



LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Wirtschaft,
Arbeit und Energie



5G-STRATEGIE Brandenburg



Impressum

Herausgeber:

MWAE - Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie des
Landes Brandenburg
Heinrich-Mann-Allee 107
14473 Potsdam

Redaktion:

WIK-Consult GmbH
ifii - Institut für Innovations- und Informationsmanagement GmbH

Datum Veröffentlichung:

Version: 1.3

EXECUTIVE SUMMARY

Die 5. Mobilfunkgeneration (5G) gehört zu den Telekommunikationstechnologien, die angesichts ihrer technischen Potentiale die Digitalisierung in Wirtschaft und Gesellschaft maßgeblich vorantreiben können. 5G ist leistungsstark, im Vergleich zu Vorgängertechnologien energiesparend und kann im betrieblichen Kontext tausende Kabel ersetzen. Mit 5G lässt sich die Produktivität von Unternehmen steigern. Neue, innovative Prozesse in der Wirtschaft, der Forschung und der Verwaltung sind denkbar. 5G bietet dabei höhere Übertragungsgeschwindigkeit, mehr Sicherheit bei der Datenübertragung und eine Stärkung der digitalen Souveränität.

Gerade der gesamtwirtschaftliche Nutzen modernster Telekommunikationstechnologien und -infrastrukturen, zu denen heute flächendeckend verfügbare Glasfasernetze und 5G gehören, verdeutlicht, wieso es neben der Forschungsförderung eine Vielzahl staatlicher Maßnahmen auf unterschiedlichsten Ebenen gibt, die darauf abzielen, den Aus- und Aufbau von Zukunftstechnologien und deren Nutzung voranzutreiben.¹

Die SWOT-Analyse zeigt, dass die Wirtschaftsstruktur in Brandenburg und hier vornehmlich die meist geringe Größe der Unternehmen eine wesentliche Herausforderung bei der Digitalisierung ist. Vor allem kleine Unternehmen zeichnen sich dadurch aus, dass sie in der Regel keine eigenen Forschungs- und Entwicklungs-Kapazitäten und keine explizite IT-Infrastruktur haben, auf die beim Einsatz von 5G bzw. bei der Digitalisierung von Geschäftsprozessen zurückgegriffen werden kann. Wenn 5G als ein Treiber der Digitalisierung gelten soll, müssen die Restriktionen und Bedürfnisse von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) adressiert werden. Zusätzlich müssen den KMU starke Partner aus Wissenschaft und Praxis zur Seite stehen. Zumindest hinsichtlich der Hochschullandschaft verfügt Brandenburg bereits über notwendige Voraussetzung, um den Einsatz neuer Netzwerktechnologien in der Praxis voranzutreiben.

Wissenschaftliche Analysen und die Ergebnisse des Strategieprozesses in Brandenburg zeigen, dass neben einer exzellenten Hochschullandschaft weitere Bedingungen erfüllt sein müssen, damit 5G tatsächlich ein Treiber der digitalen Transformation sein kann und sich die vielfältigen Erwartungen an die modernste Mobilfunktechnologie erfüllen.

¹ Vgl. aus europäischer Perspektive: <https://5gobservatory.eu/> (zuletzt abgerufen am 16.11.2022).

Aus Sicht der Landesstrategie sind besonders die Faktoren von hohem Interesse, die sowohl einen großen Einfluss auf die Nutzung von 5G und jede Weiterentwicklung (6G) haben, als auch durch Maßnahmen und Vorhaben der Landesregierung beeinflusst werden können. Dies sind:

1. Die Entwicklung von vertikalen Märkten und Industrien
2. Forschungs- und Innovationsförderung
3. Politische Unterstützung bei der Errichtung relevanter Infrastrukturen

Umfragen und zahlreiche Gespräche mit Unternehmen im Land Brandenburg bestätigen, dass eine der größten Herausforderungen darin liegt, dass die wirtschaftlichen Vorteile von 5G zum aktuellen Zeitpunkt nicht hinreichend transparent und quantifizierbar sind. Es gibt noch erhebliche Wissenslücken bezüglich der mit 5G möglichen Anwendungen und deren Mehrwerte. Auch gibt es heute kaum Informationen darüber, welche Übertragungstechnologie bezogen auf spezifische Anwendungen Vor- und Nachteile hat, sodass Nutzer von 5G (z.B. Unternehmen) Vergleiche zwischen Übertragungstechnologien herstellen können.

Die Zurückhaltung bei 5G gilt insbesondere für KMU, obwohl deren Digitalisierungsanstrengungen häufig auf Anwendungen aus den Bereichen Internet of Things (IoT), Sensoring, Edge Cloud, Robotik, Augmented Reality oder Virtual Reality hinauslaufen, die sämtlich von 5G in besonderer Weise unterstützt werden.²

Ziele der Strategie

Die besonderen Herausforderungen im Land Brandenburg bei der Nutzung der technischen und wirtschaftlichen Potentiale von 5G und jeder nachfolgenden zellularen Mobilfunktechnologie (z. B. 6G) liegen im vergleichsweise geringen Digitalisierungsgrad der Wirtschaft und in der kleinteiligen Wirtschaftsstruktur. Um den digitalen Reifegrad von Unternehmen in Brandenburg mittelbar zu erhöhen, müssen Barrieren bei der Nutzung von 5G gerade in den KMU abgesenkt werden. Um Barrieren abzubauen und Synergieeffekte bei der Digitalisierung zu erreichen, müssen die Ziele und Maßnahmen der einzelnen Strategien im Land, wie beispielsweise der KI-Strategie, der Mobilitätsstrategie oder Industriestrategie eng miteinander verzahnt werden.

Ein wesentliches Ziel der 5G-Strategie ist es deshalb, Markteintrittsbarrieren auf der Angebots- und Nachfrageseite abzubauen. Unternehmen sollen zielgruppengerechte Informationen über 5G und darauf basierende Anwendungen erhalten, sodass ein einfacherer Zugang zu dieser neuen Technologie entsteht. So erhalten Unternehmen Anreize, sich frühzeitig mit 5G auseinanderzusetzen und nachfolgend neue Anwendungen nachzufragen. Sobald sich abzeichnet, dass die Nachfrage nach 5G kontinuierlich ansteigt, steigen auch die Anreize für regionale oder nationale Unternehmen, entsprechende Hardwarekomponenten, relevante Software oder Integrationsdienstleistungen zu entwickeln und am Markt anzubieten. Wenn es gelingt, dass Unternehmen aus Brandenburg und Deutschland wieder verstärkt in

² Lt. einer Umfrage des DIHK zur Digitalisierung.
<https://www.dihk.de/resource/blob/65850/53d8cb00755f2a2ce14532eb3fc9d45e/digitalisierungsumfrage-2022-data.pdf>, zuletzt abgerufen am 1.12.22.

Netzwerkkomponenten, entsprechender Software und digitalen Anwendungen investieren, können Lücken im Angebot, die sich aus Veränderungen bei sicherheitspolitischen Rahmenbedingungen ergeben, geschlossen werden. Gleichzeitig werden so der Standort Deutschland und die digitale Souveränität gestärkt.

Im Rahmen der Strategie werden daher die nachfolgenden Ziele angesprochen. Diese sind nicht autark voneinander zu betrachten, vielmehr bauen sie aufeinander auf, bzw. sind miteinander verschränkt.

Analysieren und Transparenz über Marktentwicklungen schaffen

Die Digitalisierung von Geschäftsprozessen, die auf 5G für Konnektivität zurückgreift, ist ein kontinuierlicher Prozess, der Unternehmen zu sehr unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst. Sofern Unternehmen, Verwaltung oder sonstige Organisationen 5G nutzen wollen, helfen die Transparenz entsprechender Innovations- und Technologievorhaben ebenso wie Kenntnisse über notwendige Infrastrukturen.

Infrastrukturen auf- und ausbauen

Der weitere Aus- und Aufbau von leistungsfähigen digitalen Infrastrukturen, sowohl in öffentlichen als auch in lokalen Funknetzen, ist zwingend notwendig für eine erfolgreiche Digitalisierung. Hier sollen alle Prozessschritte weiter optimiert werden, damit es bei den Netzinfrastrukturen keine Engpässe mehr gibt.

Informieren und vernetzen

Die Akzeptanz von neuen Technologien steigt dann, wenn das Wissen über die Vorteile der Technologie in die Breite diffundiert. Das Informieren und Vernetzen innerhalb und außerhalb des Bundeslandes über 5G-relevante Themen ist essentiell zur Entwicklung eines 5G-Ökosystems.

Handeln und innovieren

5G kann dann die Digitalisierung in Wirtschaft, öffentlichen Einrichtungen, Wissenschaft und Forschung fördern, wenn der Zugang zu Testumgebungen und Best Practices für Unternehmen und Kommunen erleichtert wird. Digitalisierung muss von kritischer Neubewertung existierender Strukturen begleitet werden, um wirksam zu werden. Disruptive Geschäftsmodelle benötigen Innovationsräume. Die Strategie muss auch dafür Maßnahmen bereitstellen.

Nutzung von Förderinstrumenten

Angesichts der weitreichenden Bedeutung von Konnektivität für neue Geschäftsprozesse und -modelle gibt es bereits eine Reihe unterschiedlicher Förderaufrufe. Damit die Fördermittel für Unternehmen und Kommunen nutzbar sind, bedarf es eines zentralen Monitorings, um schnellstmöglich auf Fördermöglichkeiten reagieren zu können. Eine zentrale Anlaufstelle für Akteure in Brandenburg kann dabei die Transaktionskosten für Unternehmen und Kommunen reduzieren, sofern sie in die sonstigen 5G-Aktivitäten mit eingebunden ist.

Stärkung von Innovationen und Resilienz

Neben der Förderung digitaler Anwendungen soll mit der Strategie auch die vorgelagerte Wertschöpfung insbesondere bei der mittel- bis langfristigen Umsetzung der Strategie unterstützt werden. Heute besteht bei den Netzwerkkomponenten eine hohe Abhängigkeit von

Anbietern, deren Angebote mit den Sicherheitsanforderungen in Deutschland nicht vereinbar scheinen. Um die sich abzeichnende Lücke beim Angebot von Komponenten schnellstmöglich zu schließen, ist es Anliegen der Strategie, mit einer anwendungsorientierten Forschungsförderung nationale Anbieter anzureizen, in den Markt einzutreten und dabei ihr domänenspezifisches Wissen bei der Digitalisierung auszunutzen.

Die Motivation der 5G-Strategie und die vorgeschlagenen Umsetzungsmaßnahmen sind deshalb darauf ausgelegt, die digitale Souveränität zu steigern. Dazu sollen auch mittelfristig Maßnahmen unterstützt werden, die auf der Angebotsseite zu mehr Unabhängigkeit bei der Digitalisierung und zu mehr Innovationen „made in Germany“ führen. Konkret geht es darum, bereits im Land Brandenburg angesiedelte Unternehmen, die Netzwerkkomponenten und/oder Software entwickeln, zu unterstützen, um ein resilientes 5G-Ökosystem entstehen zu lassen.

Inhaltsverzeichnis

1	5G-Strategie als Bestandteil der digitalen Transformation	11
1.1	5G als Baustein der modernen Telekommunikationsinfrastruktur	11
1.2	5G als Basis für innovative Anwendungen	12
1.3	Herausforderungen bei der Umsetzung	13
1.4	Die Notwendigkeit einer landesspezifischen 5G-Strategie	14
1.5	Strategieerstellungsprozess	16
2	Ausgangslage im Land Brandenburg	17
2.1	Regionale Besonderheiten	17
2.2	5G und die Innovationsstrategie des Landes Brandenburg	18
2.3	Entwicklungsachsen in Brandenburg	19
2.4	Zusammenspiel der Strategien	20
2.5	Mobilfunkversorgung in Brandenburg	21
2.6	5G-Ausbaupläne der Mobilfunknetzbetreiber	22
2.7	Relevante Akteure	23
2.8	Trends und 5G-Durchdringung	24
2.9	5G-Netze und -Projekte im Land Brandenburg	26
3	SWOT-Analyse	28
3.1	Stärken	30
3.2	Schwächen	30
3.3	Chancen	31
3.4	Risiken	31
3.5	Zusammenfassung	32
4	Herleitung der Strategie und Ziele	32
5	Handlungsfelder und Maßnahmen	34
5.1	Dynamische Analyse und Fortschreibung der Zielszenarien	35
5.2	Maßnahmen zur Unterstützung des Infrastrukturausbaus	35
5.2.1	Genehmigungspraxis weiter vereinfachen	35
5.2.2	Datenräume bereitstellen	36
5.2.3	Netzhärtung / Resilienz der Netze	36
5.3	Information und Vernetzung	37
5.3.1	Aufbau und Betrieb eines eigenen 5G-Atlas	37

5.3.2	5G-Ökosystem: Vernetzung von Akteuren	38
5.3.3	Verantwortliche Kommunikation beim Betrieb von 5G-Masten	39
5.3.4	Kommunikationsvorlagen und Informationsmaterialien	39
5.4	Von der Idee zu Best Practices hin zum Regelbetrieb	40
5.4.1	Errichtung von Testbeds	40
5.4.2	5G-Korridore: Verknüpfung von Einzelvorhaben und Campusnetzen	41
5.4.3	Unterstützung von 5G-Einzelvorhaben mit hoher Übertragbarkeit	42
5.5	Förderumgebungen	42
5.5.1	Förderbedarfe	43
5.5.2	Landesförderungen	43
5.5.3	Mögliche Bundes- und EU-Fördermittel	44
6	Umsetzung	45
6.1	Kurzfristige Umsetzungsziele	45
6.2	Mittelfristige Umsetzungsziele	47
7	Zusammenfassung	48
8	Literaturverzeichnis	49
Anlage zur 5G-Strategie		50
9	Projektideen	50
9.1	Projektvorhaben: Testbeds für spezifische, sektorale Anwendungen	50
9.1.1	Testbeds für drohnengestützte 5G-Anwendungen an Flugplätzen	51
9.1.2	Testbed für Robotik	52
9.1.3	Testbed smart-Campus	53
9.2	5G-Atlas für 5G-Transparenz	54
9.3	5G-Kompetenzzentrum	55
9.4	5G-Entwicklungskorridore	56
9.5	Unterstützung von 5G-Einzelvorhaben mit hoher Übertragbarkeit	57
9.5.1	AR-gestützte, datenintensive Anwendungen für Tourismus und Naturschutz	58
9.5.2	Mobiles MRT im Gesundheitsbereich	58
9.5.3	Nutzung von gemeinsamen Daten im Gewerbegebiet/ Industriepark	59
9.5.4	Autonomes Fahren	59

Abbildungen

Abbildung 1-1: Digitale Wertschöpfungsebenen	11
Abbildung 1-2: 5G und generische Anwendungen (eigene Darstellung)	12
Abbildung 2-1: Regionalentwicklung, strategischer Gesamtrahmen	19
Abbildung 2-2: Wechselseitige Abhängigkeiten ausgewählter Strategien in Brandenburg	20
Abbildung 2-3: Netzabdeckung entlang der Entwicklungskorridore am Beispiel Berlin-Cottbus	22
Abbildung 2-4: Trends und Einfluss auf 5G	25
Abbildung 2-5: Aktuelle 5G-Forschungsprojekte im Land Brandenburg (Stand 9/22)	28
Abbildung 3-1: SWOT-Analyse zu 5G und Entwicklungschancen in Brandenburg	29
Abbildung 5-1: Ist-Situation und Zielszenario 2025	34
Abbildung 5-2: Zieldimensionen und Handlungsansätze	42
Abbildung 6-1: 5G-Strategieprozess mit Umsetzungsmaßnahmen im Zeitverlauf	46

Tabellen

Tabelle 2-1: Mobilfunkversorgung im Land Brandenburg (Stand April 2022)	21
Tabelle 2-2: Forschungseinrichtungen mit praxisnahen Projekten in Brandenburg	24
Tabelle 9-1: Beurteilung der Testbeds	53
Tabelle 9-2: Beurteilung des 5G-Atlas	55
Tabelle 9-3: Beurteilung Kompetenzzentrum	56

1 5G-Strategie als Bestandteil der digitalen Transformation

1.1 5G als Baustein der modernen Telekommunikationsinfrastruktur

Modernste Telekommunikationsinfrastrukturen sind eine wesentliche Voraussetzung der Digitalisierung in Wirtschaft und Gesellschaft.³ Sie erlauben eine Steigerung der Produktivität, können einen Beitrag zur Verhinderung regionaler Fragmentierung leisten, bieten bei der Übertragung von Daten mehr Sicherheit und sind für die Resilienz von Wertschöpfungsprozessen genauso essentiell wie für mehr (ökologische) Nachhaltigkeit, wozu auch eine Stärkung europäischer und nationaler digitaler Souveränität gehört.⁴

Konnektivität und damit auch die Funktechnologie 5G sind dabei nur ein Baustein in digitalen Wertschöpfungsprozessen, deren Ebenen exemplarisch in Abbildung 1-1 dargestellt sind.

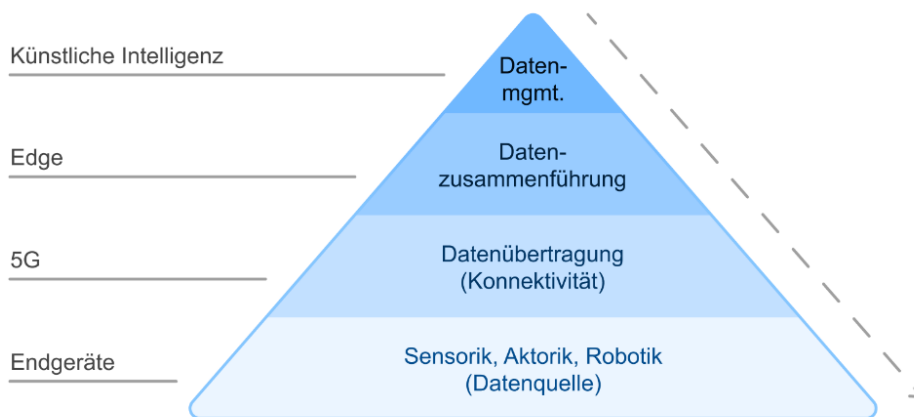


Abbildung 1-1: Digitale Wertschöpfungsebenen⁵

Die Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit von Konnektivität sind aus einer ganzheitlichen Perspektive im Kontext der Verfügbarkeit von Endgeräten und der weiteren Datenverarbeitung sowie den darauf aufsetzenden Anwendungen zu sehen.

³ Vgl. dazu <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/5g-action-plan> (zuletzt abgerufen am 16.11.2022); <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/digitaler-aufbruch/digitalstrategie-2072884> (zuletzt abgerufen am 16.11.2022)

⁴ Zur digitalen Souveränität vgl.

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/651992/EPRS_BRI\(2020\)651992_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/651992/EPRS_BRI(2020)651992_EN.pdf) (zuletzt abgerufen am 16.11.2022); <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/schwerpunktstudie-digitale-souveranitaet.html> (zuletzt abgerufen am 16.11.2022).

⁵ Vgl. Herlitzius et al. (2022); Technology Perspective, in Dörr/Nachtmann (eds.); Handbook Digital Farming, S. 139.

