 bis 2022 entwickelt, mit dem Ziel, im Digitalbereich weiterhin erfolgreich zu bleiben. Der Masterplan sieht schnelles Internet als die Grundvoraussetzung für Digitalisierung und hat die Zielsetzung, Bayern ab 2019 zum ersten Gigabit-Land Deutschlands zu machen.<sup>37</sup> Das Investitionsvolumen für die von 2018 bis 2022 befristete Strategie „Masterplan Bayern Digital II“ beträgt insgesamt drei Milliarden Euro, wovon eine Milliarde für Gigabit-Infrastruktur (davon 80 Mio. Euro konkret für den Ausbau von Mobilfunknetzen) und zwei Milliarden für digitale Bildung sowie Sicherheit und Anwendungen bereitstehen.

Die 5G-Initiative ist ein wichtiger Bestandteil des Masterplans. Diese beinhaltet den Aufbau eines 5G-Anwender- und Kompetenzzentrums, die Förderung von 5G-Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit den Schwerpunkten Mobilität, Industrie 4.0, eHealth & Medien sowie die Bereitstellung 5G-relevanter Frequenzbereiche und Vorbereitung der erforderlichen Standards. Zu dem 5G-Anwender- und Kompetenzzentrum gehört ein 5G-Testzentrum am Fraunhofer IIS in Erlangen, wo die Simulation neuer Übertragungstechnologien erfolgt und die Anwender sich über den aktuellen Nutzen von 5G für ihre Anwendung beraten lassen können. Darüber hinaus die 5G-Testumgebungen in Nürnberg und

---

<sup>35</sup> Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg (2017): Digitalisierungsstrategie der Landesregierung Baden-Württemberg.

<sup>36</sup> Wirtschaftsbeirat Bayern (2017): Positionen Wirtschaftsbeirat Bayern: Digitale Chancen zu den Menschen bringen – Der Masterplan BAYERN DIGITAL II.

<sup>37</sup> Bayerische Staatskanzlei (2017): Bayern Digital II - Investitionsprogramm für die digitale Zukunft Bayerns.

München sowie Testinstallationen im ländlichen Raum, z.B. das Testbed für LTE und 5G im Raum Rosenheim.<sup>38</sup>

Ebenfalls wurde mit dem Masterplan BAYERN DIGITAL II eine Mobilfunkinitiative gestartet, um vereinfachte Frequenzzuteilung für 5G und hohe Mindestversorgungsaufgaben für die Netzbetreiber durch das Bundesland zu ermöglichen. Die Hardware-Initiative „Smart Innovations.Bayern“ entwickelt Hochfrequenz-Chips für 5G-Technik.<sup>39</sup>

Im Dezember 2018 startete auch ein bayerisches Mobilfunk-Förderprogramm, um Mobilfunklücken in Regionen abzubauen, die aus marktwirtschaftlichen Gesichtspunkten wahrscheinlich nicht ausgebaut würden.<sup>40</sup>

### 3.3.2. 5G-Aktivitäten

3.3.2.1 Über die „5G Bavaria-Initiative“ hinaus, sind die folgenden Projekte in Bayern aktuell aktiv

5G-4Healthcare (Ostbayerische Technische Hochschule, Weiden):

*Das Projekt zielt auf die Erforschung der Möglichkeiten sowie der Grenzen zur Verbesserung der Effektivität in der ländlichen Gesundheitsversorgung mit Hilfe von 5G. Der regionale Fokus liegt auf der Errichtung nicht-öffentlicher Campus- und Testnetze.<sup>41</sup>*

SMART (Universität Würzburg; Telefónica)

*Im Projekt wird an konkreten Anwendungsfeldern einer Smart-City-Infrastruktur gearbeitet. Ziel ist, über das 5G-Mobilfunknetz Autos, Ampeln, Parkleitsysteme, öffentliche Verkehrsmittel, Auto- und Fahrrad-Sharing-Dienste miteinander zu vernetzen, um somit einen reibungslosen Verkehr zu erhalten.<sup>42</sup>*

---

<sup>38</sup> Ebd.

<sup>39</sup> Ebd.

<sup>40</sup> Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (2018): Bayerisches Mobilfunk-Förderprogramm.

<sup>41</sup> Deutsche Bundestag (2020): Modellprojekt "5G-4 Healthcare".

<sup>42</sup> Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Lehrstuhl für Informatik III (2020): SMART.

5SCALE (Universität Würzburg)

*Das Forschungsprojekt „5SCALE“ befasst sich mit dem Internet der Dinge (IoT) in 5G-Mobilfunknetzen. Das Ziel ist es, ein genaues Verständnis der Skalierbarkeit von 5G-Mobilfunknetzen zu erlangen, wenn zukünftig Millionen von IoT-Geräten mit 5G-Technologie in Betrieb genommen werden.<sup>43</sup>*

5G Research Hub Munich – Focus Application: eHealth (Technische Universität München)

*Um den Funktionsumfang und die Vorteile von 5G zu demonstrieren und gleichzeitig Anforderungen für die Weiterentwicklung zukünftiger Mobilkommunikationssysteme abzuleiten, sollen begleitend zum Aufbau des 5G Testbeds ausgewählte Anwendungen/Szenarien im Bereich „eHealth“ realisiert werden. Konkret soll eine innovative Technologieplattform für Telemedizin und Telerehabilitation basierend auf Vorarbeiten aufgebaut werden, die es erlaubt, Patienten und Personen mit Einschränkungen (z.B. ältere Menschen) aus der Distanz über geeignete Assistenzsysteme mit 5G-Anbindung zu unterstützen.<sup>44</sup>*

5G Vertical Industry Accelerator (Huawei Technologies Co., Ltd., München/China, Shenzhen)

*Der Schwerpunkt des Projektes ist es, einige der Hauptmerkmale der neuen Wellenformen für die Luftschnittstelle bei 5G aufzuzeigen, wie z.B. die flexibel fragmentierte Frequenznutzung und geringere Latenzzeiten. Diese Leistungsmerkmale unterstützen vielfältige 5G-Anwendungsszenarien und ermöglichen somit ein serviceorientiertes 5G-Funknetz.<sup>45</sup>*

Am EU-Rahmenprojekt „Horizon 2020“ sind bayerische Unternehmen bzw. Forschungsinstitute aktiv beteiligt, beispielsweise an den Projekten „DIMENSION“, „Full5G“, „5G-VICTORI“, „COREnect“, „5G CONNI“, „ARIADNE“, EdgeFLEX“ und „IntelloT“.

3.3.2.2 In den vergangenen Jahren haben bereits folgende Projekte in Bayern stattgefunden

Das 5G TODAY Projekt (Kathrein Broadcast GmbH, Rohrdorf; Institut für Rundfunktechnik, München; Rohde&Schwarz, München; Telefonica; Bayerischer Rundfunk, München):

*5G TODAY erprobt die großflächige TV-Übertragung und erforscht die Ausstrahlung von 5G Broadcast. Dabei wurde weltweit erstmals eine komplette Sendekette für die großzellige Verbreitung von TV-*

---

<sup>43</sup> Direktes Zitat: Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Lehrstuhl für Informatik III (2020): Neues Projekt: Massive Skalierungsmethoden für vollständig virtualisierte 5G-Mobilfunkkernnetze im Kontext des Internets der Dinge (5SCALE).

<sup>44</sup> Direktes Zitat: Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Technische Universität München (2020): 5G Testbed Bayern mit Schwerpunktanwendung "eHealth".

<sup>45</sup> BMVI (2020): 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht. 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht.

*Programmen auf Basis des LTE/5G Broadcastmodus FeMBMS realisiert. Das Projekt endete im Februar 2020.*<sup>46</sup>

5G-NORMA (Nokia Networks, München):

*Das 5G-NORMA Projekt war im Zeitraum Juli 2015 bis Dezember 2017 aktiv. Es umfasste 13 Konsortialpartner aus den 6 EU-Mitgliedsstaaten Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Italien und Spanien. In dem Konsortium waren in einem ausgewogenen Verhältnis Mobilfunkausrüster, Mobilfunkanbieter, Anbieter von Cloud-Lösungen vertreten sowie KMUs, die einen erheblichen Beitrag zu den Demonstratoren leisten.*<sup>47</sup>

FANTASTIC-5G (Nokia Networks, München):

*Im Rahmen der 5G-PPP Initiative aus dem Europäischen Forschungsprogramm HORIZON 2020 wurde dieses Projekt im Zeitraum Juli 2015 – Juni 2017 gefördert. Es ging hauptsächlich darum, neue flexible Air-Interfaces für Frequenzbereiche bis 6GHz zu entwickeln.*<sup>48</sup>

METIS-II (Nokia Networks, München):

*Ebenfalls im Rahmen der 5G-PPP Initiative aus dem Europäischen Forschungsprogramm HORIZON 2020 wurde dieses Projekt im Zeitraum Juli 2015 – Juni 2017 gefördert. Der Forschungsschwerpunkt lag auf dem Gesamtdesign für 5G-Funknetze und Analyse der Leistungsmerkmale.*<sup>49</sup>

Reliable Industrial Communication Over the Air (Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Erlangen):

*Das Verbundprojekt RelCOvAirReliable Industrial Communication Over the Air war von 2016 bis 2018 aktiv. Es schaffte ein standardisierbares Verfahren zur Evaluierung der Übertragungsqualität industrieller Funksysteme und -standards. Damit sollten belastbare Aussagen über deren Eignung für den Einsatz im Kontext Industrie 4.0 / industrielles Internet der Dinge getroffen werden können. Gleichzeitig wurden für dieses Verfahren geeignete Teststände zur entwicklungsbegleitenden simulativen Qualifizierung sowie zur emulativen Qualifizierung produzierter Funkkomponenten erstellt.*<sup>50</sup>

---

<sup>46</sup> 5G Today (2020): News.