1.2 5G als Basis für innovative Anwendungen

Mit 5G können schnellere Datenverbindungen, sog. verbessertes / optimiertes Breitband **eMBB** (Enhanced Mobile Broadband), erreicht werden. Insofern verspricht der 5G-Standard in diesem Zusammenhang, dass, in Abhängigkeit der Verwendung von (Kapazitäts-) Frequenzen mit entsprechenden Bandbreiten, sehr hohe Datenraten von bis zu 10 Gbit/s möglich sein sollen. Beispielhafte Einsatzszenarien sind Streaming- und AR/VR-Anwendungen.

5G ermöglicht die Kommunikation von zahlreichen Endgeräten in einem großen Bereich, die eher kleine Datenmengen senden, also bspw. von Sensoren und Maschinen in der Produktion oder in der Landwirtschaft, häufig im Zusammenhang mit IoT-Anwendungen (Internet der Dinge). Diese vernetzte Form der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (Massive-Machine-Type-Communication/**mMTC**) geschieht sehr energieeffizient und kann so sehr lange Batterielaufzeiten, z. B. von Endgeräten an unzugänglichen Standorten, abbilden.

Der dritte generische Anwendungsbereich von 5G zielt auf eine verzögerungsfreie Kommunikation (ultra Reliable and Low Latency Communication/**uRLLC**) ab. Bei diesen Anwendungen wird die Laufzeit des übertragenen Signals („Ping-Zeit“ oder Round Trip Time) stark reduziert, sodass (Echtzeit-)kritische Anwendungen, bspw. bei landwirtschaftlichen Anwendungen (Precision Farming), unterstützt werden können. Die Minimierung der Zeitverzögerungen in der Übertragung sorgt für schnellere Reaktionen, höhere Zuverlässigkeit und mehr Sicherheit.

Eine Übersicht der 5G-Merkmale und möglicher Anwendungen findet sich in Abbildung 1-2.

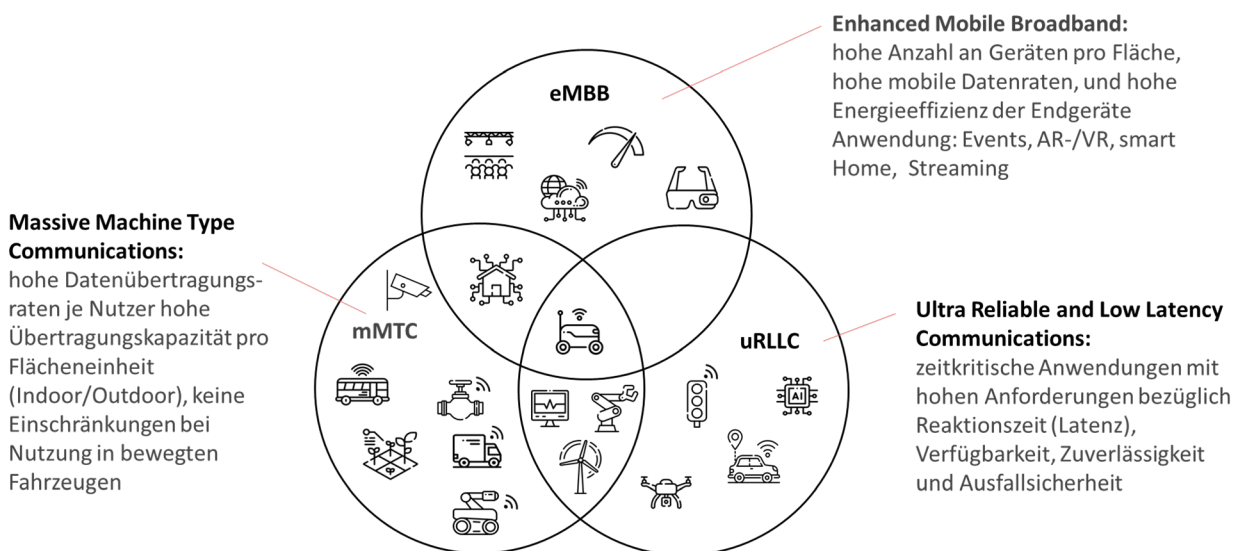


Abbildung 1-2: 5G und generische Anwendungen (eigene Darstellung)

Zukunftsorientierte Technologien und Nutzungsszenarien werden zum einen durch 5G erst möglich, zum anderen werden heutige Anwendungen und Nutzungsszenarien sehr viel nutzerfreundlicher. Insgesamt versprechen sich Netzwerkhersteller und insbesondere gewerbliche Anbieter, die so genannten Verticals, von 5G eine „Enabling-Funktion“, die

deutliche Impulse für die weitere Digitalisierung von Wertschöpfungsprozessen geben kann und wird. Heutige Anwender verkürzen diese Aussage dahingehend, dass der Vorteil von 5G gerade darin liegt, dass mit dieser Funktechnologie passgenau und sicher die nachgefragte Konnektivität gerade bei datenzentrierten Geschäftsmodellen bzw. -prozessen bereitgestellt werden kann.

Die vorliegende 5G-Strategie fokussiert sich deshalb nicht ausschließlich auf die Netzinfrastrukturebene. 5G, wie jede andere Netzwerktechnologie, ist kein Selbstzweck, sondern entfaltet seine technologischen und wirtschaftlichen Potentiale erst im Zusammenspiel mit allen Ebenen digitaler Wertschöpfungsprozesse.

Die unterschiedlichen Ebenen stehen dabei in einem ständigen Austausch- und Rückkopplungsprozess. Während beispielsweise Künstliche Intelligenz (KI) bei 5G noch auf der Ebene der Applikationen (Anwendungen) zum Einsatz kommt, wird die Nachfolgetechnologie 6G „KI-native“ sein, d. h. KI soll ein integraler Bestandteil der neuen Netzwerktechnologie werden.

Strategisch ermöglicht der Ausbau der Kommunikationsinfrastruktur die Nutzung von virtuellen Welten wie bspw. Metaverse auf neue Art und Weise. Technologische Voraussetzungen hierfür sind Konnektivität, Interaktion, Edgecomputing, Künstliche Intelligenz, Robotik und Extended Reality (XR). Der qualitative Unterschied zwischen dem mobilen Internet der heutigen Zeit und den virtuellen Welten der Zukunft besteht vor allem im stärkeren Verschmelzen der digitalen Welt und der physischen Welt.

1.3 Herausforderungen bei der Umsetzung

Zahlreiche größere Unternehmen und Institutionen haben das Potenzial von 5G trotz des noch frühen Lebenszyklus im Hinblick auf Umsetzung neuer Anwendungen oder Geschäftsmodelle erkannt. Unternehmen in Deutschland fürchten jedoch, dass sie nicht in der Lage sind, dieses voll auszuschöpfen, wie aus der aktuellen EY-Studie „Reimagining Industry Futures“ hervorgeht. Die Studie stützt sich dabei auf die Aussagen von 120 Entscheidern aus deutschen Unternehmen, die zu Ansätzen und Strategien im Zusammenhang mit 5G und IoT-basierten Anwendungen befragt wurden.⁶

Neben der Verfügbarkeit von Endgeräten hängt der künftige Erfolg von 5G ganz maßgeblich von der Netzwerkinfrastruktur ab. Die etablierten Mobilfunknetzbetreiber in Deutschland haben bereits den Prozess gestartet, fast alle Mobilfunksendeanlagen mit 5G-Technik auszustatten. 5G soll so für Massenmarktanwendungen neben 4G das Rückgrat der Versorgung werden. Damit insbesondere latenzkritische Anwendungen funktionieren (z. B. im Bereich Mobilität, XR-Anwendungen, Fernwartung oder bei Prozessen, die mit künstlicher Intelligenz arbeiten) und die weiter steigende Nachfrage nach mobilen Datendiensten adressiert werden kann, sollen künftig auch immer mehr Mobilfunksendeanlagen mit Glasfaser an die Kernnetze angebunden werden. Gleiches gilt für den Einsatz moderner Technologie im Zugangsnetz von

⁶ Tom Loozen, 2021 https://www.ey.com/en_gl/tmt/how-5g-providers-can-help-industries-to-flourish (abgerufen am 05.12.2022)

Mobilfunknetzen (z. B. Open RAN, Netzwerkvirtualisierung). Erfolgskritisch für 5G und jede weitere Nachfolgetechnologie ist somit die flächendeckende Verfügbarkeit von Glasfaser. Der Glasfaserausbau ist folglich im Zusammenhang mit der Modernisierung der Mobilfunknetze zu betrachten. Nur Ausbau der Netzwerkinfrastrukturen wird den künftigen Herausforderungen im Bereich der (funkgestützten) Konnektivität gerecht.

Mit der vorliegenden 5G-Strategie werden vornehmlich die Herausforderungen beim Roll-out und der Nutzung von 5G adressiert, die vom Land Brandenburg unmittelbar und direkt beeinflusst werden können. Davon sind beispielsweise Vorgaben über die Auflagen zur Versorgung von Haushalten und Flächen abzugrenzen, wie sie bisher von der Bundesnetzagentur (BNetzA) im Rahmen von Frequenzvergabeverfahren auferlegt wurden. Ebenso sind Herausforderungen, die aus einem Marktversagen bei der Bereitstellung von Konnektivität in der Fläche entstehen könnten, oder die im Bereich der Cybersicherheit vom Bundesamt für die Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) behandelt werden, nicht Gegenstand der 5G-Strategie.

1.4 Die Notwendigkeit einer landesspezifischen 5G-Strategie

Nicht einmal die Verbreitung des Internets geschah so schnell wie die des öffentlichen Mobilfunks.⁷ Kaum eine andere Technologie hat den Wirtschafts- und Lebensalltag so schnell und dauerhaft verändert wie der zellulare Mobilfunk. Dieser Wandel ist dabei stetig. Während in Deutschland noch die flächendeckende Verfügbarkeit von 4G diskutiert wurde, gab es bereits auf europäischer Ebene Aktionspläne für 5G.⁸ Ebenfalls wird heute bereits an der 6. Mobilfunkgeneration (6G) geforscht, ohne dass 5G überhaupt seine technischen und wirtschaftlichen Potentiale in der Praxis entfalten können.

5G wird seit Jahren von europäischen und nationalen Marktteilnehmern, Forschungseinrichtungen und Institutionen häufig als ein „Game Changer“ bei der digitalen Transformation angesehen.⁹ Erstmals ist mit 5G eine zellulare Funktechnologie am Markt vorhanden, bei der eine sichere und gesicherte Qualität der Konnektivität mit geringen Latenzen kombiniert werden kann, wie sie beispielsweise für Anwendungen im Kontext von Industrie 4.0 oder der vernetzten Mobilität essentiell ist (siehe Abbildung 1-2).

Auch wenn die Penetration von 5G erst in einem frühen Stadium ist, weil u. a. die Spezifizierung von neuen Funktionalitäten noch gar nicht abgeschlossen ist oder entsprechende Endgeräte (Maschinen) erst in den nächsten Jahren am Markt verfügbar sein werden, so zeigen die ersten 5G-Netze bereits an, dass der Bandbreitenbedarf und die Anzahl über Funktechnologien angebundener Geräte neue Mobilfunkinfrastrukturen in der Fläche und an lokalen Hotspots erfordern werden. Diese ist besonders für die Landwirtschaft im Land Brandenburg interessant. Sie kann aufgrund der Bewirtschaftung natürlicher, lebender

⁷ Siehe dazu ITU World Telecommunications Dataset.

⁸ Siehe COM (2016) 588 final vom 14.9.2016.

⁹ Vgl. zu den Anwendungsszenarien u. a.: DotEcon/Axon (2018): Study on Implications of 5G Deployment on Future Business Models, Studie für BEREC, BoR (18) 23, Fraunhofer FOKUS (2016): Netzinfrastrukturen für die Gigabitgesellschaft.

Systeme mit ihren beispielgebenden komplexen Vernetzungen abseits öffentlicher Strukturen ein besonderer Treiber für Mobilfunkinfrastrukturen in der Fläche und an lokalen Hotspots von privaten, räumlich eingeschränkten 5G-Campusnetzen sein. Denn der Wirtschaftszweig wird es sich nicht leisten können, wie beim 4G-Ausbau geschehen, auch auf den 5G-Netzausbau der Mobilfunkbetreiber zu warten.

Durch die Bereitstellung von Frequenzen für private Campusnetze, bei der Deutschland weltweit eine führende Rolle einnimmt, verfügen insbesondere gewerbliche Anwender (Verticals) über die Option, unter eigener Kontrolle und unter Berücksichtigung ihrer spezifischen technischen Anforderungen die notwendige Konnektivität für datenbasierte Geschäftsprozesse selbst bereitzustellen. Sie sind insoweit nicht von den Angeboten der öffentlichen Mobilfunknetzbetreiber abhängig. Dennoch wird diese Option in Brandenburg heute wenig genutzt.

Analysen über den digitalen Reifegrad von Unternehmen zeigen, dass gerade KMU bei der Nutzung digitaler Technologie (z. B. Internet der Dinge, Cloud-Dienste, KI) im Vergleich zu größeren Unternehmen noch deutlich zurückliegen.¹⁰ Da gerade diese Unternehmen im Land Brandenburg das Rückgrat der Wirtschaft darstellen¹¹, hängt die erfolgreiche, sichere und nachhaltige digitale Transformation vor allem davon ab, die Markteintrittsbarrieren speziell für diese Nachfrager von 5G-Lösungen zu verringern. Ziel ist es somit, Maßnahmen zu entwickeln, die den Markteintritt als Nachfrager erleichtern und somit einen Beitrag zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen leisten.

Im Übrigen sollte nicht verkannt werden, dass unter den richtigen Rahmenbedingungen die Digitalisierung – und damit auch 5G-Technologien – einen Beitrag für verschiedenste Aspekte von Nachhaltigkeit leisten kann. Studien¹² zeigen beispielsweise, dass mit der Digitalisierung der Ressourcenverbrauch verringert werden kann. Sehr deutlich wird dies beispielsweise in der Landwirtschaft, wo mit Hilfe von 5G-Drohnen Informationen über Pflanzenwachstum, Nährstoff- und Wassergehalt von Boden und Pflanze gesammelt werden können. Auf Basis dieser Daten erhält die Landwirtin oder der Landwirt Vorschläge für eine ideale Düngermischung und effektive Bewässerung der Flächen.

Des Weiteren unterstützt 5G die Automatisierung und Vernetzung, so dass Standardprozesse beispielsweise in der Logistik verstärkt von Maschinen erledigt werden können, womit der Fachkräftemangel adressiert werden könnte.

Sofern modernste Funktechnologien verstärkt in betrieblichen Abläufen zum Einsatz kommen, sind gesundheitliche Aspekte der entsprechenden Funktechnologien zu betrachten. Hier ist

¹⁰ Siehe DESI-Report für Deutschland, S. 5, siehe <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/desi> (zuletzt abgerufen am 16.11.2022).

¹¹ Siehe u.a. https://download.statistik-berlin-brandenburg.de/0228919625623d15/48acd363378c/SB_L04-01-00_2021j01_BB.pdf, S. 38 ff. (zuletzt abgerufen am 24.05.2023).

¹² Siehe dazu <https://www.wik.org/veroeffentlichungen/studien/weitere-seiten/ressourceneffizienz> (zuletzt abgerufen am 16.11.2022)

festzustellen, dass der Aufbau von 5G-Netzen in Deutschland auf Basis des aktuellen regulatorischen und gesetzlichen Rahmens ohne gesundheitliche Risiken erfolgt.¹³

Abschließend ist noch darauf hinzuweisen, dass die zunehmende Digitalisierung mit steigenden Sicherheitsrisiken einhergeht. Diese Risiken und Herausforderungen fallen in Abhängigkeit der jeweiligen 5G-Netzinfrastrukturen sehr unterschiedlich aus. Auch hier gilt es, wie bei gesundheitlichen Aspekten, proaktiv tätig zu werden.

Aufgrund der bereits unabhängig voneinander existierenden Forschungs- und Innovationsvorhaben im Bereich 5G, der wenigen vorhandenen 5G-Campusnetze, der kleinteiligen Wirtschaft und der geringen Vernetzung der Akteure ist es notwendig, eine eigene 5G-Strategie für Brandenburg zu erstellen und umzusetzen.

Aus diesem Grund gilt es, die notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen, vor allem in Bezug auf Netzwerkinfrastrukturen und deren Akzeptanz, sowie innovative und datenbasierte Anwendungen (Datenökonomie) zu fördern und letztendlich die Etablierung eines 5G-Ökosystems im Land Brandenburg voranzutreiben.

1.5 Strategieerstellungsprozess

Die vorliegende Strategie basiert auf einem interaktiven Prozess mit Stakeholdern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung des Landes Brandenburg. In der Analysephase wurden Experteninterviews, Stakeholder-Workshops und Vor-Ort-Begehungen durchgeführt, um die Akteure, die Ausgangslage, die Nutzung und die Bedarfe im 5G-Umfeld zu ermitteln. Ergänzt wurden diese Ergebnisse durch Recherche und Sichtung bereits bestehender Arbeitspapiere und Strategien sowie durch den Austausch mit diversen Arbeitsgruppen auf Bundes- und Landesebene. Die Arbeiten an der Strategie fanden von Juni bis Dezember 2022 statt.

Diese Ergebnisse werden in einer SWOT-Analyse verarbeitet, um Hinweise für Handlungsbedarfe zu erhalten, die u. a. die regionalen Besonderheiten in Brandenburg widerspiegeln.

¹³ Siehe dazu: <https://www.deutschland-spricht-ueber-5g.de/informieren/mobilfunkstrahlung-und-gesundheit/> (zuletzt abgerufen am 16.11.2022).

2 Ausgangslage im Land Brandenburg

2.1 Regionale Besonderheiten

Brandenburg ist ein Flächenland mit einer heterogenen Wirtschaftsstruktur. Regionale Besonderheiten ergeben sich durch die Außengrenze zu Polen mit ihren Verkehrskorridoren, den Strukturwandel in der Lausitz, die Standortentwicklung des Umfeldes des Flughafens Berlin-Brandenburg (BER) und die Neuansiedlungen rund um das TESLA-Areal.

Kommunen in der Lausitz haben sich bereits an Förderaufrufen im Bereich 5G beteiligt (auch bereits im Verbund mit anderen Kommunen in Sachsen). Ebenso bestehen in der Lausitz mit Flugplätzen Infrastrukturen, die für die Entwicklung beispielsweise von drohnengestützten 5G-Anwendungen genutzt werden können.

Im Lausitzer Werkstattprozess (das Instrument zur Qualifizierung von Entwicklungsprojekten im Rahmen des Lausitzer Strukturwandels) wurde ein Projekt zum Testen von unsichtbaren 5G-Netzen in Städten qualifiziert und freigegeben. Hier wird derzeit die Finanzierung geklärt.

Weiterhin wurde eine Machbarkeitsstudie zum „Innovationscluster Digitale Schiene“ erstellt, in der eine Analyse des Digitalisierungsstands des Bahnsektors in den Braunkohlerevieren und eine Bestandsaufnahme und Potenzialanalyse regionaler Innovationssysteme erarbeitet wurden. Die Machbarkeitsstudie ist Voraussetzung zur Erstellung eines Clusterkonzepts für die Digitalisierung des Bahnsektors unter „Berücksichtigung regionenspezifischer Anforderungen und Erwartungen“ und kann Voraussetzungen für mögliche 5G-Anbindung abbilden.

Auch im Umfeld des Flughafens BER werden künftig innovative 5G-Anwendungen sowohl für Fluggäste wie auch für gewerbliche Nutzer (beispielsweise in der Logistik) von Interesse sein.