<sup>47</sup> Direktes Zitat: BMVI (2020): 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht. 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht.

<sup>48</sup> Ebd.

<sup>49</sup> Ebd.

<sup>50</sup> Direktes Zitat: 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht.

VirtuWind (Siemens AG, München):

*Das Projekt wurde im Zeitraum Juli 2015 bis Juni 2018 im Rahmen der 5G PPP von Horizon 2020 gefördert. Das Ziel besteht in der Entwicklung eines SDN&NFV-Ökosystem für Industriebereiche, basierend auf einem offenen, modularen und sicheren Kommunikation Framework. Darauf baut eine Prototyp-Demonstration für domäneninterne und -übergreifende Szenarien in echten Windparks als repräsentativer Anwendungsfall für industrielle Netzwerke auf, die die Wirtschaftlichkeit der demonstrierten Lösung validiert wird.<sup>51</sup>*

### **3.4. Berlin**

#### **3.4.1. Strategie und Maßnahmen**

Im Bericht über Maßnahmen des Landes Berlin und deren Umsetzung (2016) wurde durch die definierte Zielsetzung bereits klar, dass die Stadt Berlin zum 5G-Modellprojekt bzw. zur Modellstadt werden soll.<sup>52</sup>

In der „Digitalen Agenda“ Berlins wurde das „5G-Testbed“ als eine Maßnahme abgeleitet. Als digitale Hauptstadt soll Berlin nach erfolgreicher Testphase 5G-Technologie auf das gesamte Stadtgebiet ausweiten. Als Zielsetzung möchte Berlin den neuen 5G-Standard als erste Metropole in Europa ausgiebig testen und damit Vorreiter künftiger digitaler Infrastruktur sein.<sup>51</sup> Mit Blick auf das Ziel des BMVI, den 5G-Rollout bis Ende 2020 umzusetzen, hat Berlin bereits im Jahr 2019 mit dem 5G-Ausbau begonnen.<sup>53</sup>

#### **3.4.2. 5G-Aktivitäten**

Im Jahr 2018 wurde das Innovationscluster 5G Berlin von folgenden Partnern aus Wirtschaft und Forschung gegründet: atesio, EANTC, Fraunhofer-Gesellschaft, GasLINE, highstreet technologies, HyperMesh, Infotecs, MicroNova.<sup>54</sup>

*5G Berlin ist eine Initiative der Berliner Fraunhofer Institute HHI und FOKUS, in deren Kernkompetenz 5G als Basistechnologie weiterentwickelt wird. Die Forschungsarbeiten zu 5G zielen auf hohe*

---

<sup>51</sup> Virtuwind (2015): Website.

<sup>52</sup> Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe (2016): Bericht über Maßnahmen des Landes Berlin und ihre Umsetzung.

<sup>53</sup> Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe (2019): Deep Dive #9: 5G in Berlin.

<sup>54</sup> 5G-Berlin (2018): Gründung Innovationscluster 5G Berlin.

*Datenraten und geringe Latenzzeiten. 5G Funkzellen reichen von sehr weiträumig, bis kleinteilig in sehr hoher Dichte, bieten Unterstützung für eine Vielzahl von Endgeräten unter Wahrung von Effizienz und Energieeinsparung. Die Forschung des HHI bezieht sich auf Felder wie Signalverarbeitung, Drahtlosverbindung und Systemoptimierung. FOKUS nimmt Bezug auf Kernnetz-Architekturen und den Einfluss von Technologien wie SDN, NFV, MEC, FOG und M2M/IoT.<sup>55</sup>*

Im Rahmen des EU-Programms „Horizon 2020“ ist als Konsortialführer die technische Universität Berlin aktuell mit dem Projekt „CARENET“ beteiligt. An den Projekten „IntelloT“ und „5G-VICTORI“ sind weitere Unternehmen aus Berlin beteiligt.

#### 3.4.2.1 Folgende 5G-Projekte sind bereits abgeschlossen

5G Playground (Fraunhofer FOKUS, TU Berlin):

*5G Playground ist ein Angebot des FOKUS Kompetenzzentrums NGNI in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet „Architekturen der Vermittlungsknoten“ der TU Berlin. Es bietet Auftragskunden und Projektpartnern Zugang zu 5G-Kernnetztechnologien in einer komfortablen Experimentalumgebung. Es richtet sich vornehmlich an Forschungsabteilungen führender Unternehmen der Telekommunikationsindustrie, dient aber auch als Schulungs- und Experimentalumgebung für Nachwuchswissenschaftler auf dem Gebiet 5G.<sup>56</sup> Das Projekt lief vom September 2015 bis August 2020.*

5G:haus – Berlin Testbed (Deutsche Telekom AG,5G:haus):

*Die Deutsche Telekom hat das 5G:haus gegründet und die verschiedensten Partner (Universitäten, Startups, Hersteller und auch Industriekunden) eingeladen, um gemeinsam an verschiedenen Orten Teile der 5G Technologie zu testen. Diese Tests finden an verschiedenen Orten Europas in Laboren (verschiedene Laborumgebungen) oder unter realen Umgebungsbedingungen (z.B. in Berlin, Bonn oder Prag) statt.<sup>57</sup> Das Projekt lief vom Oktober 2015 bis März 2017.*

5G:HAUS – Full Duplex (Deutsche Telekom AG,5G:haus):

*Die Deutsche Telekom hat das 5G:haus gegründet und die verschiedensten Partner (Universitäten, Startups, Hersteller und auch Industriekunden) eingeladen, um gemeinsam an verschiedenen Orten Teile der 5G Technologie zu testen. Diese Tests finden an verschiedenen Orten Europas in Laboren*

---

<sup>55</sup> Direktes Zitat: BMVI (2020): 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht.

<sup>56</sup> Direktes Zitat: BMVI (2020): Ebd.

<sup>57</sup> Direktes Zitat: ebd.

*(verschiedene Laborumgebungen) oder unter realen Umgebungsbedingungen (z. B. in Berlin, Bonn oder Prag) statt.<sup>58</sup> Das Projekt lief vom Juni 2015 bis Oktober 2015.<sup>59</sup>*

Intelligentes Prefetching von Medieninhalten (Fraunhofer FOKUS, Berlin):

*Mit der langjährigen Erfahrung im Bereich Fahrzeug-zu-X Kommunikation bringt Fraunhofer FOKUS eine Kernkompetenz in den Bereich vernetzte Mobilität ein und entwickelt Lösungen für das automatisierte Fahren, für eine integrierte urbane Mobilität, implementiert kooperative und kollaborative Fahrerassistenzsysteme und unterstützt seine Partner bei der Validierung von Prototypen hinsichtlich Standardkonformität, bei der Wirkungsanalyse und bei der Durchführung von Feldtests.<sup>60</sup> Das Projekt war im Zeitraum 2014 bis 2015 aktiv.*

### **3.5. Brandenburg**

#### **3.5.1. Strategie und Maßnahmen**

Im Jahr 2018 hat Brandenburg die Zukunftsstrategie „Digitales Brandenburg“ entwickelt. Ein Ziel der Landesregierung war es, eine 5G-Modellregion zu etablieren. Brandenburg erachtet die Einführung von 5G als sehr wichtig und setzt sich dafür ein, eine der ersten Modellregionen Deutschlands bei der Einführung und Nutzung von 5G in Brandenburg zu schaffen.

Als eine Maßnahme errichtet das Bundesland bis zu 32 zusätzliche Funkmasten für den Digitalfunk BOS, die von den Mobilfunkunternehmen mitgenutzt werden können. Zudem bietet das Bundesland den eigenen Bewerbern im bundesweiten 5x5G-Wettbewerb Unterstützung an. Zu den Maßnahmen gehört unter anderem die Förderung des flächendeckenden Aufbaus der Breitbandverfügbarkeit über die Richtlinie des BMVI „Förderung zur Unterstützung des Breitbandausbaus in der Bundesrepublik Deutschland“, damit ein flächendeckender Gigabit-Netzausbau bis 2025 realisiert werden kann. Zudem sollen neue Mobilfunknetze geschaffen und bestehende Mobilfunknetze erweitert werden, um die weißen Flecken zu schließen. An jedem Standort soll eine Mobilfunkverbindung möglich sein.<sup>61</sup>

Das Ziel der Netzabdeckung ist, weiße Flecken bis 2023 zu schließen und somit schnelles Internet flächendeckend zu realisieren. Dabei werden Schulen, Krankenhäuser und Verwaltungen priorisiert

---

<sup>58</sup> Direktes Zitat: ebd.

<sup>59</sup> Direktes Zitat: ebd.

<sup>60</sup> Direktes Zitat: ebd.

<sup>61</sup> Landesregierung Brandenburg (Hg.) (2019): Zukunftsstrategie - Digitales Brandenburg.

angeschlossen. Zusätzlich zu der Lausitz sollte auch die Industrieregion um den Flughafen BER eine 5G Modellregion werden.<sup>62</sup>

Als finanzielle Unterstützung bietet das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie des Bundeslandes Brandenburg im Rahmen des Mobilfunkförderprogramms 55 Millionen Euro aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), um Mobilfunklücken in Regionen abzubauen, die marktwirtschaftlich nicht ausgebaut werden. Die ausgewählten Antragsteller erhalten einen Investitionskostenzuschuss in Höhe von 80 Prozent. Das Förderziel sieht mindestens 50 Mbits/s und 50 Millisekunden Latenz je Antennensektor vor, entweder mit 4G oder 5G.<sup>63</sup>

### **3.5.2. 5G-Aktivitäten**

Abgesehen von den Konzeptstudien im Rahmen des bundesweiten 5x5G-Wettbewerbs liegt keine weitere bekannte 5G-Aktivität vor.

## **3.6. Bremen**

### **3.6.1. Strategie und Maßnahmen**

Bremen hat im Jahre 2017 die Strategie „Land Bremen 4.0 – Standort der digitalen Kompetenzen“ entwickelt, in der es den vollständigen Ausbau der 5G-Infrastruktur in Gewerbegebieten als eine Herausforderung für die kommenden Jahre und den Netzausbau hin zur Gigabit-Gesellschaft als eine der priorisierten Maßnahmen definiert hat.<sup>64</sup> Die Strategie unterstreicht den Stellenwert der Hochschulen und Forschungsinstitute als Keimzellen der Entwicklung auch im Bereich 5G und Mobilfunk. Allerdings wird keine konkrete Umsetzung hinsichtlich der eigenen Pläne für die 5G-Entwicklung in der Strategie dargestellt.

---

<sup>62</sup> Berlin.de (2019): Brandenburg: Flächendeckend schnelles Internet bis 2023.

<sup>63</sup> Landesportal Brandenburg (2020): Mobilfunkausbau Brandenburg.

<sup>64</sup> Senator für Wirtschaft, Arbeit und Häfen (2017): Land Bremen 4.0 - Standort der digitalen Kompetenzen.

### 3.6.2. 5G-Aktivitäten

Als Beratungsstelle betreut das Breitbandzentrum Niedersachsen-Bremen viele Aufgabenbereiche mit 5G-Bezug, u.a. Unterstützung von lokalen 5G-Frequenzanträgen, 5G-Campusnetze für Unternehmen, sowie Fördermittel und ist zugleich Mittler zwischen den 5G-Ausbaubeteiligten.<sup>65</sup>

#### 3.6.2.1 Folgende 5G-Projekte wurden bereits abgeschlossen

CoSem – Compressive Sensing Mehrnutzerdetektionsverfahren für Code-Multiplex-System (Universität Bremen):

*Das zentrale Thema dieses Vorhabens ist die Erforschung von Compressive Sensing basierten Empfängern geringer Komplexität zur Detektion einer hohen Anzahl an Sensorsignalen (massive Machine-Type-Communication) unter der Anforderung geringer Signallaufzeiten. Das Projekt adressiert die 5G Use-Cases „Extreme real-time communications“ und „Massive Internet of Things“.<sup>66</sup> Das Projekt war im Zeitraum November 2011 bis Mai 2016 in Bremen aktiv.*

Gemeinsame Optimierung von verallgemeinerten Mehrträger-Signalformen und Leistungsallokation für bidirektionale Relay-Systeme (Universität Bremen, Bremen):

*Hauptziel dieses Projektes ist die Entwicklung von nicht-orthogonalen Impulsformungsfiltern bei einer Mehrträgerübertragung und die zugehörige Ressourcenallokation für bidirektionale Relay-Systeme mit Physical Layer Network Coding. Es wurden die 5G-Uses-Cases „Broadband access everywhere“ und „Ultra-reliable communications“ adressiert.<sup>67</sup> Das Projekt begann im Dezember 2012 und endete im November 2015.*

HiFlecs, Hochperformante, sichere Funktechnologien und deren Systemintegration in zukünftige industrielle Closed-Loop-Automatisierungslösungen (Universität Bremen, Bremen):

*Zukünftige Industrieanlagen zeichnen sich durch eine komplexe Vernetzung von Sensoren und Aktoren, Maschinen sowie Steuer- und Regeleinheiten aus. Heutige Funksysteme erfüllen nicht die Anforderungen an Echtzeitfähigkeit und Determinismus. Die besondere Herausforderung besteht darin, eine flexible, modulare, mobile, dynamische und sichere Kommunikationsinfrastruktur zu entwickeln.*

---

<sup>65</sup> Breitbandzentrum Niedersachsen-Bremen (2020): Mobilfunkausbau/5G.

<sup>66</sup> Direktes Zitat: BMVI (2020): 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht.

<sup>67</sup> Direktes Zitat: ebd.

*Das Projekt adressiert die 5G-Use-Cases: „Extreme real-time communications“ und „Massive Internet of Things“.<sup>68</sup> Das Projekt fand im Zeitraum Februar 2015 bis Januar 2018 statt.*

iJOIN, Interworking and JOINt Design of an Open Access and Backhaul Network Architecture for Small Cells based on Cloud Networks (Universität Bremen, Bremen):

*iJOIN führt das neuartige Konzept des RAN-as-a-Service (RANaaS) ein, in dem die RAN-Funktionalität durch den Einsatz einer offenen, auf Cloud-Infrastruktur basierenden IT-Plattform flexibel zentralisiert wird. Die Universität Bremen konzentriert sich hauptsächlich auf in einem Netzwerk verteilte Detektionsverfahren und deren Implementierung in die iJOIN-Architektur. Es werden die 5G-Uses-Cases „Broadband access in dense areas“ und „Broadband access everywhere“ adressiert.<sup>69</sup> Das Projekt war vom November 2012 bis April 2015 aktiv.*

KoMe, Kognitive Mediumszugangsalgorithmen für industrielle Funkanwendungen (Universität Bremen, Bremen):

*Im Projekt soll ein zentrales, übergeordnetes Koexistenzmanagement und kognitive Mediumszugangsalgorithmen für industrielle Funkkommunikationsnetzwerke erforscht werden, die den Herausforderungen zukunftsweisender Produktionskonzepte entsprechen. Das Projekt adressiert die 5G-Use-Cases „Extreme real-time communications“ und „Massive Internet of Things“.<sup>70</sup> Das Projekt lief vom November 2015 bis Mai 2018.*

METIS – neue Kommunikationslösungen für die Zukunft nach 2020 (Universität Bremen, Bremen):

*METIS stellt grundlegende neue Kommunikationslösungen für die Zukunft nach 2020 bereit. Die Forschung umfasst die Bereiche der Netzwerktopologien, drahtlosen Übertragung, Multi-Node Techniken und Spektrumsausnutzung. Die Universität Bremen konzentriert sich auf die Themen bidirektionale Kommunikation durch Relays und einen effizienteren Medienzugriff für massive Maschinenkommunikation. Es werden die 5G-Uses-Cases „Massive Internet of Things“ und „Ultra-reliable communications“ adressiert.<sup>71</sup> Das Projekt war im Zeitraum 2012 bis 2015 aktiv.*

NiCOM, Nicht-lineare Compressive Sensing Mehrnutzerdetektion: Algorithmen und Hardware-Architekturen (Universität Bremen, Bremen):

---

<sup>68</sup> Direktes Zitat: ebd.

<sup>69</sup> Direktes Zitat: ebd.

<sup>70</sup> Direktes Zitat: ebd.

<sup>71</sup> Direktes Zitat: ebd.

*Das zentrale Thema dieses Vorhabens ist die Erforschung neuer Empfängerstrukturen durch die Anwendung von Compressive Sensing zur Detektion von Signalen in der M2M. Erste Ergebnisse von Compressive Sensing Empfängern zeigen, dass im Vergleich zu gängigen Empfängern bei gleicher Zuverlässigkeit der Übertragung eine deutlich größere Anzahl an Sensoren unterstützt werden kann. Das Projekt adressiert die 5G-Use-Cases „Extreme real-time communications“ und „Massive Internet of Things“.<sup>72</sup> Das Projekt fand im Zeitraum Juni 2012 bis Mai 2015 statt.*

Physical Layer Network Coding für Two-Way Relaying (Universität Bremen, Bremen):

*Kooperative Übertragung ermöglicht eine verbesserte Systemleistung, eine erhöhte Zuverlässigkeit und eine Ausweitung des Abdeckungsgebiets zu realisieren. Die Übertragung über zwischenliegende Relaisstationen reduziert den effektiven Pfadverlust, begrenzt allerdings auch die spektrale Effizienz. Um diesem Nachteil zu begegnen, lassen sich bidirektionale Relaisysteme einsetzen. Es wurden die 5G-Uses-Cases „Broadband access everywhere“ und „Ultra-reliable communications“ adressiert.<sup>73</sup> Das Projekt fand im Zeitraum Januar 2012 bis März 2014 statt.*

## **3.7. Hamburg**

### **3.7.1. Strategie und Maßnahmen**

Anfang 2020 hat der Hamburger Senat eine umfassende Digitalstrategie beschlossen. Hamburg definiert eine leistungsfähige digitale Infrastruktur als Grundlage der digitalen Entwicklung und legt den Fokus hierbei auf die flächendeckende Versorgung mit Glasfaseranschlüssen und dem neuen 5G-Mobilfunkstandard. Hamburg erwartet einen 5G-Ausbau ab 2020. Allerdings gibt es keine konkreten Ziele hinsichtlich der 5G-Entwicklung und der konkreten 5G-Nutzung in der Digitalstrategie.<sup>74</sup>

### **3.7.2. 5G-Aktivitäten**

Hamburg gehört neben Berlin, Bonn und Darmstadt zu den ersten 5G-Teststädten.<sup>75</sup> Aktuell läuft das Projekt „5G Mobile Network Architecture (5GMooNArch)“ in Hamburg mit den folgenden Projektbeteiligten. Netzbetreiber: Deutsche Telekom, Telecom Italia; Ausrüster: Nokia, Huawei

---

<sup>72</sup> Direktes Zitat: ebd.