Hinzu kommt, dass die Länder Berlin und Brandenburg in Kooperation die Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg weiterentwickeln wollen. Hinsichtlich 5G ist hier anzuführen, dass eine gezielte Fortführung entsprechender Kooperationen oder Vernetzungen von Projekten (im Bereich 5G und Industrie 4.0 oder beim vernetzten Fahren) äußerst zweckmäßig sind, da beide Länder von ihren unterschiedlichen Stärken (z. B. bei der Bereitstellung von Testfeldern für innovative Anwendungen und/oder wissenschaftlicher Expertise) profitieren können. So können bei der Erforschung innovativer Anwendungen sowie deren Überführung in den Regelbetrieb und bei Unternehmen Synergien zwischen beiden Ländern gehoben werden.

Eine weitere regionale Besonderheit besteht in der Nähe zu osteuropäischen Staaten. Brandenburg kann sich hier als Drehscheibe in Richtung Osteuropa etablieren. Hinsichtlich der Verfügbarkeit von 5G und darauf basierender Anwendungen ist die Europäische Kommission bestrebt, die Verfügbarkeit von 5G gerade an Verkehrswegen in grenznahen Regionen so zu beeinflussen, dass die notwendige Konnektivität für das vernetzte und automatisierte Fahren vorhanden ist. Solche Anwendungen sind insbesondere für die Logistik

relevant. Bisherige Analysen¹⁴ zeigen, dass es hier Engpässe in der Mobilfunkinfrastruktur geben kann. In Deutschland ist abzuwarten, wie die Versorgungsaufgaben, die die Verkehrswege betreffen, von den etablierten Mobilfunknetzbetreibern bis Ende 2024 umgesetzt werden. Sofern Defizite in grenznahen Regionen bestehen, sind aktuell Fördermittel (CEF 2) verfügbar. Brandenburg bietet sich demzufolge für 5G-Vorhaben und -Anwendungen an, die auf eine grenzüberschreitende Konnektivität angewiesen sind.

Aus Sicht der 5G-Strategie spielen die obigen strukturellen und geographischen Besonderheiten dann eine besondere Rolle, wenn sie mit den in Abbildung 2-4 genannten Trends, die sich (positiv) auf die Nutzung von 5G bei hoher Unsicherheit auswirken, zusammenfallen.

2.2 5G und die Innovationsstrategie des Landes Brandenburg

Um die regionale Wirtschaftsstruktur fokussiert zu adressieren, wurden im Rahmen der Regionalen Innovationsstrategie des Landes Brandenburg für die Region Berlin-Brandenburg fünf länderübergreifende Cluster (innoBB) und weitere vier für das Land Brandenburg (innoBBplus) spezifische Cluster identifiziert:

1. Gesundheitswirtschaft
2. Energietechnik
3. Verkehr, Mobilität, Logistik
4. IKT, Medien und Kreativwirtschaft
5. Optik und Photonik

Brandenburg-spezifisch:

6. Ernährungswirtschaft
7. Kunststoffe und Chemie
8. Metall
9. Tourismus

5G spielt auch im Zuge des Schwerpunktthemas „Digitalisierung“ für alle Cluster der Innovationsstrategie eine zentrale Rolle. Exemplarisch für die Umsetzung des Schwerpunktthemas „Digitalisierung“ können hier die Masterpläne der Cluster IKT, Medien und Kreativwirtschaft und Verkehr, Mobilität und Logistik genannt werden. Im Cluster IKT, Medien und Kreativwirtschaft gehört „Vernetzen“ (5G-Anwendungen, Internet of Things, Blockchain) zu den Innovationsfeldern des Masterplans. Der „Masterplan Optik und Photonik“ benennt als Ziel die Vernetzung optischer Sensoren mit 5G zur Ausbildung intelligenter Sensornetzwerke oder sog. cyberphysischer Systeme, die domänenübergreifend zum Einsatz kommen können.

Im Masterplan des Clusters Verkehr, Mobilität und Logistik wird ausgeführt, dass der Aufbau und die Verfügbarkeit von 5G sowie die flächendeckende Verfügbarkeit von LTE und Wi-Fi-

¹⁴ Vgl. <https://5gcroco.eu/> (zuletzt abgerufen am 16.11.2022).

Netzen in der vorhandenen Verkehrsinfrastruktur und den Verkehrskorridoren (TEN-T) enorme Potenziale für die Optimierung des Personen- und Güterverkehrs bergen.¹⁵

2.3 Entwicklungachsen in Brandenburg

Die Steuerung der Siedlungsentwicklung im Land Brandenburg erfolgt über die Festlegung von raumordnungsrechtlich verbindlichen Siedlungsschwerpunkten durch die Landes- und Regionalplanung. Die Entwicklungachsen im Land Brandenburg bieten einen räumlichen Orientierungsansatz für die bevorzugte Ansiedlung und Entwicklung von Industrie-, Gewerbe-, aber auch Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen. Die Landesregierung beabsichtigt, diese Entwicklungachsen für die Gesamtentwicklung des Landes zu nutzen (Abbildung 2-1). Diese verbinden starke Wissenschafts- und Wirtschaftsorte, schaffen gleichzeitig Impulse für die Räume dazwischen und bilden Synergien zwischen Berlin und Brandenburg.

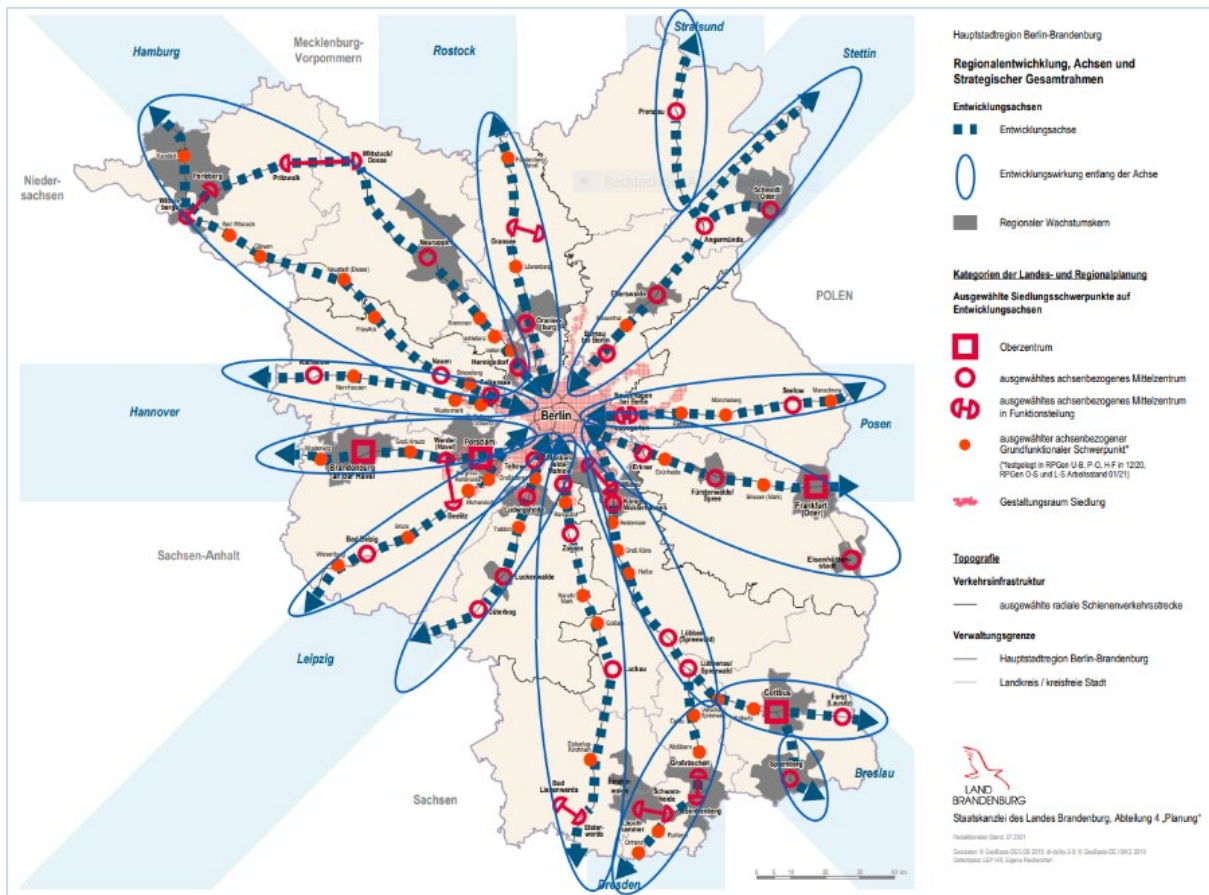


Abbildung 2-1: Regionalentwicklung, strategischer Gesamtrahmen¹⁶

Im Rahmen der gemeinsamen Kabinettsitzung vom 29. März 2022 der Landesregierung Brandenburgs und des Senats von Berlin wurde die Entscheidung bekräftigt, in den Ländern mittels Entwicklungachsen entlang vorhandener, überregionaler Schieneninfrastrukturen

¹⁵ Siehe [masterplan_vml_final.pdf](#), S. 45 (zuletzt abgerufen am 16.11.2022).

¹⁶ Quelle: Staatskanzlei Land Brandenburg

neue länderübergreifende Kooperationen anzustoßen und somit mehr Synergien zwischen dem Flächenland Brandenburg und der Metropole Berlin zu erzeugen.

Als Pilot stand zunächst die Entwicklungsachse entlang der Bahnstrecken von Berlin in die Lausitz im Fokus. Auf einer weiteren gemeinsamen Kabinettsitzung am 11. Oktober 2022 wurde mit den Achsen Berlin – Prignitz – Hamburg, Berlin – Uckermark – Stettin und Berlin – Küstrin entlang der Ostbahn beschlossen, zusammen mit den regionalen Akteuren weitere Achsen entwickeln zu wollen.

Vor diesem Hintergrund sind auch die Netzabdeckungen entlang dieser Entwicklungsachsen ein Aspekt, der bei Investitionsentscheidungen Berücksichtigung finden muss. Da sich die Mehrzahl der Entwicklungsachsen entlang von Bahnstrecken ausrichtet, ist eine hinreichend leistungsfähige 5G-Versorgung notwendig.

Der Fokus auf Entwicklungsachsen soll aber nicht zu Lasten anderer gewerblich genutzter Flächen gehen. Wie bereits oben ausgeführt, kann insbesondere die Landwirtschaft von einer bedarfsgerechten 5G-Versorgung profitieren.

2.4 Zusammenspiel der Strategien

Die Entstehung der 5G-Strategie und deren Ergebnisse sind eng gekoppelt an Maßnahmen weiterer Strategien des Landes Brandenburg (Abbildung 2-2). Insbesondere die KI-Strategie, die Industriestrategie, das Digitalprogramm 2025 und die Innovationsstrategien „InnoBB2025“ und „InnoBB2025plus“ sind eng mit den Handlungsfeldern der 5G-Strategie verwoben. Aus diesem Grund ist eine aktive Vernetzung der politischen Akteure (interministerielle Arbeitsgruppen), der Forschungseinrichtungen und der Unternehmen auch über den Zeitraum der Strategieschreibung hinaus essenziell. Zum einen, um potenzielle Synergieeffekte frühzeitig zu erkennen, zum anderen aber auch um Doppelaufwände zu vermeiden.

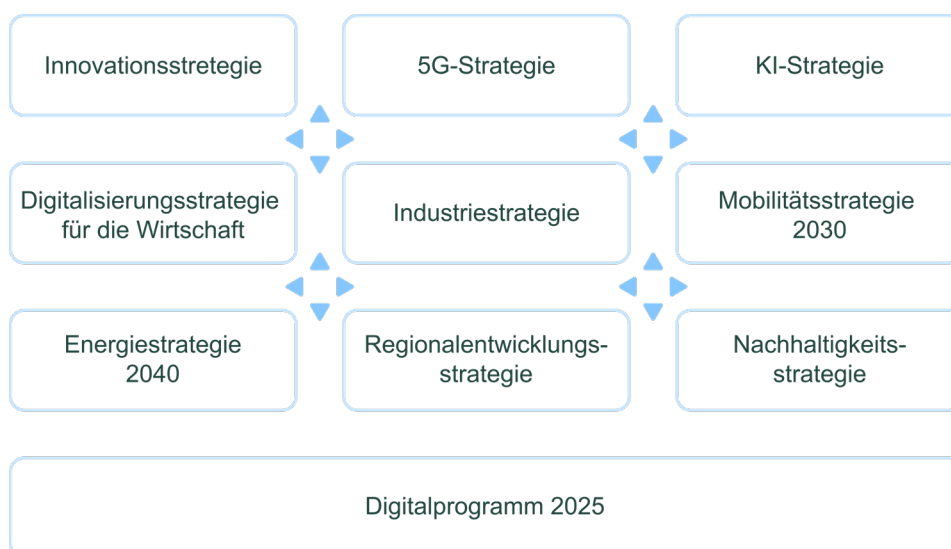


Abbildung 2-2: Wechselseitige Abhängigkeiten ausgewählter Strategien in Brandenburg

5G als Technologie und die darauf basierenden öffentlichen und privaten 5G-Netze stellen die für die digitale Transformation notwendige Konnektivität (z.B. für das Internet der Dinge) bereit. Insoweit ist 5G (oder allgemein Konnektivität) ein Querschnittsthema, das die oben genannten Strategien insoweit mitbeeinflusst, als dass diese Strategien konkrete Anwendungen (z.B. im Kontext von Industrie 4.0, im Kontext von Anwendungen, die den CO₂-Fußabdruck verringern, etc.) in den Blick nehmen. Die bereits während der Erstellung der 5G-Strategie entwickelten Projektideen und -vorhaben, die in der Anlage zu dieser Strategie erläutert werden, greifen einzelne Aspekte anderer Strategien auf.

2.5 Mobilfunkversorgung in Brandenburg

Die digitale Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft benötigt in Abhängigkeit der jeweiligen Anwendungen leistungsfähige Telekommunikationsinfrastrukturen. Flächendeckend verfügbare Glasfasernetze sind dabei für leistungsfähige Mobilfunknetze zwingend erforderlich. Nur so können künftig insbesondere neue Netzwerkarchitekturen (z. B. Open RAN) implementiert als auch niedrige Latenzen für Anwendungen realisiert werden.

Das Land Brandenburg strebt die flächendeckende Einführung von 5G an. Wesentlich dafür sind die von der BNetzA auferlegten Versorgungsaufgaben. Um die Versorgungsaufgaben zu erfüllen, werden die Mobilfunknetzbetreiber ihre Netze in Brandenburg insbesondere entlang von Verkehrswegen weiter verdichten.

Die Tabelle 2-1 zeigt, dass die 5G-Versorgung in der Fläche über eine Technologie realisiert wird, bei der Mobilfunkfrequenzen in Abhängigkeit der Nachfrage sowohl für LTE als auch für 5G genutzt werden („dynamic spectrum sharing“, DSS). Die Qualität der Mobilfunkdienste entspricht hierbei im Wesentlichen der Qualität der 4. Mobilfunkgeneration (4G). Bei ca. 30 Prozent der Gitterzellen, die 1 ha Fläche entsprechen, kommen 3,6-GHz-Frequenzen zum Einsatz, mit denen im Vergleich zu 4G deutlich höhere Übertragungsgeschwindigkeiten angeboten werden können. Zu erwarten ist, dass die Mobilfunknetzbetreiber 3,6-GHz-Frequenzen dann zum Einsatz bringen, wenn entsprechende Kapazitätsanforderungen bestehen. Ein flächendeckender Einsatz von 3,6-GHz-Frequenzen ist heute betriebswirtschaftlich nicht darstellbar. Ebenso wäre fraglich, ob eine solche Verdichtung nachhaltig im Sinne des Klimaschutzes wäre.

Bezugsraum	Gitterzellen insgesamt	Anteil versorgte Fläche				Funkloch	Graue Flecken	Weiße Flecken
		2G	4G	5G DSS	5G			
Bund	35.759.490	99,64%	96,23%	60,34%	29,98%	0,36%	20,44%	3,73%
Brandenburg	2.971.373	99,99%	96,34%	54,37%	30,25%	0,01%	22,12%	3,54%

Tabelle 2-1: Mobilfunkversorgung im Land Brandenburg (Stand April 2022)¹⁷

¹⁷ Daten der BNetzA, abrufbar unter: https://download.breitband-monitor.de/202204_Auswertung_Bund_Zusammenfassung.pdf, zuletzt abgerufen am 31.05.2023.

Die BNetzA veröffentlicht in regelmäßigen Abständen Informationen über die aktuelle Versorgung. Betrachtet man die Versorgung entlang der Verkehrswege je Anbieter, ergibt sich ein differenzierteres Bild bezüglich der Netzabdeckung mit den unterschiedlichen Technologien (Abbildung 2-3).

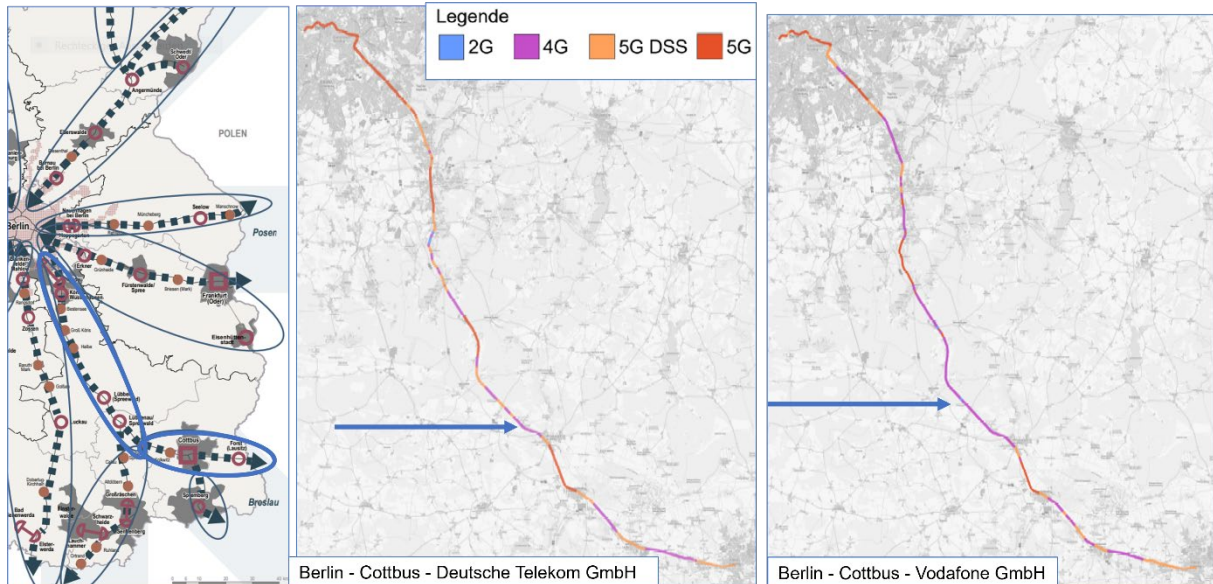


Abbildung 2-3: Netzabdeckung entlang der Entwicklungskorridore am Beispiel Berlin-Cottbus

Die obige Abbildung zeigt noch Lücken in der Versorgung. In der Praxis zeigt sich unabhängig von der obigen Darstellung, dass eine durchgehende Konnektivität aus Sicht der Endkunden häufig noch nicht besteht.