<sup>73</sup> Direktes Zitat: ebd.

<sup>74</sup> Freie und Hansestadt Hamburg, Senatskanzlei – Amt für IT und Digitalisierung (2020): Digitalstrategie für Hamburg.

<sup>75</sup> Hessische Staatskanzlei - Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung (2019): 1 Jahr Mobilfunkpakt Hessen. Viel erreicht – viel zu tun.

Deutschland; Anwender: HPA; Hersteller: Samsung Electronics & spanische Landestochter des französischen IT-Dienstleisters Atos; Wissenschaft & Forschung: Universidad Carlos III de Madrid, Technische Universität Kaiserslautern, CEA Laboratoire d'electronique des technologies de l'information, Centre for Research & Technology Hellas; SMEs: Real Wireless, MOBICS, NOMOR research.

*Das Projekt mit zweijähriger Laufzeit bis Juni 2019 hatte das Ziel, vielfältige 5G-Anwendungen zu ermöglichen, die völlig unterschiedliche Anforderungen bezüglich Geschwindigkeit, Reaktionszeit, Sicherheit und Kapazität haben. Die Umsetzung des Konzepts wurde im Testfeld Hamburger Hafen getestet.<sup>76</sup>*

### **3.8. Hessen**

#### **3.8.1. Strategie und Maßnahmen**

Bereits im Jahr 2016 hat die Hessische Landesregierung eine flächendeckende Breitbandversorgung für LTE und 5G als ein Ziel in der „Strategie Digitales Hessen“ definiert.<sup>77</sup>

Nach dem Kabinettsbeschluss im Jahr 2018 wurden 50 Millionen Euro für die Verbesserung der Mobilfunkversorgung in ländlichen Regionen in Hessen investiert. Gemeinsam mit den MNOs Deutsche Telekom, Telefónica Germany und Vodafone wurde ein 10-Punkte-Plan in der Hessischen Staatskanzlei unterzeichnet.<sup>78</sup> Der zehnte Punkt bezieht sich auf den Aufbau der 5G-Testfelder. Die Deutsche Telekom hat ein Testfeld in der Stadt Darmstadt als 5G-Pilostadt errichtet mit u.a. einer autonom fahrenden Straßenbahn. Die Feldtests in Darmstadt haben im Februar 2019 bereits angefangen und den Startschuss für den kommerziellen Rollout in Hessen gesetzt.

Über diese zehn Punkte hinaus hat Hessen weitere 100 Millionen Euro bereitgestellt, um Unternehmen bzgl. der Netzabdeckung 5G-fähig zu machen. Zudem wurde im Jahr 2019 die Mobilfunkallianz Hessen gegründet, die den flächendeckenden 4G-Ausbau sowie den 5G-Rollout beschleunigen will.<sup>79</sup>

---

<sup>76</sup> 5G-MoNArch (2020): Website.

<sup>77</sup> Hessische Landesregierung (2016): Strategie Digitales Hessen.

<sup>78</sup> Hessische Staatskanzlei - Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung (2019): 1 Jahr Mobilfunkpakt Hessen. Viel erreicht – viel zu tun.

<sup>79</sup> Ebd.

### **3.8.2. 5G-Aktivitäten**

Darmstadt gehört neben Berlin, Hamburg und Bonn zu den ersten 5G-Teststädten. Im Zeitraum Februar 2015 bis Januar 2018 gab es eine aktive Begleitforschung zur zuverlässigen drahtlosen Kommunikation in der Industrie von der Deutschen Kommission Elektrotechnik im DIN und VDE in Frankfurt am Main. Das Projekt erforschte die Funktechnologien für industrielle Anwendungen.<sup>80</sup>

## **3.9. Mecklenburg-Vorpommern**

### **3.9.1. Strategie und Maßnahmen**

Die Landesregierung von Mecklenburg-Vorpommern hat im Jahr 2018 die „Digitale Agenda für Mecklenburg-Vorpommern“ entwickelt. In der Digitalen Agenda wurden Finanzierungsmittel in Höhe von 1,3 Milliarden Euro eingeplant, womit ein Versorgungsgrad mit schnellem Internet von mindestens 50 Mbit/s von 90 Prozent der Haushalte gewährleistet werden soll.<sup>81</sup>

Mecklenburg-Vorpommern setzt sich für den weiteren Ausbau der Mobilfunknetze ausgehend von den Versorgungsverpflichtungen der MNOs ein. Allerdings ist keine konkrete Planung in der Strategie dazu dargestellt.

### **3.9.2. 5G-Aktivitäten**

Abgesehen von den Konzeptstudien im Rahmen des bundesweiten 5x5G-Wettbewerbs liegt keine bekannte 5G-Aktivität vor.

## **3.10. Niedersachsen**

### **3.10.1. Strategie und Maßnahmen**

Niedersachsen hat im Jahr 2018 „Die Strategie Niedersachsens zur digitalen Transformation: Masterplan Digitalisierung“ veröffentlicht. Bezüglich der Netzabdeckung setzt sich das Bundesland folgende Ziele: Alle Haushalte sollen bis 2015 vollständig mit gigabitfähigen Anschlüssen versorgt werden. Gewerbegebiete sowie Seehäfen bis 2021. Ein besonderer Fokus des Netzausbaus legt

---

<sup>80</sup> BMVI (2020): 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht.

<sup>81</sup> Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern (2018): Digitale Agenda für Mecklenburg-Vorpommern.

Niedersachsen auf Schulen, Universitäten und Hochschulen. In diesem Bereich soll der Ausbau bis 2021 realisiert werden. Für den Giganetzausbau standen im Jahr 2018 bereits 100 Millionen Euro zur Verfügung. Bezüglich der Mobilfunkversorgung soll bis 2021 4G flächendeckend ausgebaut werden. 5G soll im Jahr 2022 flächendeckend pilotiert werden. Inwieweit 5G ausgerollt werden muss, wird anhand der jeweiligen Use-Cases diskutiert.<sup>82</sup>

Zudem hat das Land Niedersachsen den „Giga-Pakt Niedersachsen“ beschlossen, um den flächendeckenden Glasfaserausbau im Rahmen des Masterplans Digitalisierung voranzutreiben. Folgende vier Ziele verfolgt Niedersachsen mit seiner Glasfaserförderung:<sup>83</sup>

- Schnellstmögliche Beseitigung der weißen Flecken
- Gigabitausbau für alle Gewerbegebiete und Häfen bis 2021
- Anschluss aller Schulen an das Gigabitnetz bis zum Schuljahr 2021/22
- Die Krankenhäuser zeitnah an das Gigabitnetz anbinden

### **3.10.2. 5G-Aktivitäten**

Aktuell findet das Projekt „PMSE-xG“ von Sennheiser electronic GmbH & Co. KG mit folgenden Projektpartnern statt: Arri Group, Robert Bosch GmbH, Intel Cooperation, Smart Mobile Labs AG, Fraunhofer HHI, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Leibniz Universität Hannover.

*PMSE umfasst Technologien für Produktion, Events und Konferenzen, die hauptsächlich von der Kreativ- und Kulturindustrie eingesetzt werden. Das Forschungsprojekt „Programme Making & Special Events employing 4G+/5G technology“ konzentriert sich auf die technologische und wirtschaftliche Machbarkeit von PMSE in 4G+/5G. Hier wird versucht, PMSE-Anwendungen in der Standardisierung des mobilen Breitbandfunks zu verankern. Dies eröffnet neue Chancen und Möglichkeiten im Bereich innovativer Geschäftsfelder, neuer Produkte, neuer Dienstleistungen und Anwendungen.<sup>84</sup>*

In Wolfsburg wurde im Zeitraum von November 2014 bis Dezember 2017 das Projekt „Automotive Anforderungen an zukünftige Mobilfunknetze“ (Volkswagen AG-Konzernforschung, Wolfsburg) umgesetzt.

---

<sup>82</sup> Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung (Hg.) (2018): Die Strategie Niedersachsens zur digitalen Transformation. Masterplan Digitalisierung.

<sup>83</sup> Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung (2019): Land Niedersachsen, Kommunen, Verbände und Unternehmen schließen „Giga-Pakt für Niedersachsen“.

<sup>84</sup> PMSE-xG (2020): Website.

5G verspricht Eigenschaften, die heutige Mobilfunknetze nicht erfüllen. Anhand von automotiven Use-Cases z.B. für die Verbesserung des kooperativen und / oder hochautomatischen Fahrens werden die Anforderungen konkretisiert und den neuen Eigenschaften zugeordnet.<sup>85</sup> Das Projekt begann im November 2014 und endete im Dezember 2017.

### **3.11. Rheinland-Pfalz**

#### **3.11.1. Strategie und Maßnahmen**

Der Ministerrat von Rheinland-Pfalz hat im März 2020 die Strategie zur nachhaltigen Infrastrukturentwicklung mit dem Namen „Gigabit für Rheinland-Pfalz“ verabschiedet. Das Bundesland verfolgt das Ziel der EU-Kommission sowie der Bundesregierung, Gigabitnetze bis 2025 flächendeckend aufzubauen. Die Landesregierung hat im Januar 2019 den Runden Tisch Mobilfunk mit den MNOs Telekom, Vodafone und Telefónica initiiert, um gemeinsam Ziele und Maßnahmen für die Schließung der Funklöcher und des Netzausbaus zu erarbeiten. Das Ziel der Netzabdeckung ist, 97 Prozent der Haushalte mit 4G-Netz zu versorgen und die Prozentzahl bis 2021 auf 99 Prozent zu steigern.<sup>86</sup>

#### **3.11.2. 5G-Aktivitäten**

Das Deutsche Forschungszentrum für künstliche Intelligenz und die Technische Universität Kaiserslautern leisten Pionierarbeit bei der Entwicklung von 5G-Anwendungen.<sup>87</sup> Beispielsweise findet seit 2013 das Projekt „Europäische Initiative 5G“ in Kaiserslautern statt. Der Fachbereich Elektrotechnik an der TU Kaiserslautern entwickelt die Grundlagen von 5G und erarbeitet die globale Standardisierung grundlegender Konzepte im Rahmen der Projekte „METIS II“, „5G NORMA“ und „5G AURA“.<sup>88</sup>

---

<sup>85</sup> BMVI (2020): 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht.

<sup>86</sup> Ministerium des Innern und für Sport des Landes Rheinland-Pfalz (2019): Gigabit für Rheinland-Pfalz – Ausbau der Infrastrukturen für die Gigabit-Gesellschaft.

<sup>87</sup> Ebd.

<sup>88</sup> BMVI (2020): 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht.

## **3.12. Saarland**

### **3.12.1. Strategie und Maßnahmen**

Im Jahr 2017 hat das Saarland das Projekt „NGA-Ausbau Saar“ gestartet. Damit möchte das Bundesland das Ziel der Netzabdeckung erreichen, bis 2018 eine flächendeckende Grundversorgung mit mindestens 50 Mbit/s zu realisieren.<sup>89</sup> Ziele bezüglich des 5G-Netzausbaus sind in dem Projektsteckbrief nicht enthalten.

Zudem wurde eine Digitalisierungsroadmap vom Digitalisierungsrat des Saarlands 2019 vorgestellt. Ein konkretes 5G-Ziel ist allerdings unbekannt.<sup>90</sup>

### **3.12.2. 5G-Aktivitäten**

Abgesehen von den Konzeptstudien im Rahmen des bundesweiten 5x5G-Wettbewerbs liegt keine bekannte 5G-Aktivität in Saarland vor.

## **3.13. Sachsen**

### **3.13.1. Strategie und Maßnahmen**

Sachsen hat bislang keine eigene 5G-Strategie entwickelt. Wie aber die meisten anderen Bundesländer auch, hat Sachsen eine Digitalisierungsstrategie mit dem Titel „Sachsen Digital“ erstellt. Die 2019 veröffentlichte Strategie umfasst strategische Ziele, wie die Entwicklung der digitalen Infrastruktur. Eine genaue Zielsetzung bezüglich des 5G-Mobilfunknetzausbaus ist allerdings nicht enthalten.<sup>91</sup>

### **3.13.2. 5G-Aktivitäten**

An der TU Dresden befindet sich das „5G Lab Germany“, welches eine Plattform aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen an der TU Dresden bildet. Laut Information vom BMVI beteiligen sich 19 Lehrstühle der Fakultäten Elektrotechnik & Informationstechnik, Informatik und Maschinenbau an dem Projekt. Das Projekt findet im Zeitraum September 2014 bis Dezember 2020 statt und fokussiert

---

<sup>89</sup> Zweckverband eGo-Saar, Staatskanzlei des Saarlandes (2017): Projektsteckbrief: NGA-Netzausbau Saar. Die landesweite Breitband-Ausbaumaßnahme im Überblick.

<sup>90</sup> Staatskanzlei Saarland (2019): Roadmap.

<sup>91</sup> Freistaat Sachsen: Sachsen Digital, Digitalisierungsstrategie des Freistaates Sachsen. (s.o.)

sich auf die 5G-Entwicklung in unterschiedlichen Bereichen, wie u.a. intelligente Mobilität, automatisiertes Fahren, Industrie 4.0. usw.<sup>92</sup>

An der TU Dresden existiert zudem das Projekt „National 5G Energy Lab“. Gemeinsam mit der RWTH Aachen und Ericsson GmbH werden insbesondere Software und Hardware entwickelt, welche die Kommunikation mittels 5G von energetischen Anwendungen hin zu übergeordneten Systemkomponenten ermöglichen. Hierbei steht die Entwicklung einer Open-Source-Plattform im Fokus. So sollen zukünftig alle Anwender dieser Technik einen gesicherten Kommunikationszugang zu energetischen Anlagen und Anwendungen erhalten.<sup>93</sup>

In Sachsen befindet sich außerdem das größte europäische Testbed für 5G im Bereich Smart Farming zur Erforschung von 5G-Technologien für die Landwirtschaft. In diesem Test- und Demonstrationsfeld wird der Nutzen von schnellen Datenverbindungen für die digitale Landwirtschaft und den ländlichen Raum erforscht und deren Vorteile herausgearbeitet.<sup>94</sup>

An der TU Dresden wurde im Zeitraum von März 2017 bis April 2020 das Projekt „5G NetMobil“ durchgeführt. Gemeinsam mit 16 Projektpartnern aus verschiedenen Bereichen, wie Erstausrüster & Zulieferer, Operatoren, weiteren Ausrüstern, KMU und Forschungseinrichtungen, entwickelt das Projekt Lösungen für mehr Sicherheit und Effizienz durch Echtzeit-Kommunikation.<sup>95</sup>

### **3.14. Sachsen-Anhalt**

#### **3.14.1. Strategie und Maßnahmen**

Im Jahr 2019 hat Sachsen-Anhalt die NGA-Breitbandstrategie aus dem Jahr 2015 fortgeschrieben und „Digitale Infrastrukturen der Zukunft – die integrierte Gigabitstrategie des Landes Sachsen-Anhalt“ veröffentlicht. Ein Ziel der Strategie ist der LTE-Lückenschluss sowie die 5G-Vollversorgung. Diesbezüglich sollen alle „weißen Mobilfunklücken“ für Telefonie und Datenkommunikation im 4G-Netz zeitnah geschlossen werden. Bei der vollständigen 5G-Netzversorgung wird die von einem tiefgreifenden Strukturwandel betroffene Braunkohle-Region priorisiert. Zudem soll mindestens ein

---

<sup>92</sup> BMVI (2020): 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht.

<sup>93</sup> Eigene Angabe der RWTH Aachen.

<sup>94</sup> Wirtschaftsförderung Sachsen (2019): Sachsen startet Testfeld für 5G in der Landwirtschaft.

<sup>95</sup> 5G NetMobil (2020): Website.

5G-Testfeld errichtet werden, um 5G-Anwendungen zu erproben. Hierfür werden notwendige Finanzmittel und eine Sonderförderung für die Braunkohle-Region durch den Bund erwartet.<sup>96</sup>

### **3.14.2. 5G-Aktivitäten**

Im Zeitraum 2016 bis 2018 hat das Projekt „RelCOvAir – Reliable Industrial Communication Over the Air Branche“ in Magdeburg stattgefunden. Das ifak - Institut für Automation und Kommunikation e.V. legt den Schwerpunkt des Projekts, u.a. auf die Modellierung verschiedener Koexistenzszenarien und eines Kanalmodells. Das Projekt entwickelt und standardisiert notwendige Methoden und Werkzeuge im Bereich Bewertung drahtloser Kommunikationssysteme und integriert diese in eine umfassende Software- und Hardware-Testumgebung.<sup>97</sup>

## **3.15. Schleswig-Holstein**

### **3.15.1. Strategie und Maßnahmen**

Die Staatskanzlei des Ministerpräsidenten von Schleswig-Holstein hat eine „Digitale Agenda Schleswig-Holstein“ im Jahr 2017 entwickelt, in der als Ziel der Ausbau der digitalen Infrastruktur als Voraussetzung für die Umsetzung der digitalen Agenda definiert wird, wobei auch der Ausbau von 5G-Mobilfunk eine zentrale Rolle spielt. Allerdings wurden keine konkreten Maßnahmen in der Strategie ausgearbeitet.<sup>98</sup>

### **3.15.2. 5G-Aktivitäten**

Es ist keine 5G-Aktivität in Schleswig-Holstein bekannt, abgesehen von der Teilnahme von drei Gebietskörperschaften am bundesweiten 5x5G-Innovationswettbewerb.

---

<sup>96</sup> Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt (2019): Digitale Infrastrukturen der Zukunft – Die integrierte Gigabitstrategie des Landes Sachsen-Anhalt.

<sup>97</sup> BMVI (2020): 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht.

<sup>98</sup> Losse-Müller, Thomas (2017): Schleswig-Holstein. Der echte Norden. – Digitale Agenda.

## **3.16. Thüringen**

### **3.16.1. Strategie und Maßnahmen**

Das Bundesland Thüringen hat ebenfalls eine Digitalstrategie mit dem Titel „Thüringer Strategie für die Digitale Gesellschaft“ im Jahr 2017 entwickelt. Die Strategie definiert den Aufbau des 5G-Mobilfunknetzes als einen Schwerpunkt. Zur Grundlage des 5G-Netzes gehören die an das Hochleistungs-Glasfasernetz angeschlossenen Sendeanlagen. Deswegen wurde der Ausbau dieses Glasfasernetzes priorisiert.<sup>99</sup>

Im Jahr 2018 wurde eine separate Glasfaserstrategie entworfen, welche eine Ankündigung einer alleinstehenden 5G-Strategie enthält. Diese soll auf dem Glasfaserausbau als Grundstein und auf Erfahrungen aus einem 5G-Modellprojekt aufbauen, wurde bislang jedoch noch nicht veröffentlicht.<sup>100</sup>

### **3.16.2. 5G-Aktivitäten**

Abgesehen von der Teilnahme am bundesweiten 5G-Innovationswettbewerb ist keine 5G-Aktivität in Thüringen bekannt.