Aus Sicht der 5G-Strategie ist hierbei relevant, dass die Datenhaltung und Datenbearbeitung zur Analyse der Mobilfunkversorgung fragmentiert ist. So können zwar einzelne Daten von der BNetzA angefragt und anschließend manuell abgeglichen werden. Eine Datenverarbeitung „auf Knopfdruck“ unter Einschluss möglicher Anwendungen, die von der Infrastruktur unterstützt werden, besteht aber nicht.

2.6 5G-Ausbaupläne der Mobilfunknetzbetreiber

Die etablierten Mobilfunknetzbetreiber Telekom Deutschland, Vodafone und Telefónica werden bis Ende 2024 ihre jeweiligen Mobilfunknetze in Brandenburg weiter ausbauen, um einerseits die im Zuge der Frequenzversteigerung aus dem Jahr 2019 auferlegten Versorgungsverpflichtungen umzusetzen, als auch andererseits sich im Wettbewerb zu differenzieren. Zusätzlich wird 1&1 als vierter Mobilfunknetzbetreiber zunächst in den Ballungsgebieten eine weitere Mobilfunkinfrastruktur aufbauen. Diese neue Mobilfunkinfrastruktur soll sich dabei durch eine neue Netzwerkarchitektur auszeichnen. So plant 1&1, Open-RAN-Technologie, wie sie der Mobilfunknetzbetreiber Rakuten erstmals in Japan implementiert hat, für sein Mobilfunknetz zu nutzen.

Daneben gibt es ein Förderprogramm des Bundes zur Versorgung von „weißen Flecken“ im Mobilfunk.

Um die Versorgung der Bürger mit Breitband zu verbessern, gibt es abseits des eigenwirtschaftlichen Ausbaus von Festnetz- und HFC-Anbietern und der Förderung von FTTB/H vereinzelt weitere Aktivitäten im Bereich von Breitbandinfrastrukturen. In Luckau gibt es das Projekt „Unsichtbares 5G“, in dem mittels modernster Netzwerktechnologie über 5G das Angebot von Internetzugängen für Bürger verbessert werden soll. Es zielt darauf ab, eine Alternative für leitungsgebundene Breitbandanschlüsse bereitzustellen.

Insgesamt wird in den nächsten Jahren eine mittlere dreistellige Anzahl von neuen Mobilfunkstandorten in Brandenburg neu errichtet werden. Die etablierten Mobilfunknetzbetreiber gehen davon aus, dass damit eine nachfragegerechte Versorgung entsteht, die auch geeignet ist, gewerbliche Anwendungen beispielsweise in der Landwirtschaft oder beim vernetzten Fahren zu unterstützen.

Neben der Versorgung der Fläche mit 5G, die im Wesentlichen über Frequenzen unterhalb von 1 GHz realisiert werden wird, werden die etablierten Mobilfunknetzbetreiber voraussichtlich an Orten mit einem hohen Verkehrsaufkommen Frequenzen im 3,6-GHz-Band einsetzen, die im Vergleich zu Frequenzen unterhalb von 1 GHz deutlich höhere Übertragungskapazitäten sowohl im Downlink als auch im Uplink erlauben. Solche Frequenzen werden die etablierten Mobilfunknetzbetreiber ebenfalls in lokalen Campusnetzen einsetzen.

Die Erfüllung der Ausbaupläne sowie eine darüberhinausgehende Verdichtung von Sendeanlagen hängt maßgeblich von Genehmigungsverfahren und der Akzeptanz von neuen Sendeanlagen in der Bevölkerung ab.

2.7 Relevante Akteure

5G-Netzinfrastrukturen werden im Wesentlichen durch die etablierten Mobilfunknetzbetreiber errichtet und betrieben. Neben den öffentlichen Mobilfunknetzen gibt es bereits eine Reihe von privaten 5G-Campusnetzen. Wenn auch die Mehrzahl dieser Campusnetze noch im Kontext von Forschung & Entwicklung zu sehen sind, so gibt es bereits erste Campusnetze im Regelbetrieb (Kapitel 2.9).

Zur Vernetzung von Unternehmen und Verwaltungen und zur Wissensvermittlung tragen heute im Land Brandenburg u. a. die WFBB und die DigitalAgentur bei. Über das Clustermanagement der WFBB werden insbesondere das Wissen um die Vorteile neuer Technologien (5G, KI, etc.) verbreitet. Weitere Multiplikatoren sind die Industrie- und Handelskammern in Brandenburg.

Daneben gibt es eine Reihe von Forschungseinrichtungen (siehe Tabelle 2-2) an verschiedenen Standorten in Brandenburg, die praxisnahe Projekte durchführen, von denen Spill-over-Effekte auch für die Nutzung von 5G ausgehen können.

Forschungseinrichtungen		
Name	PLZ	Ort
BTU Cottbus-Senftenberg	03046	Cottbus
Europa-Universität Viadrina Frankfurt (Oder)	15230	Frankfurt (Oder)
Hasso-Plattner-Institut	14482	Potsdam
IHP GmbH – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik	15236	Frankfurt
Institut für Innovations- und Informationsmanagement	14770	Brandenburg
Technische Hochschule Brandenburg	14770	Brandenburg
Technische Hochschule Wildau	15745	Wildau
Thiem-Research GmbH	03048	Cottbus
TITUS Research	15745	Wildau
Universität Potsdam	14469	Potsdam

Tabelle 2-2: Forschungseinrichtungen mit praxisnahen Projekten in Brandenburg

2.8 Trends und 5G-Durchdringung

Wissenschaftliche Analysen und die Ergebnisse des Strategieprozesses in Brandenburg zeigen, dass eine Vielzahl von Voraussetzungen erfüllt werden müssen, damit 5G tatsächlich ein Treiber der digitalen Transformation sein kann, und sich die Erwartungen an die modernste Mobilfunktechnologie erfüllen. Anders ausgedrückt: Damit ein regionales 5G-Ökosystem entstehen kann, das Nachfrage und Angebot umfasst, sind vor allem relevante Trends, die sowohl Treiber als auch Hemmnisse für 5G darstellen, zu betrachten.

Aus Sicht einer Landesstrategie sind die Trends in der Abbildung 2-4 von hohem Interesse, die einen großen Einfluss auf die 5G-Durchdringung haben, während das Eintreten der Trends jedoch mit einer hohen Unsicherheit verbunden ist. Durch gezielte Maßnahmen im Land Brandenburg können diese Trends adressiert werden. Damit sind vor allem die im oberen rechten Quadranten befindlichen Trends gemeint:

1. Die Entwicklung von vertikalen Märkten und Industrien
2. Forschungs- und Innovationsförderung
3. Politische Unterstützung bei der Errichtung relevanter Infrastrukturen

Umfragen und insbesondere Gespräche mit Unternehmen im Land Brandenburg bestätigen, dass eine der größten Herausforderungen darin liegt, dass die wirtschaftlichen Vorteile von 5G nicht hinreichend transparent und quantifizierbar sind. Aktuell gibt noch zu wenige Informationen über die mit 5G möglichen Geschäftsmodelle, Anwendungen und deren Mehrwerte. Auch findet heute noch ein direkter Vergleich beispielsweise mit WiFi oder LoRaWAN statt, obwohl beide Technologien aufgrund der genutzten Frequenzen nicht in der Lage sind, kritische oder datensensitive Anwendungen zu unterstützen. Die Zurückhaltung bei 5G gilt insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU), obwohl deren Digitalisierungsanstrengungen häufig auf Anwendungen aus den Bereichen Internet of Things (IoT), Sensoring, Edge Cloud, Robotik, Augmented Reality oder Virtual Reality hinauslaufen, die sämtlich von 5G in besonderer Weise unterstützt werden.

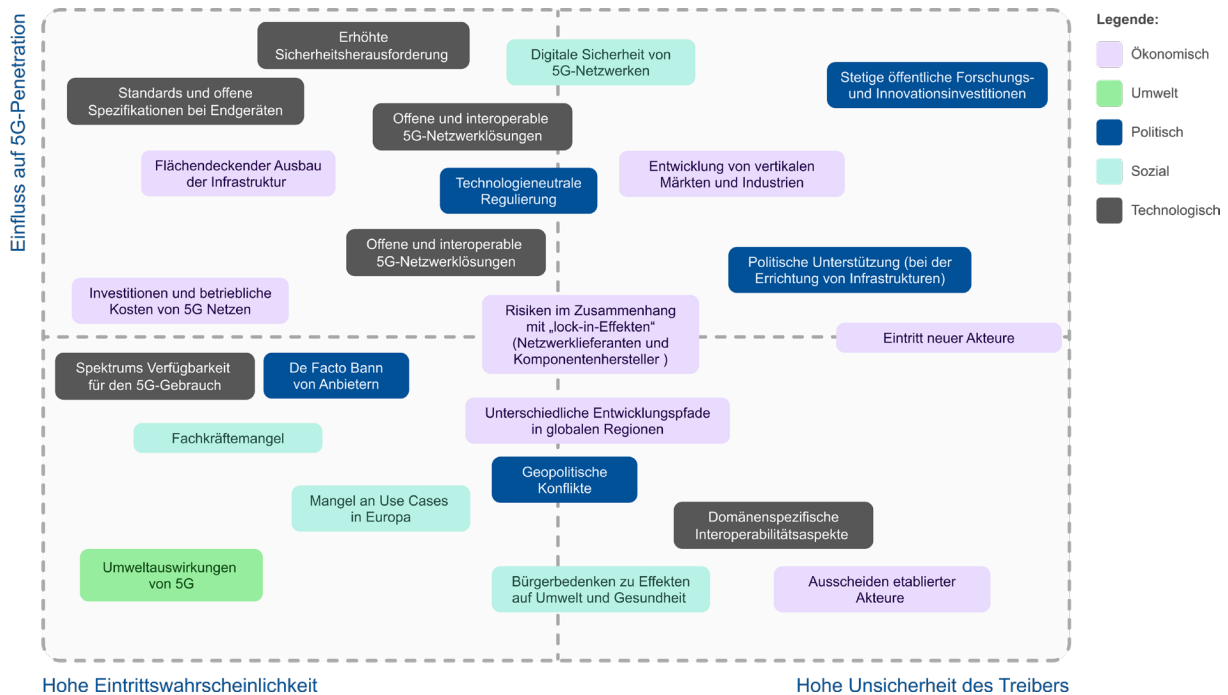


Abbildung 2-4: Trends und Einfluss auf 5G¹⁸

Ebenso gibt es im Markt wenig Transparenz zu Vor- und Nachteilen neuerer Netzwerktechnologien, wie die Virtualisierung von Funkzugangsnetzen oder Open RAN. Gerade letztere Technologie hat das Potenzial, die Vorteile von 5G im betrieblichen Umfeld noch deutlicher zum Vorschein zu bringen und einen Beitrag zur digitalen Souveränität zu leisten, sofern die entsprechenden Hardware- und Software-Komponenten von deutschen bzw. europäischen Anbietern entwickelt und am Markt angeboten werden.

Aktuell gibt es sowohl innerhalb der Branchen als auch bei horizontalen Wertschöpfungsprozessen eine sehr fragmentierte Marktentwicklung, die einer Skalierbarkeit sowohl von innovativen Netztechnologien als auch darauf basierenden Anwendungen im Wege steht. So wissen Anbieter innovativer Technologien häufig nicht, welche regionalen oder landesweiten Marktpotenziale bestehen. Die Transaktionskosten für den Einsatz innovativer Technologien und für die davon ermöglichten Anwendungen sind vergleichsweise hoch, sodass insbesondere KMU, die das Wirtschaftsbild in Brandenburg prägen, beim 5G-Einsatz noch sehr zurückhaltend sind.

Bei geförderten Pilotvorhaben ist der letztlich für den Anwender zentrale Schritt heute zumeist noch offen: von der Anwendung (Use Case) zum tragfähigen wirtschaftlichen Einsatz (Business Case).¹⁹ Pilotvorhaben zeichnen sich aktuell häufig dadurch aus, dass nur ein Anwendungsfall betrachtet wird. Der Aufbau und Betrieb von privaten, lokalen 5G-Netzen ist jedoch in der Regel wirtschaftlich nur darstellbar, wenn eine Reihe von Anwendungen (Multi Use Cases) mit dem 5G-Netz realisiert werden. Erst wenn die betrieblich messbaren

¹⁸ In Anlehnung und Ergänzung an AIT Austrian Institute of Technology et al.: 5G Supply Market Trends, SMART 2019/0024 LOT 2, 2021, S. 22.

¹⁹ Wenn beispielsweise in einem Unternehmen nur Anwendungen im Bereich der Intralogistik erprobt werden, ist offen, ob die damit zu erzielenden (finanziellen) Vorteile den Aufbau und Betrieb eines Campusnetzes dauerhaft finanzieren können.

Mehrwerte von 5G-Anwendungen, die mit der Realisierung und Nutzung von 5G verbundenen Kosten übersteigen, wird die modernste Funktechnologie Einzug in den Alltag von Unternehmen in verschiedenen Domänen haben.

Die Maßnahmen der 5G-Strategie sollen aus Sicht der Anwender insoweit auf folgende Bereiche einzahlen:

- Förderung von digitalen, innovativen Anwendungen bzw. Unterstützung bei der Verbreitung von Innovationen auf eine Vielzahl von Unternehmen
- Wissenstransfer (z.B. über Best Practice Anwendungen)
- Reduzierung der Markteintrittskosten für Verticals als Nachfrager von 5G-Anwendungen
- Unterstützung im Bereich Interoperabilität und Modularität
- Wissenstransfer im Bereich Cybersecurity
- Unterstützung im Bereich der Energieeffizienz

2.9 5G-Netze und -Projekte im Land Brandenburg

In der Lausitz gibt es bereits Pilotvorhaben bzw. 5G-Netze, die auf den Regelbetrieb ausgelegt sind. Bei BASF in Schwarzheide wird aktuell eines der modernsten Campusnetze Europas betrieben. In unmittelbarer Nähe baut die DEKRA auf dem Lausitzring ebenfalls ein 5G-Netz auf, um das vernetzt-automatisierte Fahren weiter voranzutreiben.

An der BTU Cottbus, in Kooperation mit dem IMI, wird im Rahmen des iCampus ein 5G-Campusnetz aufgebaut. Am IHP – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik wird ebenfalls ein eignes 5G-Campusnetz zu Forschungszwecken betrieben.

Im Rahmen von "THIEM5G" soll auch am Carl-Thiem-Klinikum Cottbus ein 5G-Campusnetz entstehen, um Anwendungen im Health-Bereich zu erforschen und erproben.

Die zahlreichen Flugplätze in Brandenburg bieten gute Voraussetzungen, um 5G-Anwendungen beispielsweise im Kontext von Drohnen zu erproben. Ein erstes Beispiel hierfür ist der Flugplatz Cottbus Neuhausen (Spree-Neiße), der mit rund 9,6 Millionen ausgebaut werden soll. Hier sollen künftig Kooperationspartner wie bspw. das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), die BTU, Aeroheli International, Via Drones und Wave Line Technologies in einem Mobility Campus kooperieren und Anwendungen im Bereich der unbemannten Luftfahrt technologisch getestet, erforscht und verbessert werden. Der Verkehrslandeplatz wird mit einem 5G-Campusnetz ausgestattet, um eine zuverlässige Kommunikation in den Bereichen Boden-Boden, Luft-Boden und Luft-Luft zu gewährleisten. Für den Einsatz unbemannter Flugsysteme wird eine sichere technische Infrastruktur geschaffen.²⁰

²⁰ Siehe <https://www.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.743679.de>, zuletzt abgerufen am 2.12.22

In vorangegangenen Projekten wie bspw. ALADIN (Advanced Low Altitude Data Information System), gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), konnten in Brandenburg bereits Erfahrungen mit nomadischen 5G-Netzen gesammelt werden.

Das ab 2027 geplante Innovations- und Bildungszentrum Luftfahrt am Flugplatz Strausberg (Teilprojekt im Rahmen der "Regionale") mit Ausbildungsangeboten und Start-ups beabsichtigt Konnektivität auf Basis von 5G zu nutzen.

Der Einsatz von 5G-Open-RAN-Kleinzellennetzen (Smart Cells) für öffentliche und private Nutzung, eingebaut in Stadtmöbeln oder Straßenlaternen, wird aktuell im Rahmen des Vorhabens „Unsichtbares 5G“ in Luckau getestet.

In der Metropolregion Ost (Marzahn-Hellersdorf / Landkreis Märkisch-Oderland) hat sich ein Netzwerk von Gesundheitsdienstleistern gebildet, die gemeinsam Projekte zu besserer medizinischer Versorgung von Notfallpatienten entwickeln. Hierbei soll der Datenaustausch mittels 5G im Projekt „Netzwerk Telemedizin“ eine zentrale Rolle übernehmen.

Eine regionale Besonderheit in Brandenburg, die bei der Entwicklung von vertikalen 5G-Märkten unterstützen kann, sind die Erfahrungen mit Konversionsflächen. 5G kann hier beispielsweise in nomadischen und/oder Ad-hoc-Netzen die notwendige, latenzkritische Konnektivität für Roboter bereitstellen, die in Lagen zum Einsatz kommen können, wo erhebliche Risiken für Menschen bestehen.

So gibt es in Berlin eine Reihe von 5G-Anwendungen, die für Akteure in Brandenburg beispielsweise beim autonomen/vernetzten Fahren oder im Bereich Industrie 4.0 relevant sind. Gleiches gilt für Forschungseinrichtungen, die von einer intelligenten Vernetzung profitieren können.

Das Projekts myLOG MOL²¹ beabsichtigt, die Wettbewerbsfähigkeit des Einzelhandels gegenüber dem onlinebasierten Handel durch den Einsatz autonomer Transport-Rover zu stärken. Der Praxis-Einsatz des autonomen Lieferroboters unter realen Bedingungen in der Innenstadt von Strausberg ist für das Jahr 2024 geplant. Das Gelände des STIC in Strausberg bietet sich als Testbed auch für weitere autonome Systeme an.

Die nachfolgende Abbildung 2-5 gibt einen Überblick über die zum Zeitpunkt (9/22) im Land Brandenburg bekannten 5G-Forschungsprojekte. Mit Ausnahme des BASF-Campus, sind keine 5G-Vorhaben enthalten, die sich ausschließlich im privatwirtschaftlichen Bereich in der Erprobung befinden.

²¹ Siehe mylog-mol.de, zuletzt abgerufen am 2.12.22.













Sektoren/ 5G-Projekte	ALADIN, WIR!	THIEM 5G	myLOG MOL	Food-Chain	Luckau. digital	iCampus	Lausitz-ring 5G	5G Campus BASF	5G-Waldwächter
Produktion 						x		x	
Gesundheit 		x							
Landwirtschaft 			x	x					
Sicherheit 	x						x	x	x
Handel 				x					
Brand- & Katastrophenschutz 	x							x	x
IK/TK & 5G – Infrastruktur 	x				x	x			
Transport & Verkehr 	x			x			x		
Wasserwirtschaft 									
Energie 									
Staat & Verwaltung 									
Medien & Kreativwirtschaft 									

Abbildung 2-5: Aktuelle 5G-Forschungsprojekte im Land Brandenburg (Stand 9/22)

Die bisherige 5G-Landschaft zeigt, dass es bereits zahlreiche 5G-nahe Forschungsprojekte im Land Brandenburg gibt. Diese sind eng gekoppelt mit den Clustern Gesundheitswirtschaft, Ernährungswirtschaft, Verkehr, Mobilität, Logistik. Eine starke Konzentration ist hierbei rund um die BTU Cottbus-Senftenberg mit dem IMI und dem Carl-Thiem Klinikum, aber auch im Zusammenspiel mit dem Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP) zu beobachten. Im Bereich der Privatwirtschaft verfügen BASF in Schwarzheide und DEKRA am Lausitzring ebenfalls über eigene 5G-Campusnetze, an denen intensiv geforscht wird.

Bis dato sind erst wenige oder gar keine 5G-Forschungsvorhaben in den potenziellen Anwendungsbereichen Gesundheit, Naturschutz, Wasserwirtschaft, Verkehrsüberwachung- und -steuerung, Staat und Verwaltung oder Medien und Kreativwirtschaft angesiedelt.

3 SWOT-Analyse

Die Ausführungen zur Ausgangslage in Brandenburg zeigen, dass 5G vor allem in Forschung & Entwicklungsprojekten im Land Brandenburg präsent ist. Brandenburg unterscheidet sich damit nicht wesentlich von anderen Bundesländern. Eine Umfrage unter Frequenzteilnehmern für lokale Campusnetze im Bereich 3,7 GHz zeigt jedoch, dass es eine Häufung von Campusnetzen in Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Bayern gibt. Der Grund für diese lokalen Schwerpunkte von Campusnetzen liegt in der Vorreiterrolle von größeren Unternehmen, die entsprechende Pilotnetze sehr häufig am Stammsitz des Unternehmens errichten. Eine Ausnahme davon ist BASF in Schwarzheide. Dort wird eines der modernsten Campusnetze in Europa betrieben.

Bei der nachfolgenden SWOT-Analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) handelt es sich um eine Positionierungsanalyse gegenüber anderen Regionen (Wettbewerb),

deren Ergebnisse typischerweise in einer 4-Felder-Matrix visualisiert werden (Abbildung 3-1). Der Input für die SWOT-Analysen stammt dabei aus Desk Research und den Ergebnissen der Expertengespräche im Rahmen des Prozesses zur Erarbeitung der Strategie.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Starker politischer Rückhalt für Digitalisierung (u. a. mit verschiedenen Strategien, u. a. KI-Strategie) • Günstige Topographie für den Ausbau von Mobilfunk • Infrastruktur und Verwaltung zunehmend digitaler • Enge Anbindung an Berlin mit dort vorhandener Start-up-Landschaft; ebenso regionale Anbindung an relevantes digitales Experimentierfeld in Sachsen (für landwirtschaftliche Anwendungen) • Ausgeprägte, anwendungsorientierte Forschungslandschaft, die sich mit Konnektivität und Sensorik sowie weiteren digitalen Anwendungen befasst • Mit Infrastrukturen wie Flugplätzen oder Gewerbegebieten gute Voraussetzungen für Pilotanwendungen • Spezifisches Wissen im Bereich Konversionsflächen, die für 5G-Anwendungen zentral sind • Differenzierte Förderstrukturen und -instrumente 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftsstruktur durch KMU geprägt, die in der Regel keine eigene IT-Infrastruktur bzw. -Kompetenz haben • Fachkräftemangel u. a. durch demografischen Wandel, Lohnniveau, Abwanderung nach Berlin • Unsicherheit in Wirtschaft und Gesellschaft durch den angestoßenen Strukturwandel • Keine Transparenz über für KMU relevante 5G-Anwendungen • Hemmnisse der KMU beim Zugang zu Wissenschaftseinrichtungen im Innovationsbereich • Digitalisierung bei Wirtschaft und Forschung eher rückläufig • Nur wenige Großunternehmen in Brandenburg, die dabei in ihren Konzernen in der Regel nicht die Innovationsführer sind, sondern eher „smart follower“ • 5G-Projekte kaum skalierbar und nicht in allen Clustern der InnoBB vertreten • Flächenland mit geringer Bevölkerungsdichte
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Ausbau der Forschungskapazitäten auf bestehender Basis • Verbesserte Wahrnehmung als Innovations- und Investitionsstandort mit Tesla als Vorbild für Attraktivität • Mit 4,3 Informatik-Studienanfänger:innen pro 100 Beschäftigte in IT-Berufen die zweithöchste Quote (nach Saarland: 4,5) • Finanzielle Mittel für die Entwicklung der Lausitz, die für die digitale Transformation genutzt werden können • Internationaler Flughafen und Hochschulen als Nukleus von digitalen Anwendungen • Finanzielle Mittel für digitale Infrastrukturen auf EU-Ebene (CEF 2) • Kooperation mit angrenzenden 5G-Innovationsräumen (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Breslau) • Fördermittel für innovative Netztechnologien des Bundes für 5G-Projekte • Zusammenarbeit mit den TKU 	<ul style="list-style-type: none"> • Zunehmender Fachkräftemangel • Abwerben der wenigen Fachkräfte durch innovative Unternehmen zu Lasten des Mittelstandes • Stagnation des Infrastrukturausbaus wegen langwieriger Genehmigungsprozesse • Notwendigkeit der Schaffung der Akzeptanz von 5G-Lösungen durch umweltmedizinische Fachinformation • Business Case für private 5G-Netze heute in der Regel nicht vorhanden • Große Wahrscheinlichkeit, dass 5G-Pilotprojekte nach Auslaufen von Förderung wegen fehlender Wirtschaftlichkeit der Anwendung nicht fortgeführt werden • Aufbau einer Abhängigkeit von Technologie aus autokratischen Staaten • Zielkonflikte beim Ausbau von Infrastrukturen (Nachhaltigkeit, Resilienz, Gesundheit)

Abbildung 3-1: SWOT-Analyse zu 5G und Entwicklungschancen in Brandenburg

3.1 Stärken

In Brandenburg werden nicht zuletzt auch durch die vorliegende 5G-Strategie wesentliche Schichten digitaler Wertschöpfungsprozesse bereits heute adressiert, um Unternehmen ganzheitlich bei der digitalen Transformation zu unterstützen. Das gelingt insbesondere dann, wenn über skalierbare Leuchtturmprojekte Erkenntnisse und Mehrwerte für Klein- und Kleinstunternehmen transparent gemacht werden.

Mit der regionalen Verknüpfung mit Berlin, den dort vorhanden Start-ups und Testfeldern besteht zudem die Option, verstärkt Anwendungen entwickeln zu können, die wiederum auf 5G als Konnektivität im Regelbetrieb von Unternehmen zurückgreifen. Ebenso können aus der Vernetzung mit dem digitalen Experimentierfeld LANDNETZ, das in Sachsen realisiert wird, praxisnahe Erkenntnisse für landwirtschaftliche Anwendungen gewonnen werden.²²

Hinsichtlich der Versorgung über öffentliche Mobilfunknetze ist festzuhalten, dass die Topographie in Brandenburg den Ausbau erleichtert.

Da 5G ein „Enabler“ für digitale Anwendungen und Prozesse ist, kann sich auf die Nutzung von 5G positiv auswirken, dass Brandenburg unter den Flächenländern in Deutschland Platz 2 bei der Benutzbarkeit kommunaler Webportale belegt.

Zu den Stärken zählt ebenfalls die ausgeprägte Forschungslandschaft. Sie kann einerseits die Grundlage für einen Wissenstransfer hinsichtlich digitaler Geschäftsmodelle sein. Andererseits bietet sie die Grundlage für die erfolgreiche Durchführung weiterer Forschungs- und Erprobungsvorhaben.

Eine weitere Stärke des Landes ist in Bezug auf spezifische 5G-Anwendungen darin zu sehen, dass in Brandenburg zur Erprobung notwendige Infrastrukturen vorhanden sind. Das gilt vor allem für drohengestützte Anwendungen. In Brandenburg gibt es regionale Flugplätze, die die notwendige Infrastruktur bereitstellen können. Das in Brandenburg vorhandene spezifische Wissen im Bereich Konversionsflächen kann ebenfalls ein Treiber für entsprechende 5G-Anwendungen im Land sein, die dann wiederum auch außerhalb von Brandenburg nachgefragt werden können.

Eine Stärke ist zudem, dass es bereits einige 5G-Campusnetze gibt, die für ihre Anwendungsgebiete technologische Leuchttürme darstellen (z. B. das Campusnetz von BASF in Schwarzheide).

3.2 Schwächen

Bisherige empirische Untersuchungen sowie Expertengespräche im Rahmen der Erstellung der 5G-Strategie zeigen, dass 5G-Konnektivität heute nur von wenigen Unternehmen nachgefragt wird. Diese Nachfrager haben in der Regel eigene Forschungs- & Entwicklungs- und IT-Abteilungen. Dieser Unternehmenstyp ist für Brandenburg jedoch nicht prägend. Für

²² Siehe <https://landnetz.eu/>, zuletzt abgerufen am 2.12.22.

KMU sind heute die technischen und kommerziellen Vorteile von 5G noch nicht ausreichend transparent oder greifbar. Verstärkt wird diese Unsicherheit durch einen Fachkräftemangel. Somit besteht eine Schwachstelle durch fehlende finanzielle und kapazitative Ressourcen von KMU.

Im Übrigen ist bei Pilotprojekten heute nicht klar, wie diese skaliert werden können bzw. ob sie überhaupt in den Regelbetrieb von Unternehmen übergehen, wenn beispielsweise die Förderung wegfällt.

3.3 Chancen

Brandenburg allein und in Verbindung mit Berlin verfügt über eine Vielzahl von Forschungs- und Bildungsreinrichtungen, die bereits an sehr unterschiedlichen Aspekten von 5G sowohl in der Netzwerktechnologie als auch an Anwendungen und Endgeräten forschen. Damit bestehen auch gute Chancen, Fördermittel, die beispielsweise für innovative Netztechnologien seitens des Bundes zur Verfügung stehen, zu nutzen. Durch Forschung und nachfolgende Ausgründungen können Akteure in Brandenburg einen Beitrag zu mehr digitaler Souveränität leisten. Es kann ein regionales 5G-Ökosystem entstehen, das dabei hilft, die Attraktivität des gesamten Wirtschaftsstandorts zu steigern.

Mit der Außengrenze zu Polen sowie Verkehrsinfrastrukturen (z. B. Flughafen BER) verfügt Brandenburg über strukturelle Faktoren, die gerade für Anwendungen im Bereich der Logistik hohe Relevanz haben. Zudem bestehen aktuell Förderprogramme auf der EU-Ebene, die auf eine Verbesserung der Konnektivität entlang von Grenzen abzielen.

3.4 Risiken

Ein wesentliches Risiko der digitalen Transformation besteht darin, wenn Unternehmen zu spät auf neue Technologien setzen. Sie laufen dann Gefahr, dass sich ihre Wettbewerbsposition verschlechtert bzw. neue Märkte, beispielsweise im Bereich der Netzwerkausrüster, sich nicht etablieren, weil die Nachfrage zu gering ausfällt. Verzögert sich somit die Nutzung von 5G, könnten sowohl Anwender an Wettbewerbsfähigkeit verlieren als auch Hersteller (Integratoren) von Netzwerkkomponenten für Campusnetze kaum auf eine relevante Nachfrage in Deutschland treffen.

Ein weiteres Risiko besteht darin, dass bei einer verstärkten Anwendung von Funktechnologien im betrieblichen Kontext die Angst vor vermeintlichen Gesundheitsrisiken einer breiten Akzeptanz von 5G entgegensteht.

Ein weiteres Risiko beim Netzausbau könnte im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit liegen. Der Infrastrukturwettbewerb kann grundsätzlich zu einer Duplizierung von Netzinfrastrukturen führen (mit Konsequenzen im Bereich Flächenverbrauch, Biodiversität), die jedoch nicht in jedem Fall hinsichtlich ihrer Kapazitäten ausgelastet ist. Hier könnte es künftig verstärkt zu Zielkonflikten kommen.

3.5 Zusammenfassung

Die SWOT-Analyse zeigt, dass die Wirtschaftsstruktur in Brandenburg - und hier vornehmlich die Größe der Unternehmen und damit die finanziellen Möglichkeiten - eine wesentliche Herausforderung bei der Digitalisierung ist. Sofern 5G ein Treiber der Digitalisierung sein soll, müssen vor allem die Bedürfnisse von KMU bei der Digitalisierung im Fokus stehen. Dieser Herausforderung stehen zwei Stärken und Chancen gegenüber: eine ausgeprägte, anwendungsorientierte Forschungslandschaft, die, sofern sie sich mit 5G und entsprechenden Anwendungen in der Praxis befasst, einen maßgeblichen Beitrag über die Vor- und Nachteile von 5G liefern kann. Die zweite Stärke besteht in der bereits in unterschiedlichen Sektoren gelebten Vernetzung mit Berlin und anderen Bundesländern. Wie diese beiden „Assets“ des Landes Brandenburg für 5G genutzt werden können, wird im Weiteren gezeigt.

4 Herleitung der Strategie und Ziele

Die besonderen Herausforderungen von Brandenburg bei der Nutzung der technischen und wirtschaftlichen Potentiale von 5G und jeder nachfolgenden zellularen Mobilfunktechnologie (z. B. 6G) liegen auf Basis der SWOT-Analyse ganz wesentlich im vergleichsweise geringen Digitalisierungsgrad der Wirtschaft und in der kleinteiligen Wirtschaftsstruktur. Wie Expertengespräche in Brandenburg sowie in anderen Bundesländern zeigen, stehen Unternehmen 5G (noch) sehr abwartend gegenüber, weil für sie konkrete Anwendungsszenarien noch unklar sind. Aktuell zeigt sich, dass sich diejenigen Unternehmen mit 5G auseinandersetzen, die mittelfristig 5G in ihren eigenen Produkten integrieren wollen. Oder es sind Unternehmen, die frühzeitig darauf setzen, leitungsgebundene Konnektivität in Produktionsprozessen angesichts ihres betrieblichen Umfelds durch funkgestützte Konnektivität abzulösen. Diese Unternehmen sind Vorreiter bei der Nutzung von 5G. Ob sie jedoch ein Ökosystem initiieren können, in dem es eine breite Auswahl sowohl auf der Ebene der Netzwerktechnologien als auch von Endgeräten geben wird, ist zu bezweifeln. Zumindest wäre dann der regional adressierbare Markt in Brandenburg vergleichsweise klein.

Den Herausforderungen steht gegenüber, dass bereits heute Pilotprojekte und Forschungsvorhaben zeigen, welche Mehrwerte mit der Nutzung von 5G verbunden sein können. Zudem soll mit weiteren Maßnahmen (z. B. im Bereich KI) die Digitalisierung vorangetrieben werden, bei der 5G die notwendige Konnektivität bereitstellen kann. Der gemeinsame Nenner dieser Maßnahmen ist die Absicht, Markteintrittsbarrieren bei der Digitalisierung im Allgemeinen zu verringern. Diese ist auch ein maßgebliches Ziel der 5G-Strategie. Verticals sollen Anreize erhalten, sich verstärkt mit 5G auseinanderzusetzen. So kann ein Markt geschaffen werden, der wiederum von Unternehmen, die Netzwerkkomponenten herstellen oder als Integratoren Dienstleistungen für den Aufbau und Betrieb von 5G-Netzen erbringen, interessant ist. Durch domänenspezifische Erprobungsmöglichkeiten können Leuchttürme für Anwendungen geschaffen werden.

Bei der Strategieentwicklung wird im Weiteren maßgeblich darauf abgestellt, das Angebot und vor allem die Nachfrage nach Konnektivität für die technischen und wirtschaftlichen Potentiale

zu sensibilisieren. Damit klammert die Strategieentwicklung Aspekte, wie der Einfluss von 5G auf die Arbeitswelt (Veränderung von Berufsbildern, Curricula in der Erstausbildung, Fachkräftemangel) aus. Die Fokussierung auf bestimmte Aspekte der SWOT-Analyse begründet sich hierbei damit, dass sich ohne die Etablierung von sektoralen 5G-Anwendungsfeldern die technologischen und wirtschaftlichen Vorteile von 5G kaum einstellen werden.

Im Rahmen der Strategie werden die nachfolgenden Zieldimensionen angesprochen. Diese sind nicht autark voneinander zu betrachten, vielmehr bauen sie aufeinander auf bzw. sind miteinander verschränkt.

Analysieren und Transparenz über Marktentwicklungen schaffen

- Identifikation relevanter 5G-Akteure in Brandenburg aus Forschung, Wirtschaft und Politik
- Analyse und Dokumentation bereits bestehender und geplanter 5G-Vorhaben in Wissenschaft und Praxis
- Erfassung bestehender Innovations- und Technologievorhaben, die künftig 5G benötigen werden
- Analyse vorhandener Systeme und Datenbestände zur Abbildung von Infrastrukturen und 5G-Vorhaben

Infrastrukturen auf- und ausbauen

- Den Aufbau von leistungsfähigen digitalen Infrastrukturen sowohl in öffentlichen als auch in lokalen Funknetzen zu unterstützen (z.B. durch geeignete Rahmenbedingungen). Der Auf- und Ausbau von digitalen Infrastrukturen umfasst auch einen zunehmenden Bedarf an Rechenzentren
- Vorhandene Infrastrukturdaten mit Wirtschafts- und Forschungsdaten ergänzen (Informationsplattformen), um den Infrastrukturausbau und künftige Innovationen zu erleichtern und Anreize für neue datenbasierte Anwendungen zu geben
- Datensätze in Form von Informationsplattformen nutzerfreundlich aufbereiten und zielgruppengerecht zugänglich machen

Informieren und Vernetzen

- Verfügbare Informationen zielgerichtet bereitstellen und somit Transparenz erhöhen und dadurch Markteintrittsbarrieren für Anwender und Hersteller verringern
- Die Entwicklung eines 5G-Ökosystems mittels Vernetzung von Unternehmen, Forschung und öffentlichen Einrichtungen in Brandenburg unterstützen
- Wissen über die Vorteile der Nutzung von 5G bei digitalen Wertschöpfungsprozessen erhöhen
- Vernetzung mit anderen Bundesländern, dem Bund und internationalen Akteuren zu 5G relevanten Projekten, Strategien und Entwicklungen

Handeln und Innovieren

- Klare Verantwortlichkeiten zur Umsetzung der Maßnahmen festlegen
- Maßnahmen und Projekte anstoßen, die 5G im Kontext einer übersektoralen, gesamthaften Digitalisierung verorten
- Zugang zu Testumgebungen und Best Practices für Unternehmen und Kommunen ermöglichen
- Entwicklung disruptiver Geschäftsmodelle und von Produktinnovationen unterstützen und fördern
- Transferpartner etablieren, um die Innovationskraft von Wissenschaftseinrichtungen in die Region zu tragen und die Unternehmen zu stärken
- Unterstützung von Start-ups und Ausgründungen von Wissenschaftseinrichtungen, um somit innovative Anwendungen „made in Germany“ zu unterstützen
- Die Bereitstellung von Informationen über geeignete Förderprogramme, die für Unternehmen und Kommunen nutzbar sind und die Unterstützung bei der Beantragung selbiger. Eine zentrale Anlaufstelle kann dabei die Transaktionskosten für Unternehmen und Kommunen reduzieren.

5 Handlungsfelder und Maßnahmen

Nachfolgend (Abbildung 5-1) werden Maßnahmen und Projekte vorgestellt, von denen ein direkter Impuls für die Etablierung von 5G bzw. eines notwendigen Ökosystems ausgeht. Abgeleitet aus den Zieldimensionen und mittels sog. Enabler (Faktoren oder Maßnahmen, die die Zielerreichung ermöglichen) soll durch die Umsetzung der verschiedenen Maßnahmen und Projekte bis 2025 ein neues Zielszenario erreicht werden.