---

<sup>99</sup> Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft (2017): Thüringer Strategie für die Digitale Gesellschaft.

<sup>100</sup> Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft (2018): Glasfaserstrategie für den Freistaat Thüringen.

## 4. Zusammenfassung

Zusammenfassend ist festzustellen, dass alle Bundesländer den Netzausbau als Grundlage der Entwicklung der Digitalisierung erachten und die Entwicklung der Netzinfrastruktur in ihre eigenen Digitalstrategien aufgenommen haben. Im Kontext des Glasfaserausbaus orientieren sich alle Bundesländer bereits an der bundesweiten Strategie. Der Glasfaserausbau bildet zugleich die infrastrukturelle Grundlage für den neuen 5G-Mobilfunkstandard, weil die zahlreichen neuen Mobilfunkstandorte auf eine Anbindung an das Glasfasernetz angewiesen sind.

Mit Blick auf die 5G-Strategieentwicklung ist Nordrhein-Westfalen jedoch bisher das einzige Bundesland, das eine eigene 5G-Strategie veröffentlicht hat, die deutlich über die bundesweite Strategie des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hinaus reicht. Bayern hat hingegen ein anderes Format gewählt und eine konkrete „5G-Initiative“ in die eigene Digitalstrategie integriert. Somit hat auch Bayern dem Thema einen hohen Stellenwert eingeräumt. Thüringen kündigte in der Glasfaserstrategie an, eine eigene 5G-Strategie zu entwickeln. Diese ist allerdings bisher noch nicht erschienen. Einige weitere Bundesländer, wie Baden-Württemberg, Berlin, Brandenburg und Hessen, haben in ihre Digitalstrategien zumindest den Aufbau von 5G-Testfeldern aufgenommen. Zentrale 5G-Maßnahmen und -Aktivitäten dieser Bundesländer werden im Folgenden kurz verortet und skizziert.

Die drei wichtigsten Maßnahmen in NRW sind der 5G-Förderwettbewerb, der Aufbau des Competence Center 5G.NRW und die Veranstaltungsreihe 5G-Dialog.NRW. Darüber hinaus wurde auch ein Mobilfunkpakt mit den Mobilfunknetzbetreibern vereinbart. Bayern definiert in seiner 5G-Initiative den Aufbau eines 5G-Anwender- und Kompetenzzentrums sowie die Förderung von 5G-Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit den Schwerpunkten Mobilität, Industrie 4.0, eHealth und Medien. Berlin fördert seit längerem den Aufbau eines urbanen 5G-Testbeds. Das Bundesland Brandenburg errichtet bis zu 32 zusätzliche Funkmasten für den Digitalfunk BOS. Diese können von den Mobilfunkunternehmen mitgenutzt werden. Bremen beschreibt den Netzausbau hin zur Gigabit-Gesellschaft als eine Aufgabe mit hoher Priorität und hat, wie auch Niedersachsen mit dem „Giga-Pakt“, dazu eigene Maßnahmen ausgearbeitet. Das Bundesland Sachsen hat den Aufbau eines eigenen 5G-Testbeds und die Schließung der Mobilfunklücken in seiner Digitalstrategie konkretisiert.

Darüber hinaus haben einige Bundesländer in ihrer jeweiligen Digitalstrategie ganz unterschiedliche Summen finanzieller Förderbeträge veranschlagt. Beispielsweise hat Baden-Württemberg im zweiten Digitalisierungsbericht bekanntgegeben, eine Milliarde Euro für schnelleres Internet zu investieren. Als finanzielle Unterstützung bietet das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie des Bundeslandes

Brandenburg im Rahmen des Mobilfunkförderprogramms 55 Millionen Euro aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), um Mobilfunklücken in Regionen abzubauen, die marktwirtschaftlich nicht ausgebaut werden. Hessen investiert 50 Millionen Euro für die Verbesserung der Mobilfunkversorgung in ländlichen Regionen und weitere 100 Millionen Euro, um Unternehmen durch eine entsprechende Netzabdeckung 5G-fähig zu machen. Mecklenburg-Vorpommern hat in der Digitalen Agenda 1,3 Milliarden Euro Finanzmittel eingeplant, womit unter anderem auch ein Versorgungsgrad mit schnellem Internet von mindestens 50 Mbit/s von 90 Prozent der Haushalte gewährleistet werden soll. Nordrhein-Westfalen stellt speziell für den Förderwettbewerb 5G.NRW 90 Millionen Euro bereit. (Festzuhalten bleibt aber auch, dass sich nicht nur das Fördervolumen, sondern auch die jeweiligen Investitionszeiträume, erheblich unterscheiden).

Im Hinblick auf konkrete 5G-Projektforschungsprojekte sind Bundesländer wie Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Baden-Württemberg und Bayern sowie die Stadtstaaten Bremen, Berlin und Hamburg, im bundesweiten Vergleich sehr aktiv. Dies beruht einerseits auf zielgerichteten öffentlichen Fördermaßnahmen in die Anwendung einzelner Sprunginnovationen wie Künstlicher Intelligenz und 5G, sowie andererseits auf umfangreichen Investitionen in die diesbezügliche Grundlagenforschung und den Wissenstransfer von Wissenschaft in die Wirtschaft und ebenso vice versa. Beispielsweise plant Nordrhein-Westfalen den Start der ersten der 13 zur Förderung empfohlenen Projekte aus dem 5G.NRW-Förderwettbewerb für Anfang 2021. Die meisten von diesen Projekten sind klar im Forschungs- und Entwicklungsbereich zu verorten, zielen aber natürlich auch auf eine zeitnahe Anwendung von 5G in zahlreichen Use-Cases. Des Weiteren sind in Nordrhein-Westfalen zurzeit sechs 5G-Projekte und zwei Projektbeteiligungen an Projekten aus dem „Horizon 2020“ Programm der EU aktiv. Baden-Württemberg ist an sieben Forschungsprojekten aus dem „Horizon 2020“ Programm beteiligt und verzeichnet darüber hinaus noch ein weiteres aktives 5G-Projekt. Bayern verzeichnet fünf aktuell laufende 5G-Projekte sowie weitere acht Beteiligung an Projekten im Kontext von „Horizon 2020“. Berlin arbeitet an einem eigenen 5G-Projekt und beteiligt sich an drei weiteren Projekten aus „Horizon 2020“. In Sachsen verzeichnen Forschungseinrichtungen aktuell vier eigene 5G-Projekte.

Alle sechzehn deutschen Bundesländer sind mit mindestens einer Konzeptstudie auch an den insgesamt 67 Konzeptstudien des 5x5G-Innovationswettbewerbs der Bundesregierung beteiligt. Niedersachsen stellt elf Gebietskörperschaften, die Konzeptstudien eingereicht haben, Baden-Württemberg und Bayern je zehn. In NRW sind sieben Gebietskörperschaften mit Konzeptstudien am Wettbewerb beteiligt, in Brandenburg sechs, in Rheinland-Pfalz und in Sachsen-Anhalt je vier, in Sachsen und Schleswig-Holstein jeweils drei, in Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern je zwei und in den restlichen Bundesländern: Berlin, Bremen, Hamburg, Hessen, und dem Saarland ist jeweils nur eine Gebietskörperschaft im Wettbewerb vertreten.

Einen weiteren wichtigen Innovationsfaktor für die Zukunft stellen die sechs vom BMVI geförderten Modellregionen in Nordrhein-Westfalen (Aachen), Bayern (Amberg-Weiden), Sachsen (Dresden), Hamburg (Hamburg), Rheinland-Pfalz (Kaiserslautern), Niedersachsen (Braunschweig/Wolfsburg) dar.

Insgesamt zeigt die Studie auf, dass die 5G-Landschaft in Deutschland sehr aktiv aber auch überaus heterogen aufgestellt und ausgebaut ist. Bisher gehen vor allem die großen Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen voran. Aber auch in Berlin, Bremen, Hamburg und Sachsen geschieht viel. Neue Impulse für weniger aktive Regionen können in den nächsten Monaten aus der Verteilung von Umsetzungsförderungen im Rahmen des 5x5G-Innovationswettbewerbs des BMVI entstehen. Allerdings weisen auch hier Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen die höchste Anzahl an eingereichten Konzeptstudien von Gebietskörperschaften auf. Somit bleibt aktuell noch abzuwarten, ob die Verteilung der jeweils bis zu vier Millionen Euro umfassenden Umsetzungsförderungen, das derzeitige Bild der deutschen 5G-Forschungs- und Entwicklungslandschaft festigen wird oder in einer aktualisierten Version der Studie neue regionale Projektaktivitäten aufzugreifen sind. Zudem sollte in weiteren Arbeiten der Erfolg und die Geschwindigkeit des flächendeckenden 5G-Ausbaus untersucht werden, da dies natürlich zukünftig einen ganz wesentlichen Faktor für die Anwendung der durch 5G ermöglichten Use-Cases darstellt.

## Quellenverzeichnis

5G-Berlin (2018): Gründung Innovationscluster 5G Berlin. URL: <https://5g-berlin.de/gruendung-innovationscluster-5g-berli> (Zugriff: 15.10.2020).

5G-ConnectedMobility (2020): [http://www.5g-connectedmobility.com/index\\_de.html](http://www.5g-connectedmobility.com/index_de.html) (Zugriff: 15.10.2020).

5G-MoNArch (2020): Homepage. URL: <https://5g-monarch.eu/> (Zugriff: 15.10.2020).