Abbildung 5-1: Ist-Situation und Zielszenario 2025

5.1 Dynamische Analyse und Fortschreibung der Zielszenarien

Aufgrund der dynamischen Umwelt, sich verändernder Verhaltensweisen der Menschen und volatiler Einflussfaktoren wie Pandemien, Kriegen und Katastrophen ist die Strategie als Betrachtung eines Zeitausschnitts zu verstehen. Sowohl die Analyseelemente, Infrastrukturbetrachtungen, Vernetzungs- und Informationskomponenten als auch die Umsetzung als solches werden deshalb in regelmäßigen Abständen evaluiert und fortgeschrieben, um die sich verändernden Einflussfaktoren berücksichtigen zu können.

Außerdem werden Analyseinstrumente so gewählt und digitale Informationssysteme eingebunden, dass eine begleitende Analyse ohne großen Ressourcenaufwand möglich wird. Zusätzlich wird über geeignete Instrumente und Systeme eine begleitende Deltamessung stark vereinfacht und die Auskunftsfähigkeit erhöht werden.

5.2 Maßnahmen zur Unterstützung des Infrastrukturausbaus

5.2.1 Genehmigungspraxis weiter vereinfachen

Damit modernste Mobilfunktechnologien heute und in der Zukunft einen Beitrag zur Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft leisten können, ist der Auf- und Ausbau der entsprechenden Infrastrukturen unerlässlich.

Der Aufbau von Netzinfrastrukturen, sowohl bei den öffentlichen Mobilfunknetzbetreibern als auch im Bereich von Campusnetzen muss daher weiter beschleunigt und der eingeschlagene Weg, die Verfahren zu optimieren, fortgesetzt werden. Die Digitalisierung der Genehmigungsverfahren für den (Glasfaser-)Infrastrukturausbau sollte daher weiter vorangetrieben werden.

Perspektivisch müssen im Zuge der Umsetzung des Onlinezugangsgesetzes (OZG) formale Hindernisse in Verfahrens- und Formvorschriften der Bauordnung beseitigt werden und elektronische Baugenehmigungsverfahren künftig effizienter möglich sein. Die interministerielle Koordination bezüglich der vereinfachten Beantragung wird deshalb weiter vorangetrieben.

Campusnetze sind heute teilweise ohne Baugenehmigung umsetzbar, da Antennen einschließlich der Masten mit einer Höhe bis zu 15 Meter auf Gebäuden im Außenbereich freistehend, mit einer Höhe bis zu 20 Meter und mit einem Brutto-Rauminhalt bis zu 10 Kubikmeter, soweit sie in, auf oder an einer bestehenden baulichen Anlage errichtet werden, baugenehmigungsfrei sind. So genannte Smart Cells sind ebenfalls genehmigungsfrei und können im Rahmen von disruptiven Anwendungen bspw. durch den Einbau in Stadtmobiliar lokale Funknetze aufspannen. Mit der Nutzung vorhandener passiver Infrastrukturen (Stadtmobiliar) müssen keine zusätzlichen Infrastrukturen errichtet werden. In Städten mit vielen Menschen auf kleinem Raum können zahlreiche kleine Sender mehr Kapazität und eine bessere Abdeckung gewährleisten als eine große Makro-Zelle.

Diese Informationen sind nicht allen Akteuren im Bereich Forschung und Wirtschaft bekannt. Daher wird die Erstellung von Leitfäden zur Errichtung von 5G-Infrastrukturen für Kommunen, Wissenschaftsstandorte, Industrieparks und Unternehmen, eine wichtige begleitende Kommunikationsmaßnahme sein.

5.2.2 Datenräume bereitstellen

5G stellt die Konnektivität bereit, um Daten in datenorientierten Geschäftsprozessen oder -modellen zu übertragen und so neue innovative Produkte oder Services zu entwickeln. Beispielsweise verfügen öffentliche Stellen über zahlreiche Verkehrsdaten wie Ampelphasen, die beim vernetzten Fahren zum Einsatz kommen können, um Verkehrsflüsse zu optimieren oder das Fahrverhalten positiv zu beeinflussen. Das Auto könnte dem Fahrer signalisieren, dass, wenn er die Geschwindigkeit um 3 km/h reduzierte, er beispielsweise die „grüne Welle“ voll ausschöpfen könnte oder er eine bestimmte Menge an Treibstoff einsparen würde.

Bestehende Daten bereitzustellen oder in Echtzeit zu teilen, kann dazu führen, dass Infrastrukturen neu genutzt werden oder Innovationen vorangetrieben werden. Ebenso stärken solche Anwendungen die Akzeptanz der Netzwerkinfrastrukturen. Die Open-Data-Strategie des Landes wird dazu beitragen, die Bereitstellung öffentlicher Daten für die Realisierung entsprechender Datenräume zu fördern.

5.2.3 Netzhärtung / Resilienz der Netze

Die sich in der jüngsten Vergangenheit verdichtenden Krisensituationen, wie die Flutkatastrophe an der Ahr, die Corona-Pandemie, die aktuelle Lage in der Ukraine oder der Konflikt zwischen China und Taiwan, verdeutlichen, dass die Robustheit der öffentlichen Telekommunikationsnetze und -dienste gestärkt werden sollte. In diesem Zusammenhang veröffentlichte die Bundesnetzagentur im August 2022 ein Strategiepapier zur Resilienz der Telekommunikationsnetze mit ersten Handlungsempfehlungen.²³

Im Land Brandenburg finden aktuell Untersuchungen statt, um die Infrastrukturen künftig souverän und robust zu gestalten. Im Rahmen der Umsetzungsmaßnahmen dieser Strategie sind Tests zur Steigerung der digitalen Souveränität durchzuführen, um die Abhängigkeit von einzelnen Anbietern zu verringern. Ebenso werden in den Testbeds Ansätze entwickelt und demonstriert, um die Netze vor (Cyber-)Angriffen sicherer zu machen.

²³ BNetzA (2022), abrufbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Strategiepapier_Resilienz.pdf?__blob=publicationFile&v=1 zuletzt abgerufen 2.12.22

5.3 Information und Vernetzung

5.3.1 Aufbau und Betrieb eines eigenen 5G-Atlas

Durch den Aufbau und Betrieb eines webbasierten 5G-Atlas, basierend auf bestehender GIS-Daten und weiterer neu zu erfassender Inhalte rund um 5G-Infrastrukturdaten und Technologiekomponenten, wird ein einfacherer und sicherer Zugang zu Innovationsumgebungen und Infrastrukturen möglich werden. Der 5G-Atlas wird u. a. die nachfolgenden Informationsangebote bereithalten:

- Bestehende Netzinfrastrukturen (4G, 5G, 6G, Glasfaser, 5G-Campusnetze, 5G-Korridore, etc.) in enger Kopplung mit den bereitgestellten Daten aus dem Gigabit Grundbuch des Bundes und dem Brandenburg Business Guide
- Verbaute Technologiekomponenten (sichere Infrastrukturen) der 5G-Netze
- Infrastrukturen allg. (Flugplätze, Verkehrswege, Gas- und Stromleitungen, etc.)
- Informationen über Zugang zu 5G-Campusnetzen
- 5G-Entwicklungsachsen
- Geografische Verortung von Innovations- und Forschungsprojekte im Bereich 5G und KI

Der 5G-Atlas wird die neu zu erfassenden Inhalte unter Berücksichtigung sicherheitsrelevanter Aspekte und der Standards der GDI-BB in kompatibler und standardisierter Form zum Datenaustausch bereitstellen, damit diese in anderen Anwendungen und Systemen verwendbar sind. Ebenso werden die Daten mittels geeigneter Schnittstellen, z. B. Web Map Service (WMS) webbasiert abrufbar sein.

Aktuell existieren auf Bundes- und Landesebene verschiedene Informationsangebote: Zu nennen sind u. a. das Gigabit-Grundbuch der BNetzA, das Geoportal Brandenburg, das Breitbandinformationssystem BiBB Brandenburg, BORIS Land Brandenburg und der Brandenburg Business Guide (BBG). Zusätzlich finden sich Informationen zu Forschungsprojekten und Innovationsvorhaben in der Kooperationsplattform von DABB und WFBB (koop-bb.de) und auf den Seiten der Forschungseinrichtungen.

Einige der Informationsangebote konzentrieren sich ausschließlich auf die Abbildung des Ist-Zustandes, andere sind wenig nutzerfreundlich. Die Systeme sind weniger auf konkrete Nutzerabläufe, Serviceangebote und Interaktionspunkte (sog. User Journeys) ausgerichtet als vielmehr auf die technische Abbildung eines Ist-Zustandes. Die WiFös, Kommunen und Landkreise können auf ihren Webseiten nicht alle Dienste und Informationen einfach bspw. mittels i-Frame einbinden, um auskunftsfähig zu sein. Das betrifft vor allem die verfügbaren Netze oder auch Innovationsprojekte im jeweiligen Einzugsbereich. Das führt dazu, dass Regionen, Städte und Kommunen beginnen, Einzellösungen zu schaffen, was teilweise eine weitere Fragmentierung der Datenhaltung und vermehrten Pflegeaufwand zur Folge hat.²⁴ Diese Individualisierung kann zielführend sein, wenn auf gemeinsame Datenquellen

²⁴ Beispielsweise wirtschaftsregion-lausitz.de; geoportal-berнау.de; geoportal.frankfurt-oder.de

zugriffen werden kann und neue Daten standardisiert erzeugt werden, sodass in Summe keine Insellösungen entstehen.

Ähnlich verhält es sich mit der Datenbasis für öffentliche Investitionsentscheidungen im Bereich digitaler Infrastrukturen. Auch hier liegen wichtige Entscheidungsparameter nicht zentral und digital auswertbar vor, sondern verteilt auf diversen Systemen. Auch werden die verbauten IKT-Komponenten in den 5G-(Campus-) Netzen nicht zentral dokumentiert, sodass künftige Anforderungen zur Vermeidung kritischer Abhängigkeiten in bestimmten technologischen Bereichen in der Innovationsentwicklung (Einsatz chinesischer Technologie im Mobilfunksektor) nicht gegeben sind.

Der 5G-Atlas soll als Webanwendung zur Planung und Dokumentation von 5G-(Campus-)Netzen inkl. deren verwendeter IKT-Komponenten genutzt werden.

Auch in den Bereichen Innovationsentwicklung und -forschung ist es sinnvoll, die relevanten Komponenten und deren Hersteller zu erfassen und in einem 5G-Atlas abzubilden, um eine höhere Transparenz zu erlangen und künftig wichtige Infrastrukturen besser zu schützen, aber auch um Innovationsumgebungen resilient und sicher aufzubauen.

Mit dem 5G-Atlas können Angebote (aktive und passive Netzinfrastrukturen) und potenzielle Nachfrager sowie geplante und bestehende Forschungsvorhaben gemeinsam betrachtet werden. Anforderungen an Testinfrastrukturen mit bestimmten Anforderungen an Sicherheit und bestimmten Hardwarekomponenten können einfacher für potenzielle Nachfrager aus der öffentlichen Verwaltung und für Unternehmen sichtbar gemacht werden.

Maßnahmen zur Verbesserung der Informationslage können die Kombination der bereits verfügbaren Daten der bestehenden GIS-Systeme mit Bestandsdaten aus anderen Plattformen und mit der Erzeugung neuer GIS-Daten sein. In Anbetracht der dynamischen Entwicklungen im Bereich Plattformen und Webanwendungen und dem Matching mit den Zielgruppenbedürfnissen ist die Entwicklung einer eigenen, webbasierten Anwendung zielführend. Dieses System wird zur Sicherstellung der Interoperabilität, gemäß der Standards der regionalen Geodateninfrastruktur (GDI-BB)²⁵, der bundesweiten Geodateninfrastruktur (GDI-DE) und der europäischen Geodateninfrastruktur (INSPIRE) entwickelt. Diese orientieren sich an den Standards des Open Geospatial Consortium – OGC.

Eine Verbesserung der Informationslage über bestehende und geplante Infrastrukturen und eine Sichtbarmachung von Deltas, aber auch von Vorhaben und 5G-Projekten in Wissenschaft und Praxis, sind eine gute Basis für die Sicherheit sowie künftige Investitions- und Förderentscheidungen.

5.3.2 5G-Ökosystem: Vernetzung von Akteuren

Unternehmen aus Brandenburg im Verbund mit wissenschaftlichen Einrichtungen und überregional tätigen Unternehmen engagieren sich bereits in verschiedenen 5G-

²⁵ <https://geoportal.brandenburg.de/de/cms/portal/gdi-brandenburg/geodateninfrastruktur-gdi>

Forschungsvorhaben. Die Übersicht der 5G-Projekte in Abbildung 2-5 zeigt, dass nicht alle für das Land Brandenburg als wesentlich eingestuftem Wirtschaftssektoren bereits Projekte oder Forschungsvorhaben im Bereich 5G umsetzen.

Bereits in den Clustern, die die WFBB betreut, werden Unternehmen hinsichtlich einer Vielzahl von Themen, die für Geschäftsmodelle relevant sind, miteinander vernetzt. In diese Vernetzungsaktivitäten werden die Ziele der 5G-Strategie und deren Maßnahmen sowie nachfolgend die erzielten Ergebnisse einzubinden sein. Die Expertengespräche und Workshops haben gezeigt, dass es einen spezifischen Bedarf an Vernetzung gibt, der auch domänenübergreifend ist.

Verschiedene Anlaufstellen für Unternehmen, die sich für 5G-Vorhaben (Technologie und Anwendungen) interessieren, sind ein erster Schritt. Oft ist die Kopplung von unterschiedlichen Anwendungen im Kontext 5G für Unternehmen interessant, weshalb gerade Testbeds, Kompetenzzentren, aber auch Transferstellen als Anlaufstellen geeignet sind.

Flankiert wird die Einrichtung der Anlaufstellen von regelmäßigen Netzwerktreffen der 5G-Akteure mit dem Ziel, neue Akteure kennenzulernen, aber auch, um neue Informationen zu Anwendungen, Forschungsvorhaben oder über den infrastrukturellen Ausbau zu erhalten. Bei diesen Netzwerktreffen werden die Kommunen und Wissenschaftsreinrichtungen einbezogen.

Der unter 5.3.1 beschriebene 5G-Atlas ist auch bei der Vernetzung mit Akteuren ein wichtiges Instrument, um bspw. umliegende 5G-Testfelder, -Testbeds, -Projekte und damit 5G-Akteure in der Umgebung zu identifizieren.

5.3.3 Verantwortliche Kommunikation beim Betrieb von 5G-Masten

Die Maßnahmen zur Stärkung der Akzeptanz von modernsten Funktechnologien bei den Bürgern und Beschäftigten ist absolut notwendig für ein zügiges Gelingen des Infrastrukturausbaus. Gerade wenn 5G und Nachfolgetechnologien verstärkt in betrieblichen Prozessen, aber auch an Wissenschaftsstandorten zum Einsatz kommen, ist z.B. die transparente Bereitstellung von umweltmedizinischen Informationen in Bezug auf Mobilfunktechnologien sicherzustellen. Hierbei profitiert Brandenburg von der Nähe zum Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder des BfS in Cottbus. Es sind sämtliche rechtlichen/regulatorischen Rahmenbedingungen zu betrachten, die Einfluss auf die Errichtung und den Betrieb von neuen Infrastrukturen haben.

5.3.4 Kommunikationsvorlagen und Informationsmaterialien

Im Rahmen der Expertengespräche zeigte sich, dass zahlreichen Interessierten die Mehrwerte oder Besonderheiten von 5G im Vergleich zu 4G oder zu anderen Netztechnologien wie WLAN, LoRaWan, etc. nicht bekannt sind. Aber auch welche Anwendungen oder neuen Services mit Hilfe der 5G-Technologie künftig erbracht werden könnten, war vielen Akteuren nicht bewusst.

Eine Maßnahme in diesem Zusammenhang ist das Erstellen von standardisierten Kommunikationsvorlagen für unterschiedliche Anwendungsfälle. Diese Arbeit kann bei den jeweiligen Anlaufstellen erfolgen, da diese einen guten Überblick über zentrale Fragestellungen haben. Sinnvoll sind u. a. Kommunikationsvorlagen für:

- Bevölkerung oder Mitarbeitende beim Aufstellen eines 5G-Masts
- Unternehmen in einem Gewerbegebiet zur Beteiligung am Aufbau einer 5G-Infrastruktur
- Kommunen bei der Suche nach Kooperationspartnern für den Aufbau einer 5G-Infrastruktur

Ergänzend sind kleine Leitfäden oder Checklisten für das Umsetzen eigener 5G-Vorhaben oder in dem Zusammenhang eine Übersicht möglicher Förderungen hilfreiche Informationsmaterialien.

5.4 Von der Idee zu Best Practices hin zum Regelbetrieb

Ein wesentlicher Grund, wieso sich heute nur wenige Unternehmen in der Praxis mit den technischen Vorteilen von 5G beschäftigen, liegt in den noch hohen Kosten für Aufbau und Betrieb von Campusnetzen. Gerade KMU benötigen für sie maßgeschneiderte Lösungen, die sie weder finanziell noch hinsichtlich ihrer technischen Kenntnisse überfordern. Zudem fehlt es an Referenzanwendungen und technischen Implementierungen, die für eine Vielzahl von Unternehmen relevant sind. Somit werden verstärkt domänenspezifische, aber auch domänenübergreifende Anwendungen mit ihren betrieblichen Mehrwerten in möglichst realen Umgebungen erprobt werden. Hierbei sollten, soweit dies aus Sicht der Anwendungen möglich ist, neben der Konnektivität auch die weiteren Schichten von digitalen Wertschöpfungen getestet werden. Ein ganzheitlicher Ansatz soll die notwendige Sensibilisierung bei Unternehmen herbeiführen, ihnen Hilfestellungen beim Einsatz neuer Technologien geben und Markteintrittsbarrieren reduzieren.

In Brandenburg gibt es bereits erste Erfahrungen mit 5G-Campusnetzen und 5G-Projekten. Jedoch existieren keine übertragbaren Best Practices und auch der Zugang zu Campusnetzen und Testumgebungen ist stark eingeschränkt. Anwendungen im Regelbetrieb bei Unternehmen sind mit heutigem Stand nicht bekannt.

Vor diesem Hintergrund ist der Aufbau von 5G-Testbeds mit unterschiedlichem Anwendungsbezug wie IoT/Robotik, AR/VR, eHealth, Smart Farming, unbemannter Flugverkehr, Avionik, Sicherheit etc. erstrebenswert.

5.4.1 Errichtung von Testbeds

Im Land Brandenburg existieren bereits Kompetenzzentren oder Testumgebungen mit diversen Themenschwerpunkten. Auf diese Vorarbeiten wird aufgebaut. Bestehende Einrichtungen werden dabei unterstützt, ihre Anwendungen im 5G-Kontext bis hin zu Best Practices zu erproben und weiterzuentwickeln.

In den Testbeds werden neue Anwendungen auf Basis der 5G-Technologie entwickelt und erprobt werden, auch in Kooperation mit Start-ups. Generell werden die Testbeds auch als offene Testumgebungen für Unternehmen im jeweiligen Anwendungsbereich zur Verfügung stehen.

Die Aufgaben der Testbeds sind die Erprobung bestehender Anwendungen in der neuen 5G-Umgebung und deren Vergleich, bspw. zu 4G oder 6G oder anderen Netztechnologien. Diese Ergebnisse werden neben der wissenschaftlichen Verwertung auch in praxisnaher Sprache den Unternehmen zur Verfügung gestellt, bspw. in Form eines Leitfadens.

Als letzten wichtigen Punkt werden die Testbeds, ähnlich zu Kompetenzzentren, als Anlaufstellen für Unternehmen zur Verfügung stehen und diese mittels Informationsveranstaltungen und Workshops bei der digitalen Transformation begleiten.

Ziel ist es, vom Best Practice unter Einbeziehung der Unternehmen in den Regelbetrieb von 5G-Anwendungen zu gelangen.

Zur effizienten Steuerung aller 5G-Aktivitäten im Land und um alle Aktivitäten an einer Stelle zu erfassen, zu monitoren und die zahlreichen Einzelvorhaben im Land zielgerichtet miteinander zu verknüpfen, ist es praktikabel, ein 5G-Kompetenzzentrum zu installieren. Zusätzlich kann ein Kompetenzzentrum ressourceneffizient Kommunikations- und Vernetzungsaktivitäten steuern sowie die Informationen aus dem Bund an alle Beteiligten weiterleiten.

5.4.2 5G-Korridore: Verknüpfung von Einzelvorhaben und Campusnetzen

Private Campusnetze sind per Definition räumlich i. d. R. anhand von Flurstücken begrenzt. Bei zahlreichen Anwendungsfällen besteht aber der Bedarf an einer flurstückübergreifenden Kommunikation (z. B. beim Krankenwagen, dem autonom fahrenden Bus, Katastrophenszenarien usw.). Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, sogenannte 5G-Korridore zur Bündelung und zur Erprobung einzelner Anwendungen zu testen und nach positiver Erprobung zu errichten.

Solche Korridore müssen sich dabei nicht auf Verkehrswege beschränken. Brandenburg verfügt über Infrastrukturen wie Flugplätze, die ebenfalls über Korridore miteinander verbunden werden könnten. So könnten perspektivisch neue Anwendungen im Bereich des unbemannten Flugverkehrs (Drohnen) erprobt werden.

Mittelfristig sollte die Zusammenarbeit der Betreiber von Campusnetzen mit den öffentlichen Mobilfunknetzbetreibern auch im Sinne einer größeren Flächendeckung von 5G unterstützt werden.

5.4.3 Unterstützung von 5G-Einzelvorhaben mit hoher Übertragbarkeit

Auch außerhalb der Testbeds werden Einzelvorhaben mit hoher Übertragbarkeit auf andere Unternehmen oder mit einer großen Auswirkung auf gesellschaftliche Belange unterstützt. Ziel ist jedoch bei allen Vorhaben, in den Regelbetrieb zu gelangen und nicht nur als Leuchtturm zu existieren.

Abbildung 5-2 zeigt das Zusammenspiel der Zieldimensionen über die Handlungsansätze, hin zu den Maßnahmen und Einzelprojekten. Die Auflistung der Handlungsansätze, Maßnahmen und Einzelvorhaben ist nicht als abschließende Betrachtung zu verstehen, vielmehr als erste Schritte in einem Transformationsprozess.

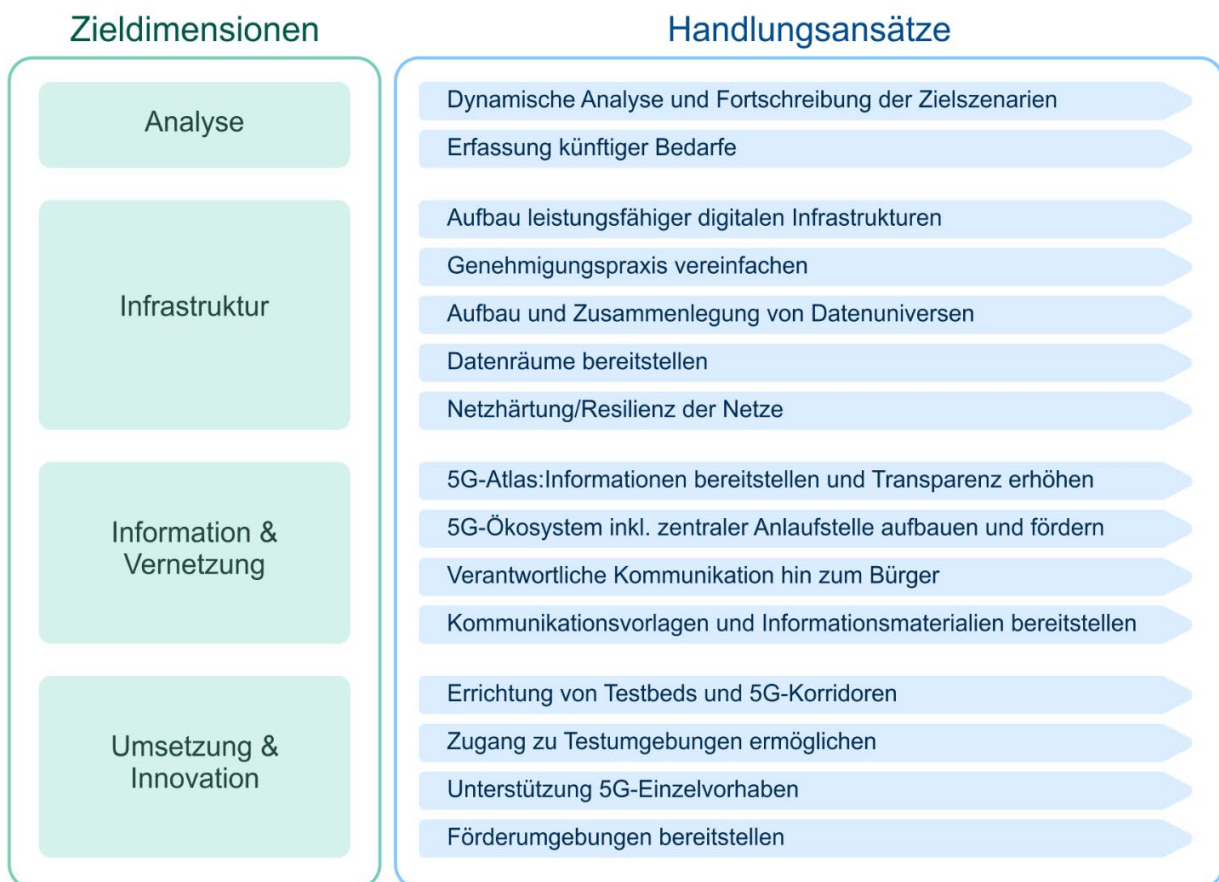


Abbildung 5-2: Zieldimensionen und Handlungsansätze

5.5 Förderumgebungen

Angesichts der wirtschaftlichen Potentiale von modernen zellularen Funktechnologien gibt es bereits heute sowohl im Bund als auch auf EU-Ebene verschiedenste Förderprogramme. Um hier für das Land Brandenburg entsprechende Mittel einzuwerben, bedarf es einer institutionellen Anlaufstelle, die vertiefte Kenntnisse über den 5G-Ist-Zustand in Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung hat.

Der Aufbau von 5G-Infrastrukturen kann und muss gemeinsam mit Betreibern von Industrieparks, Telekommunikationsanbietern, der Wirtschaftsförderung und sofern

vorhanden mit finanziellen Fördermaßnahmen vorangetrieben werden. Fachlich unterstützt wird der Prozess für Gebietskörperschaften durch die DABB und finanziell in der Lausitzregion durch Infrastrukturförderungsprogramme.

Unterstützt wird der Aufbau von 5G-Infrastrukturen auch durch die Nachfrage nach 5G durch die ansässigen Unternehmen. Ziel wird es sein, Unternehmen schnell und mit wenig Aufwand an Förderprogrammen zur Entwicklung und Implementierung von 5G-Anwendungen teilnehmen zu lassen. Um die bereits bestehenden, zugeschnittenen Förderprogramme für Innovation und Digitalisierung einfacher nutzbar zu machen, wird eine Tool-Box entwickelt werden, die Checklisten für die Beteiligung an Fördermaßnahmen enthält.

Der jeweilige institutionelle Ansprechpartner im 5G-Netzwerk wird auch Konzepte für PPP-Modelle erarbeiten.

5.5.1 Förderbedarfe

Aufbauend auf den Bedarfen der Zielgruppen sind folgende Förderbedarfe aktuell erkennbar:

- Erstberatung mit folgenden Fragestellungen: Wie funktioniert die Technologie, welche Mehrwerte gibt es im betrieblichen Kontext?
- Beratung in Form von Machbarkeitsstudien für Campusnetze, die folgende Fragen u.a. adressieren: Wie können 5G-Netze aufgebaut werden? Was kosten Campusnetze? Welche Deployment-Modelle gibt es?
- Beratung: Betreibermodelle, Betrieb eines Netzes durch mehrere Unternehmen, Sicherheitsaspekte beim Betrieb von 5G-Netzen und Anwendungen
- Infrastruktur: Finanzielle Unterstützung beim Aufbau der Infrastruktur
- Innovationsförderung: Förderung der Entwicklung von innovativen Anwendungen oder eines innovativen Services im 5G-Kontext

Bei größeren Vorhaben sind auch Mischformen der oben genannten Bedarfe denkbar.

5.5.2 Landesförderungen

Die bisherigen Erfahrungen beim Einsatz von 5G in Unternehmen zeigen, dass sich eine größere Nachfrage nach 5G-Lösungen und Infrastrukturen nur dann ausbildet, wenn die Markteintrittsbarrieren für gewerbliche Nutzer (Verticals) abgesenkt werden. Die Förderung von Machbarkeitsstudien für Anwendungen in Betrieben können hier ein geeignetes Instrument sein. Eine solche Förderung könnte auf einem Voucher-System basieren, wie es in der Vergangenheit beim Glasfaserausbau diskutiert wurde.

Zusätzlich können nachfolgende Landesförderungen je nach Antragsteller und regionaler Verortung genutzt werden:

- Strukturentwicklung Lausitz <https://www.ilb.de/de/infrastruktur/alle-infrastruktur-foerderprogramme/strukturentwicklung-lausitz/>

- GRW - Ausbau der wirtschaftsnahen Kommunalen Infrastruktur
<https://www.ilb.de/de/infrastruktur/wirtschafts-und-wirtschaftsnahe-investitionen/grw-ausbau-der-wirtschaftsnahen-kommunalen-infrastruktur/>
- Nachhaltige Entwicklung von Stadt und Umland (NESUR-Infrastruktur)
- INTERREG V A Brandenburg-Polen <https://interregva-bb-pl.eu/foerderperiode-2021-2027/>
- Förderung der Infrastruktur für Forschung, Entwicklung und Innovation (InfraFEI)
- Brandenburgischer Innovationsgutschein (BIG, BIG Digital)
<https://www.ilb.de/de/wirtschaft/zuschuesse/brandenburgischer-innovationsgutschein-big/>
- ProFIT Brandenburg <https://www.ilb.de/de/wirtschaft/zuschuesse/profit/>

5.5.3 Mögliche Bundes- und EU-Fördermittel

Es existieren zahlreiche Programme und Richtlinien auf Bundes- und EU-Ebene, auf deren Basis Skizzen oder Anträge für Projekte eingereicht werden können. Nachfolgende Fördervorhaben lassen die Antragstellung über einen längeren Zeitraum (oft bis zu 3 Jahren) zu. Die jeweiligen Fördervorhaben werden auf den angegebenen Seiten beschrieben, ebenso die Vorgehensweise bei der Beantragung und die Rahmenparameter für das Programm.

- InnoNT–Förderung für innovative und softwaregesteuerte Netztechnologien
<https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/inno-nt.html>
- Entwicklung digitaler Technologien
<https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMWi/entwicklung-digitaler-technologien.html>
- Gemeinsames Unternehmen für digitale Schlüsseltechnologien (Key Digital Technologies Joint Undertaking – KDT JU)
<https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/EU/gemeinsames-unternehmen-kdt-ju.html>
- KMU-innovativ: Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) – Kommunikationssysteme und IT-Sicherheit (KIS)
<https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMBF/kmu-innovativ-ikt-9596.html>
- „Connecting Europe“ (CEF) https://cinea.ec.europa.eu/programmes/connecting-europe-facility_en
 - Securing 5G Strategic Digital Infrastructures and Technologies TOPIC ID: DIGITAL-ECCC-2022-CYBER-03-SEC-5G-INFRASTRUCTURE
 - 5G coverage along transport corridors (CEF-DIG-2022-5GCORRIDORS)
 - 5G for Smart Communities (CEF-DIG-2022-5GSMARTCOM)

6 Umsetzung

6.1 Kurzfristige Umsetzungsziele

Die digitale Transformation ist ein Prozess, der Fahrt aufnimmt. Sie ist ein Marathon, der aber bereits begonnen hat. Wie im Bereich der Plattformgeschäftsmodelle, so gilt auch hier: „First Mover“ werden Vorteile gegenüber „Followern“ erzielen, weil sie auf der Lernkurve früher einsteigen und sich auch in die Weiterentwicklung der Technologie mit ihren spezifischen Anforderungen einbringen können. Das Internet nimmt keine Rücksicht darauf, wie ein Nutzer angebunden ist. Die digitalen Infrastrukturen müssen weiterentwickelt werden, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Hinsichtlich 5G schreitet die Spezifizierung der Technologie kontinuierlich voran. Ebenso ist damit zu rechnen, dass kurz- bis mittelfristig die Anzahl und damit die Auswahl von Endgeräten für Verticals ansteigen wird. Parallel wird die Entwicklung von 6G vorangetrieben, die maßgeblich auf den praktischen Erfahrungen mit 5G aufbauen wird.

Die Ergebnisse einer verstärkten Vernetzung von Akteuren, des Testens von Anwendungen in Testbeds mit dem nachfolgenden Wissenstransfer, müssen langfristig ausgelegt werden. Entsprechende Projekte müssen jedoch frühzeitig starten. Nur dann können beispielsweise die Ergebnisse in die (Weiter-)Entwicklung der Mobilfunkstandards einfließen. Das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie (MWAE) wird sich deshalb dafür einsetzen, dass die im Rahmen der Strategieformulierung entwickelten Projektideen schnell in eine Antrags- und Realisierungsphase kommen. Das Ministerium wird hier zwischen den Projekten koordinieren und plant mittelfristig ein 5G-Innovationsökosystem aufzubauen bestehend aus Wissenschaft, Unternehmen, Politik sowie Multiplikatoren.

Abbildung 6-1 illustriert nochmals Projektideen und die weitere Vorgehensweise des Strategieprozesses aus zeitlicher Sicht.

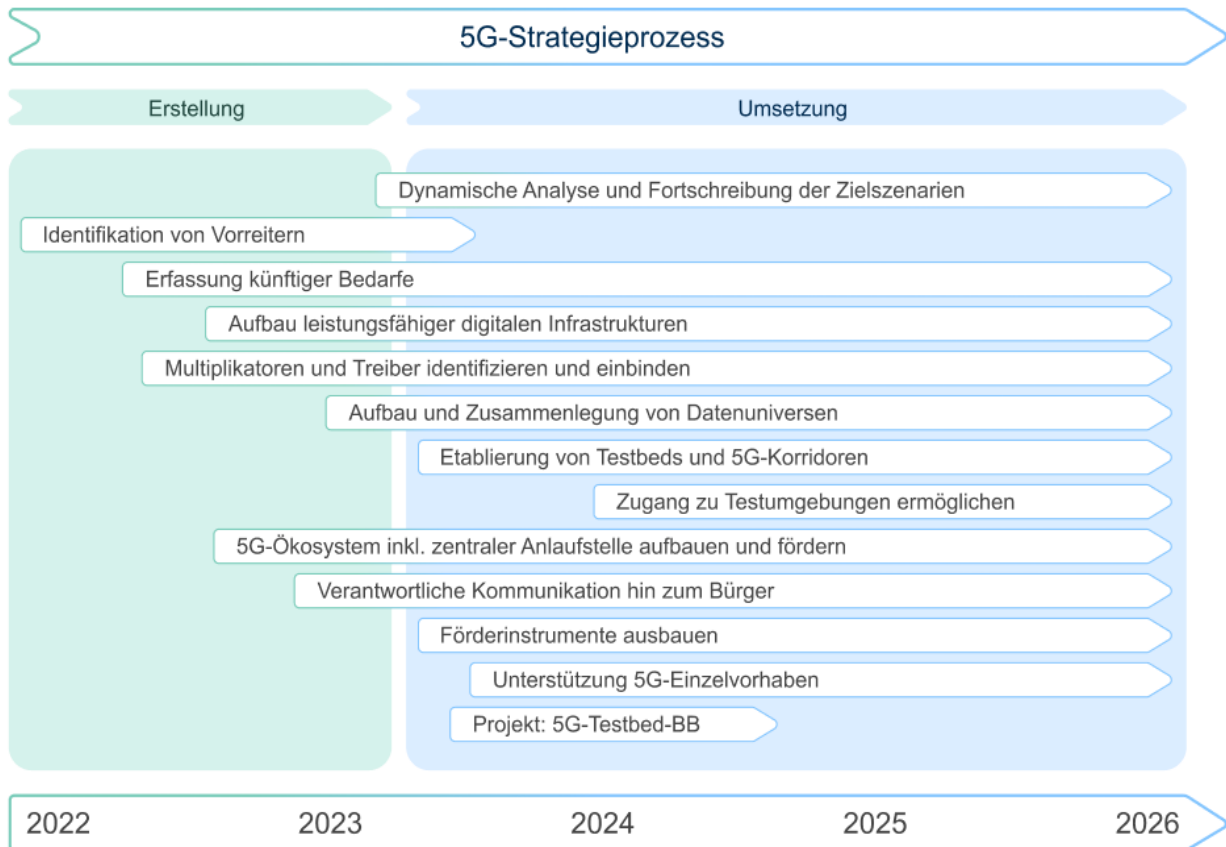


Abbildung 6-1: 5G-Strategieprozess mit Umsetzungsmaßnahmen im Zeitverlauf

Für die ersten Projektvorhaben wurde ein Förderantrag erarbeitet, um Bundesmittel einzuwerben. Die Bereitstellung weiterer finanzieller Mittel zur Umsetzung der Strategie bleibt den Haushaltsverhandlungen und der entsprechenden Bereitstellung durch den Haushaltsgesetzgeber vorbehalten.

Darüber hinaus lassen sich Potentiale in Brandenburg dann heben, wenn mit Akteuren außerhalb des Landes kooperiert wird. Zu nennen ist hier nicht nur die Kooperationen mit dem Land Berlin. Einige Akteure in Brandenburg haben bereits heute etablierte Netzwerke mit wissenschaftlichen Einrichtungen in Sachsen oder Bayern. Solche Vernetzungen werden weiter unterstützt bzw. aufgebaut. Ebenso wird es zur Bereitstellung von Konnektivität einen Austausch mit Akteuren in Polen geben. Auch bei diesen Aufgaben wird sich das MWAE einbringen.

Um die Umsetzung der Strategie nachzuverfolgen, wird das MWAE einen entsprechenden Prozess aufsetzen. In der Zwischenzeit sollen Vorhaben über die Einwerbung von Drittmitteln realisiert werden.

Eine Überprüfung der Strategie und der darauf aufbauenden Vorhaben wird Ende 2024 starten.

6.2 Mittelfristige Umsetzungsziele

Die in dieser Strategie identifizierten Handlungsfelder und Maßnahmen dienen zunächst dazu, potenzielle Nachfrager nach 5G-Diensten für diese neue Technologie zu sensibilisieren, damit die Nachfrager die Digitalisierung ihrer Geschäftsprozesse und -modelle vorantreiben können.