5G NetMobil (2020): Homepage. URL: <https://5g-netmobil.de/> (Zugriff: 15.10.2020).

5G Today (2020): News. URL: <https://5g-today.de/category/news/> (Zugriff: 15.10.2020).

Bayerische Staatskanzlei (2017): Bayern Digital II - Investitionsprogramm für die digitale Zukunft Bayerns. URL: <https://www.bayern.de/wp-content/uploads/2014/09/17-05-30-masterplan-bayern-digital-massnahmen-anlage-mrv-final.pdf> (Zugriff: 15.10.2020).

Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (2018): Bayerisches Mobilfunk-Förderprogramm. URL: <https://www.mobilfunk.bayern/> (Zugriff: 15.10.2020).

Berlin.de (2019): Brandenburg: Flächendeckend schnelles Internet bis 2023. URL: <https://www.berlin.de/aktuelles/brandenburg/5872276-5173360-brandenburg-flaechendeckend-schnelles-in.html> (Zugriff: 15.10.2020).

BMVI (2020): 5G-Aktivitäten in Deutschland - alphabetische Listenansicht. URL: <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Frequenzen-Mobilfunk-und-Digitalradio/5G/5GListe/5g-liste.html?lv2=292786> (Zugriff: 15.10.2020).

BMVI (2020): 5G Application Lab. URL: <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Frequenzen-Mobilfunk-und-Digitalradio/5G/5GListe/5GListeAbisZnachTitel/DE/C/ericsson-eurolab.html?view=renderKartenInfo&nn=12830> (Zugriff: 15.10.2020).

Breitbandzentrum Niedersachsen-Bremen (2020): Mobilfunkausbau/5G. URL: <https://www.bznb.de/digitale-infrastruktur/mobilfunkausbau/> (Zugriff: 15.10.2020).

Bundesfinanzministerium (2020): Corona-Folgen bekämpfen, Wohlstand sichern, Zukunftsfähigkeit stärken. URL: [https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile) (Zugriff: 15.10.2020).

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur -BMVI (2017): 5G-Strategie für Deutschland. URL: <https://www.bmvi.de/blaetterkatalog/catalogs/350336/pdf/complete.pdf> (Zugriff: 15.10.2020).

Bundesnetzagentur (2015): Mobiles Breitband - Projekt 2016. URL: [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Breitband/MobilesBreitband/Frequenzauktion/Z\\_Auktion2016.html?nn=268128](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Breitband/MobilesBreitband/Frequenzauktion/Z_Auktion2016.html?nn=268128) (Zugriff: 15.10.2020).

Bundesnetzagentur (2016): Frequenz-Kompass: Neue Frequenzen für den weiteren Ausbau digitaler Infrastrukturen. URL: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/DrahtloserNetzzugang/Mobilfunk2020/Kompasspapier.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/DrahtloserNetzzugang/Mobilfunk2020/Kompasspapier.pdf?__blob=publicationFile&v=1) (Zugriff: 15.10.2020).

Bundesnetzagentur (2017): Eckpunkte für den Ausbau digitaler Infrastrukturen und Bedarfsermittlung für bundesweite Zuteilungen in den Bereichen 2 GHz und 3,6 GHz. URL: <https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/U>

[nternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/EckpunkteBedarfsermittlung.pdf?\\_blob=publicationFile&v=2](#) (Zugriff: 15.10.2020).

A. Bundesnetzagentur (2019): Frequenzauktion 2019. URL:

[https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Breitband/MobilesBreitband/Frequenzauktion/2019/Auktion2019.html?nn=268128](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Breitband/MobilesBreitband/Frequenzauktion/2019/Auktion2019.html?nn=268128)

(Zugriff: 15.10.2020).

B. Bundesnetzagentur (2019): Bundesnetzagentur teilt 5G-Frequenzen aus Versteigerung zu. URL:

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2019/20190904\\_5G\\_Zuteilung.html#:~:text=Die%20Bundesnetzagentur%20hat%20heute%20auf,auf%20Antrag%20ebenfalls%200zugeteilt%20werden](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2019/20190904_5G_Zuteilung.html#:~:text=Die%20Bundesnetzagentur%20hat%20heute%20auf,auf%20Antrag%20ebenfalls%200zugeteilt%20werden) (Zugriff: 15.10.2020).

A. Bundesnetzagentur (2020): Mobiles Breitband - Versorgung der Bevölkerung mit funkgestützten Breitbandanschlüssen. URL:

[https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/Mobilfunknetze/mobilfunknetze-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/Mobilfunknetze/mobilfunknetze-node.html) (Zugriff: 15.10.2020).

B. Bundesnetzagentur (2020): Versorgungsaufgaben - Telefónica und Telekom erreichen Zwischenziele. URL:

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2020/20200810\\_teilfristversorgungsaufgaben.html](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2020/20200810_teilfristversorgungsaufgaben.html) (Zugriff: 15.10.2020).

Bundesnetzagentur (2015): Frequenzversteigerung in Mainz beendet. URL:

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2015/150619\\_Frequenzversteigerung.html](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2015/150619_Frequenzversteigerung.html) (Zugriff: 15.10.2020).

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016): 5G-Initiative für Deutschland. URL:

[https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/bmvi-initiative-5-schritte-zu-5g.pdf?\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/bmvi-initiative-5-schritte-zu-5g.pdf?_blob=publicationFile) (Zugriff: 15.10.2020).

Bundesregierung (2019): Mobilfunkstrategie: 5-Punkte-Plan zur Beschleunigung von Planung, Genehmigung und Ausbau von 4G- und 5GNetzen sowie zur Schließung von Mobilfunklücken im 4G-Netz. URL:

[https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Mobilfunkstrategie.pdf?\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Mobilfunkstrategie.pdf?_blob=publicationFile)

(Zugriff: 15.10.2020).

Deutscher Bundestag (2020): Modellprojekt "5G-4 Healthcare". URL:

<https://www.bundestag.de/presse/hib/675708-675708> (Zugriff: 15.10.2020).

Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2019): Strategie für das digitale Nordrhein-Westfalen. URL:

[https://www.digitalstrategie.nrw/digitalnrw/de/home/file/fileId/308/name/Digitalstrategie\\_NRW\\_Endfassung\\_Final.pdf](https://www.digitalstrategie.nrw/digitalnrw/de/home/file/fileId/308/name/Digitalstrategie_NRW_Endfassung_Final.pdf) (Zugriff: 15.10.2020).

Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2019): Landesregierung beschließt 5G-Mobilfunkstrategie und fördert den Aufbau der 5G-Technologie mit bis zu 90 Millionen Euro. URL:

<https://www.land.nrw/de/pressemitteilung/landesregierung-beschliesst-5g-mobilfunkstrategie-und-foerdert-den-aufbau-der-5g#:~:text=Eine%20zentrale%20Ma%C3%9Fnahme%20der%205G,Nordrhein%2DWestfalen%20fr%C3%BChzeitig%20zu%20realisieren> (Zugriff: 15.10.2020).

Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2020): Wettbewerb 5G.NRW: Landesregierung fördert 13 herausragende 5G-Projekte mit bis zu 26 Millionen Euro. URL:

<https://www.land.nrw/de/pressemitteilung/wettbewerb-5gnrw-landesregierung-foerdert-13-herausragende-5g-projekte-mit-bis-zu> (Zugriff: 15.10.2020).

digital@bw: Projekt Living Lab Transferzentrum 5G4KMU. URL: <https://www.digital-bw.de/-/5g4kmu> (Zugriff: 15.10.2020).

Entscheidung der Präsidentenkammer der Bundesnetzagentur (2015). URL:

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/DrahtloserNetzzugang/Projekt2016/Pr%C3%A4sidentenkammerentscheidungProjekt2016\\_pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/DrahtloserNetzzugang/Projekt2016/Pr%C3%A4sidentenkammerentscheidungProjekt2016_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3) (Zugriff: 15.10.2020).

Europäische Kommission (2016): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - 5G for Europe: An Action Plan. URL: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-588-EN-F1-1.PDF> (Zugriff: 15.10.2020).

Europäische Kommission - CORDIS Forschungsergebnisse der EU (2020): The world's first Full-System Simulation tool to revolutionize software programming in autonomous driving, aviation, embedded vision and further highly innovative applications. URL:

<https://cordis.europa.eu/project/id/858051/de> (Zugriff: 15.10.2020).

Europäische Kommission - CORDIS Forschungsergebnisse der EU (2020): Providing flexibility to the grid by enabling VPPs to offer both fast and slow dynamics control services. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/883710/de> (Zugriff: 15.10.2020).

Fraunhofer IIS (2019): Pressemitteilung - Initiative »5G Bavaria« gestartet. URL: [https://www.iis.fraunhofer.de/de/pr/2019/20190220\\_KS\\_5G.html](https://www.iis.fraunhofer.de/de/pr/2019/20190220_KS_5G.html) (Zugriff: 15.10.2020).

Fraunhofer ITWM (2020): 5Gain – 5G Infrastrukturen für zellulare Energiesysteme mit KI. URL: <https://www.itwm.fraunhofer.de/de/abteilungen/sys/energieerzeugung-und-verteilung/5Gain.html> (Zugriff: 15.10.2020).

Freie und Hansestadt Hamburg, Senatskanzlei – Amt für IT und Digitalisierung (2020): Digitalstrategie für Hamburg. URL: <https://www.hamburg.de/contentblob/13508768/703cff94b7cc86a2a12815e52835accf/data/download-digitalstrategie-2020.pdf> (Zugriff: 15.10.2020).

Freistaat Sachsen (2019): Sachsen Digital, Digitalisierungsstrategie des Freistaates Sachsen. URL: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/33501> (Zugriff: 15.10.2020).

Hessische Landesregierung (2016): Strategie Digitales Hessen. URL: [https://www.digitalstrategie-hessen.de/img/Digitalstrategie\\_Hessen\\_2016\\_ver1.pdf](https://www.digitalstrategie-hessen.de/img/Digitalstrategie_Hessen_2016_ver1.pdf) (Zugriff: 15.10.2020).

Hessische Staatskanzlei - Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung (2019): 1 Jahr Mobilfunkpakt Hessen. Viel erreicht – viel zu tun. URL: [https://digitales.hessen.de/sites/digitales.hessen.de/files/20191022\\_PK\\_Mobilfunk\\_Pressehandout\\_0.pdf](https://digitales.hessen.de/sites/digitales.hessen.de/files/20191022_PK_Mobilfunk_Pressehandout_0.pdf) (Zugriff: 15.10.2020).

Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Lehrstuhl für Informatik III (2020): SMART. URL: <https://www.informatik.uni-wuerzburg.de/comnet/projekte/5smart/> (Zugriff: 15.10.2020).

Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Lehrstuhl für Informatik III (2019): Neues Projekt: Massive Skalierungsmethoden für vollständig virtualisierte 5G-Mobilfunkkernetze im Kontext des Internets der Dinge (5SCALE). URL: <http://www.comnet.informatik.uni-wuerzburg.de/news/single/news/neues-projekt-massive-skalierungsmethoden-fuer-vollstaendig-virtualisierte-5g-mobilfunkkernetze-im-k/> (Zugriff: 15.10.2020).

Landesportal Brandenburg (2020): Mobilfunkausbau Brandenburg. URL: <https://mwae.brandenburg.de/de/mobilfunkausbau-brandenburg/bb1.c.657538.de#accordion-tab-bb1c658542de> (Zugriff: 15.10.2020).

Landesregierung Brandenburg (Hg.) (2019): Zukunftsstrategie - Digitales Brandenburg. URL: <https://digitalesbb.de/wp-content/uploads/2018/12/181211-Strategiepapier.pdf> (Zugriff: 15.10.2020).

Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern (2018): Digitale Agenda für Mecklenburg-Vorpommern. URL: <https://www.digitalesmv.de/media/20/download> (Zugriff: 15.10.2020).

Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Technische Universität München (2020): 5G Testbed Bayern mit Schwerpunktanwendung "eHealth". URL: <https://www.ei.tum.de/lkn/research/5g-testbed-bayern/> (Zugriff: 15.10.2020).

Losse-Müller, Thomas (2017): Schleswig-Holstein. Der echte Norden. – Digitale Agenda. URL: [https://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/LVERMGEOESH/Downloads/GDISH2017/2017\\_gdishTagVortrag01.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/LVERMGEOESH/Downloads/GDISH2017/2017_gdishTagVortrag01.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (Zugriff: 15.10.2020).

Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg (2017): Digitalisierungsstrategie der Landesregierung Baden-Württemberg. URL: <https://www.digital-bw.de/documents/20142/0/DigitalisierungsstrategieBaWue2017.pdf/2ca4e48e-0830-c81c-8dc2-6ebde1a93024> (Zugriff: 15.10.2020).

Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg (2019): 2. Digitalisierungsbericht der Landesregierung Baden-Württemberg. URL: <https://www.digital-bw.de/documents/20142/177511/Zweiter+Digitalisierungsbericht.pdf/430a0d41-9449-c7c6-08a5-4b0052563a5d> (Zugriff: 15.10.2020).

Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (2019): 5G.NRW: 5G-Mobilfunkstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen. URL: [https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/asset/document/5g-strategie\\_nrw-1.pdf](https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/asset/document/5g-strategie_nrw-1.pdf) (Zugriff: 15.10.2020).

Ministerium des Innern und für Sport des Landes Rheinland-Pfalz (2019): Gigabit für Rheinland-Pfalz – Ausbau der Infrastrukturen für die Gigabit-Gesellschaft. URL: <https://gigabit.rlp.de/fileadmin/gigabit/Gigabit-Strategie.pdf> (Zugriff: 15.10.2020).

Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt (2019): Digitale Infrastrukturen der Zukunft – Die integrierte Gigabitstrategie des Landes Sachsen-Anhalt. URL: <https://breitband.sachsen->

[anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik\\_und\\_Verwaltung/StK/Breitband/Ausbau\\_NGA/allg.\\_Dokumente/19-05-14-Gigabitstrategie\\_LSA.pdf](http://anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/StK/Breitband/Ausbau_NGA/allg._Dokumente/19-05-14-Gigabitstrategie_LSA.pdf) (Zugriff: 15.10.2020).

N5Geh (2020): <https://n5geh.de/> (Zugriff: 15.10.2020).

Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung (Hg.) (2018): Die Strategie Niedersachsens zur digitalen Transformation. Masterplan Digitalisierung. URL: [https://www.niedersachsen.de/download/135219/Masterplan\\_Digitalisierung\\_Die\\_Strategie\\_Niedersachsens\\_zur\\_digitalen\\_Transformation.pdf](https://www.niedersachsen.de/download/135219/Masterplan_Digitalisierung_Die_Strategie_Niedersachsens_zur_digitalen_Transformation.pdf) (Zugriff: 15.10.2020).

Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung (2019): Land Niedersachsen, Kommunen, Verbände und Unternehmen schließen „Giga-Pakt für Niedersachsen“. URL: <https://www.mw.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/land-niedersachsen-kommunen-verbaende-und-unternehmen-schlieen-giga-pakt-fuer-niedersachsen-172803.html> (Zugriff: 15.10.2020).

PMSE-xG (2020): Homepage. URL: <http://pmse-xg.research-project.de/index.html> (Zugriff: 15.10.2020).

Staatskanzlei Saarland (2019): Roadmap. URL: [https://www.saarland.de/stk/DE/portale/digitalisierung/digitalisierung-land/roadmap/roadmap\\_node.html](https://www.saarland.de/stk/DE/portale/digitalisierung/digitalisierung-land/roadmap/roadmap_node.html) (Zugriff: 15.10.2020).

Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe (2016): Bericht über Maßnahmen des Landes Berlin und ihre Umsetzung. URL: <https://www.berlin.de/rbmskzl/politik/medien/digitalisierung/> (Zugriff: 15.10.2020).

Senator für Wirtschaft, Arbeit und Häfen (2017): Land Bremen 4.0 - Standort der digitalen Kompetenzen. URL: [https://www.digitalisierung-bremen.de/wp-content/uploads/2017/10/Standort\\_der\\_digitalen\\_Kompetenzen\\_web.pdf](https://www.digitalisierung-bremen.de/wp-content/uploads/2017/10/Standort_der_digitalen_Kompetenzen_web.pdf) (Zugriff: 15.10.2020).

Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe (2019): Deep Dive #9: 5G in Berlin. URL: <https://projektzukunft.berlin.de/news/news-detail/berlin-im-5g-tempo-in-die-zukunft> (Zugriff: 15.10.2020).

Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe (2020): Digitale Agenda. URL: <https://www.berlin.de/sen/wirtschaft/wirtschaft/digitalisierung/> (Zugriff: 15.10.2020).

Virtuwind (2015): Homepage. URL: <http://www.virtuwind.eu/> (Zugriff: 15.10.2020).

Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft (2017): Thüringer Strategie für die Digitale Gesellschaft. URL:

[https://www.thueringen.de/mam/th6/pub/digitalstrategie\\_2017.pdf](https://www.thueringen.de/mam/th6/pub/digitalstrategie_2017.pdf) (Zugriff: 15.10.2020).

Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft (2018):

Glasfaserstrategie für den Freistaat Thüringen. URL: [https://www.digitalagentur-thueringen.de/fileadmin/Redakteure/Glasfaserstrategie/Thueringer\\_Glasfaserstrategie.pdf](https://www.digitalagentur-thueringen.de/fileadmin/Redakteure/Glasfaserstrategie/Thueringer_Glasfaserstrategie.pdf) (Zugriff: 15.10.2020).

Wirtschaftsbeirat Bayern (2017): Positionen Wirtschaftsbeirat Bayern: Digitale Chancen zu den Menschen bringen – Der Masterplan BAYERN DIGITAL II. URL:

[https://www.wbu.de/media/news/positionen/stellungnahmen/2017-07-08\\_MarkusBlume\\_Bayern-Digital.pdf](https://www.wbu.de/media/news/positionen/stellungnahmen/2017-07-08_MarkusBlume_Bayern-Digital.pdf) (Zugriff: 15.10.2020).

Wirtschaftsförderung Sachsen (2019): Sachsen startet Testfeld für 5G in der Landwirtschaft. URL:

<https://standort-sachsen.de/de/investoren/info-center/nachrichten/76246-sachsen-startet-testfeld-fuer-5g-in-der-landwirtschaft> (Zugriff: 15.10.2020).

Zweckverband eGo-Saar, Staatskanzlei des Saarlandes (2017): Projektsteckbrief: NGA-Netzausbau

Saar. Die landesweite Breitband-Ausbaumaßnahme im Überblick. URL: [https://www.breitband-saarland.de/fileadmin/user\\_upload/breitbandsaarland/NGA\\_Netzausbau\\_Saar/Projektsteckbrief.pdf](https://www.breitband-saarland.de/fileadmin/user_upload/breitbandsaarland/NGA_Netzausbau_Saar/Projektsteckbrief.pdf) (Zugriff: 15.10.2020).