Ein weiterer Schwerpunkt der Strategie liegt darin, mit Testbeds ebenfalls die Angebotsseite zu stärken. Gerade die jüngsten geopolitischen Entwicklungen und die steigende Kritikalität von Telekommunikationsdiensten rücken drei Entwicklungstrends der Digitalisierung verstärkt in den Vordergrund:

- Bei der Hard- und Software besteht eine hohe Abhängigkeit von Unternehmen, bei denen sich sicherheitspolitische Fragen stellen.
- Die Konzentration im Angebotsmarkt wird gerade mit dem Wegfall von Herstellern weiter zunehmen, so dass einerseits „Lock-in-Effekte“ bestehen und andererseits der Innovationswettbewerb geschwächt wird. Beides sind Entwicklungen, die sich negativ auf den Standort Deutschland auswirken können.
- Die digitale Souveränität ist in Europa angesichts der Dominanz nicht europäischer Anbieter in digitalen Wertschöpfungsketten nur eingeschränkt vorhanden. Beim Weg in die Datenökonomie sind die Marktteilnehmer von wenigen außereuropäischen Anbietern abhängig, die gleichwohl auch in Deutschland über eigene Infrastrukturen verfügen.

Die drei Aspekte können kumuliert dazu führen, dass (weiterhin) wesentliche Teile der Wertschöpfung außerhalb Deutschlands stattfindet. Um diese Entwicklungstrends zumindest in Teilen umzukehren, ohne dabei die Leistungsfähigkeit der jeweiligen Netzinfrastrukturen zu verlieren, bedarf es deutlich größerer Anstrengungen, relevante Wertschöpfung wieder in Europa, Deutschland und Brandenburg anzusiedeln.

Die digitale Transformation in den verschiedensten Sektoren (der brandenburgischen Wirtschaft und in der Verwaltung) kann hierbei als Option angesehen werden, die bestehenden Entwicklungstrends, dass wesentliche Hard- und Software-Komponenten nicht mehr in Deutschland hergestellt und entwickelt werden, umzukehren oder zu bremsen. Die in Brandenburg heute etablierten Forschungszentren mit ihren Ausgründungen bieten Chancen, Wertschöpfung bei digitalen Prozessen wieder im Land zu etablieren. Dazu bedarf es der Entwicklung von (sektoralen) Märkten, auf denen heimische Unternehmen ihre Produkte absetzen können. Aus diesem Grund wird kurzfristig auf Maßnahmen zur Stärkung der Nachfrage gesetzt. Aus mittelfristiger Perspektive setzt die Strategie auf die Vernetzung mit dem Bund, anderen Bundesländern oder Regionen in Europa, um die sich bietende Option der sektoralen Digitalisierung (z.B. mit Campusnetzen) zur Ansiedlung neuer Hersteller zu nutzen. Damit werden Beiträge für mehr Innovationen und Wettbewerb auf der Angebotsseite geleistet. Verstreicht diese Option ungenutzt, stellt sich die Frage, ob überhaupt und wie technologische und wirtschaftliche Abhängigkeiten bei digitalen (Netz-)Infrastrukturen künftig reduziert oder vermieden werden können.

7 Zusammenfassung

5G wird dann eine Erfolgsgeschichte, wenn diese Mobilfunktechnologie als Bestandteil künftiger digitaler Geschäftsprozesse angesehen wird. 5G ist damit kein Selbstzweck. Auch wird es Bereiche in der Wirtschaft geben, die auf 5G in ihren Wertschöpfungsprozessen nicht angewiesen sind. In den Geschäftsprozessen, wo Daten aus Sicht von Angebot und Nachfrage erfolgskritisch und sensitiv sind, oder wo mit einer funkgestützten Konnektivität erst innovative digitale Anwendungen möglich und wirtschaftlich sind, kann 5G ein wesentlicher Treiber der Digitalisierung sein. Ziel der Strategie ist es deshalb, das Wissen über die Vor- und Nachteile verschiedenster Ausprägungen von 5G zu erheben und zu verbreitern, damit Unternehmen und Kommunen die für sie maßgeschneiderte Lösung finden können.

Wesentliche Maßnahmen der Strategie dienen deshalb der Erprobung und Verbreitung von Wissen über 5G-Anwendungen. Brandenburg verfügt hier über spezifische Voraussetzungen, wie beispielsweise regionale Flugplätze für drohnengestützte Anwendungen, die helfen können, den Weg für einen erfolgreichen Einsatz modernster Funktechnologien zu ebnen.

Die in der Strategie angelegten Maßnahmen sind des Weiteren darauf ausgelegt, die digitale Souveränität zu steigern. Dies geschieht, indem bereits frühzeitig die Entwicklung vertikaler Märkte unterstützt wird. So können sich neue regionale oder nationale Anbieter von Netzwerkkomponenten oder Software etablieren, die dabei ihr nationales Domänenwissen einbringen können. Dazu dient auch das kontinuierliche Einwerben von Fördermitteln, um den Ausbau von Netzinfrastrukturen, aber auch das Entwickeln und Testen von neuen Anwendungen zu unterstützen. Darüber hinaus wird im Lichte der Marktentwicklung geprüft, ob durch eigene Mittel, bspw. für Voucher, direkte finanzielle Unterstützungen geleistet werden können.

Insgesamt wird so ein 5G-Ökosystem entstehen, das insbesondere auch für den Mittelstand Angebote bereitstellt.



8 Literaturverzeichnis

AIT Austrian Institute of Technology (2021). 5G Supply Market Trends, SMART 2019/0024 LOT 2, S. 22.

Bundesnetzagentur (2022). Resilienz der Telekommunikationsnetze. URL: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Strategiepapier_Resilienz.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (abgerufen am 02.12.2022)

DotEcon/Axon (2018): Study on Implications of 5G Deployment on Future Business Models, Studie für BEREC, BoR (18) 23,

Europäischer Rechnungshof (2022). 5G-Einführung in der EU: Verzögerungen beim Auf- und Ausbau der Netze und ungelöste Sicherheitsprobleme. URL: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR22_03/SR_Security-5G-networks_DE.pdf (abgerufen am 05.12.2022)

European Commission (2022). 5G Observatory, Quarterly Report 15, Status in March 2022, Study on "European 5G Observatory phase III (CNECT/2021/OP/0008).

Fraunhofer FOKUS (2016). Netzinfrastrukturen für die Gigabitgesellschaft. URL: https://cdn0.scrvt.com/fokus/5468ae83a4460bd2/65e3f4ee76ad/Gigabit-Studie_komplett_final_einzelseiten.pdf (abgerufen am 05.12.2022)

Herlitzius, T. et al. (2022). Technology Perspective. In: Dörr, J., Nachtmann, M. (eds) Handbook Digital Farming. Springer, Berlin, Heidelberg.

Ministry of Energy, Tourism and Digital Agenda (2017). Spain's 5G National Plan 2018-2022. URL: https://advancedigital.mineco.gob.es/5G/Documents/plan_nacional_5G_en.pdf (abgerufen am 05.12.2022)

Loozen, T. (2021). How 5G providers can help industries to flourish. URL: https://www.ey.com/en_gl/tmt/how-5g-providers-can-help-industries-to-flourish (abgerufen am 05.12.2022)

Anlage zur 5G-Strategie

9 Projektideen

Bereits bei der Erstellung der 5G-Strategie wurden Projektvorhaben entwickelt, die die in Kapitel 5 genannten Handlungsfeldern und Maßnahmen konkretisieren. Nachfolgende Projektideen werden mittelfristig zur Entwicklung eines leistungsfähigen und sicheren 5G-Ökosystems für unterschiedliche Zielgruppen und Anwendungen im Land Brandenburg beitragen und dafür sorgen, dass übertragbare Angebote für mittelständische Unternehmen und IKT-Dienstleister zur Verfügung stehen werden.

Die nachfolgend aufgeführten Projekte sind nicht als abschließende finale Auswahl zu betrachten, sondern sollen vielmehr erste Ideen und konkrete Vorhaben zur Umsetzung der Strategie aufzeigen. Einzelne Projektideen sind bereits dahingehend konkretisiert worden, dass entsprechende finanzielle Mittel, die der Bund bereitstellt, zur Umsetzung genutzt werden.

Im Rahmen einer sich fortschreibenden Strategie werden neue Ideen hinzukommen und/oder bestehende Ideen neu bewertet werden müssen.

9.1 Projektvorhaben: Testbeds für spezifische, sektorale Anwendungen

Damit innovative Netztechnologien und deren Einsatz in Wertschöpfungsprozessen auf Akzeptanz im Markt stoßen, bedarf es der Darstellung ihrer Praxistauglichkeit. Dazu gibt es in Brandenburg bereits verschiedene Testmöglichkeiten im Zusammenhang mit 5G (z. B. auf dem iCampus Cottbus). Die Erfahrungen mit den heutigen Testmöglichkeiten zeigen aber, dass die Testumgebungen nicht für jeden Sektor gleichermaßen geeignet sind, da bestimmte Infrastrukturen, Fachkompetenzen und Anwendungen damit einhergehen. So unterscheiden sich Testumgebungen im Bereich der Robotik oder des autonomen, vernetzten Fahrens (einschließlich fahrerlose Flurförderzeuge), Augmented Reality (AR) oder im Bereich von Drohnenanwendungen deutlich.

Angesichts unterschiedlicher Netztechnologien, die aktuell entwickelt und/oder am Markt angeboten werden, bedarf es zudem spezifischer Testumgebungen, um insbesondere Mehrwerte neuer Technologien im Bereich der Netzinfrastrukturen darstellen zu können (z. B. Open RAN versus „konventionelle“ Technik im Zugangsnetz). Erst dadurch können Fragestellungen im Bereich Resilienz, Sicherheit und Nachhaltigkeit, insbesondere für KMU, ausreichend beantwortet bzw. demonstriert werden.

Aktuelle Herausforderungen bestehen in der Härtung der Mobilfunknetze (inkl. Campusnetze) und ihrer Vertrauenswürdigkeit. Deshalb werden in allen Testbeds Fragen der nachhaltigen Energieversorgung und der Einsatz sicherer Hardware getestet. Insbesondere der Einsatz europäischer 5G-Komponenten soll gefördert werden. Komponenten von Herstellern außerhalb der EU sollen nur eingesetzt werden, wenn es für diese Komponenten keine

europäischen Alternativen gibt. Ihre Funktion soll dann durch europäische Hardware kontrolliert werden.

Damit 5G und innovative Netztechnologien vermehrt genutzt bzw. entwickelt werden, bedarf es verstärkt sektoraler Testbeds, die 5G im spezifischen Umfeld der Anwendung testen und validieren. Hierbei werden die Testbeds so konzipiert, dass sie Anwendungen mit unterschiedlichen Netztechnologien (z. B. konventionell versus Open RAN, Huawei vs. europäische 5G-Technik) testen können, um nachfolgend Unternehmen auch Erkenntnisse bei der Migration von Technologien bereitstellen zu können.

Gespräche mit Unternehmen, die sich für 5G-Anwendungen interessieren, zeigen, dass es entweder zu wenige Endgeräte gibt, die in einem Campusnetz genutzt werden können oder am Markt verfügbare Endgeräte können sich nicht in das jeweilige Campusnetz, aufgrund fehlender Schnittstellen, einbuchen. Die Testbeds werden einen Beitrag für mehr Interoperabilität leisten, so dass die Anwendungen von möglichst vielen unterschiedlichen technischen Realisierungen unterstützt werden können.

Im Einzelnen wird der zeitnahe Aufbau, Ausbau und Betrieb von folgenden Testbeds vorangetrieben.

9.1.1 Testbeds für drohnengestützte 5G-Anwendungen an Flugplätzen

Zielgruppe: Flugplatzbetreiber, Kommunen, Logistikdienstleister, Flugzeugausrüster (Avionik), Luftfahrttechnische Betriebe (Avionik, Maintenance), Drohnen-Dienstleister
Fokus: IT-Sicherheit, Drohnen für Logistik, Brand- und Katastrophenschutz

Mehrere Testbeds für innovative Netztechnologien sollen an unterschiedlichen Flugplätzen in Brandenburg zur Entwicklung und Demonstration verschiedener use cases aufgebaut werden. Gemeinsames Ziel ist es, neue innovative 5G-Anwendungen mit Wissenschaft, Kommunen und mittelständischen Partnern durch den Zugang zu 5G-Campusnetzen an unterschiedlichen Flugplätzen zu entwickeln.



Ein wichtiger Aspekt bei den Testbeds liegt im Bereich IT-Sicherheit, z.B. auf Maßnahmen zur Identifikation und Behebung von (Teil-)Störungen, bspw. durch externe Angriffe und der Entwicklung von Gegenmaßnahmen. Hierbei soll der Nachweis zum sicheren und gesetzeskonformen Betrieb der Drohnentechnik vorangetrieben und unter Ausschluss von, bzw. Reaktion auf, Störungen im 5G-Netz modellhaft untersucht werden.

Im Rahmen der verschiedenen Testbeds ist die Erforschung verschiedener Teilbereiche geplant, u.a.:

- Die Erprobung von Drohnen im Bereich der Medienlogistik, welche im Sinne einer Grundversorgung die Zustellung von Zeitungen, Briefen und weiteren Medien im ländlichen Raum wirtschaftlich sicherstellen könnte.
- Der Einsatz und die Steuerung von Drohnen in unterschiedlichen Use Cases, vor allem im Zusammenspiel mit Fragen zur Sicherheit der 5G/6G Netze.
- Die Erprobung des vernetzten automatischen Fliegens an und zwischen mehreren Verkehrslandeplätzen und 5G-Netzfeldern.
- Automatisierte Bodendienste mittels Drohnen zur effizienten und sicheren Inspektion der Flugbetriebsflächen.
- Entwicklung und Einsatz von AR-gestützten Assistenzsystem, die aufbereitete Wetterinformationen sowie technische Informationen bei Start- und Landung abbilden.
- Drohnengestützte Übertragung von Thermal- und Videodaten von Löscheinsätzen zur Einsatzleitstelle.

9.1.2 Testbed für Robotik

Zielgruppe: Produzierende Unternehmen, Maschinen- und Werkzeughersteller, Logistiker
 Fokus: Vergleich Netztechnologien, Robotik, autonome Flurfahrzeuge

Der Einsatz von Robotern ist für KMU mit hohen Einstiegshürden verbunden, da neben den Anschaffungskosten ebenfalls hohe Kosten für die Programmierung anfallen, was insbesondere bei kleinen Losgrößen oft eine Herausforderung darstellt. In diesem Testbed sollen u.a. Nutzungsszenarien (Use Cases) entwickelt werden, welche die Kosten für die Programmierung reduzieren und den Einsatz von Robotern in KMU attraktiver machen.



Darüber hinaus können Unternehmen die Unterschiede, Herausforderungen und Sicherheitsaspekte der verschiedenen Netztechnologien anhand von konkreten Beispielen verstehen und so die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten sowie deren Vor- und Nachteile für die eigenen Unternehmensumgebungen, vor allem im Bereich Automatisierung und Robotik, besser ableiten.

Ziel wird es sein, verwertbare Use Cases rund um die Themen IoT, KI und Robotik entstehen zu lassen u.a.:

- KI-basiertes digitales Assistenzsystem mit Datenhandschuhen
- Robotersteuerung mithilfe von Gestenerkennung
- Einbindung autonomer Flurfahrzeuge in Fließbandanlage

Auch der sichere Betrieb des 5G-Campusnetzes im Zusammenhang mit Produktionsumgebungen wird ein Forschungsbereich im Testbed für Robotik sein.

9.1.3 Testbed smart-Campus

Zielgruppe: Unternehmen, öffentliche Einrichtungen und Verwaltung

Fokus: AR-Leitsysteme, Netztechnologien, Barrierefreiheit, Building Interaction

Über ein 5G-Campusnetz können innovative Leitsysteme mit AR und KI sowie Anwendungen im Bereich „Building Interaction“ für öffentliche Einrichtungen entwickelt und erprobt werden.

Im Testbed werden u.a. Technologien aus dem Bereich AR und IoT eingesetzt und die Möglichkeiten und Grenzen von Wifi-6 gegenüber 5G herausgearbeitet werden, um Unternehmen und öffentlichen Institutionen fundierte Grundlagen für Investitionsentscheidungen zu geben - auch unter Berücksichtigung der sicherheitsrelevanten Parameter.



Konkret werden mit Hilfe von AR-Technologien die Nutzer mit Informationsangeboten versorgt und die Möglichkeiten und Grenzen der Interaktion erprobt werden.

Bestandteil der Evaluation sind unterschiedliche State-of-the-Art Netztechnologien ebenso wie die für Nutzer verfügbaren Endgeräte und Unterstützungssysteme von Mobiltelefonen über AR-Brillen bis hin zu humanoiden Robotern. Die Use Cases im Leitsystem reichen von der Bereitstellung statischer Informationen über die Dynamisierung, des weiteren Personalisierung bis hin zu Diensten für Personengruppen mit besonderen Bedürfnissen an Unterstützung. Diese use cases sind relevant für alle öffentlichen oder kulturellen Einrichtungen und Verwaltungen, die mit Besuchern interagieren.

Im Bereich von „Building Interaction“ werden Use Cases implementiert, die darauf zielen, Akzeptanz und Performanz ausgewählter Anwendungen, wie bspw. Gebäudeüberwachung, aber auch Assistenzsysteme zu erproben und erforschen.

Tabelle 9-1: Beurteilung der Testbeds

Machbarkeit	Kurz- bis mittelfristig umsetzbar, da auf Vorarbeiten und bestehende Infrastrukturen aufgebaut werden kann und Bundesmittel zur Förderung genutzt werden können
Relevanz	Hohe Relevanz, um im gesamten Land Brandenburg praxisnahe Use Cases zu entwickeln und ein 5G-Ökosystem aufzubauen
Beteiligte	Universitäten und Hochschulen sowie Unternehmen, DABB, Öffentlichkeit
Ressourcen	Für die Testbeds können Mittel des Bundes (z.B. InnoNT) genutzt werden
Mögliche Herausforderung und Restriktionen	Nachhaltigkeit der Testbeds nach Auslaufen der Bundesförderung Aktivierung der Unternehmen, eigenen Vorhaben zu starten

9.2 5G-Atlas für 5G-Transparenz

Zielgruppe: Unternehmen, Kommunen, Wirtschaftsförderungen, Wissenschaft und Politik

Fokus: Transparenz von Infrastrukturen im 5G-Netz

Bisher werden über verschiedene Portale des Bundes und des Landes Informationen über leitungsgebundene und funkgestützte Netzinfrastrukturen bereitgestellt. Das Gigabit-Grundbuch des Bundes wird die Qualität der Daten über vorhandene Netzinfrastrukturen verbessern. Ziel ist es, die Entwicklung des 5G-Atlas als Anwendung zur Planung und Dokumentation von 5G-Campusnetzen inkl. deren verwendeter IKT-Komponenten transparent abzubilden. Damit wird ein Beitrag zur Härtung von Mobilfunkinfrastrukturen analog zu kritischen Infrastrukturen geleistet werden. So können frühzeitig mögliche Abhängigkeiten von autokratisch regierten Drittländern bzw. Anbietern, die ggf. solche IKT-Produkte nutzen, aufgezeigt und gemieden und Technologien und Infrastrukturen zur Entwicklung innovativer Anwendungen geschützt werden.



Mit dem 5G-Atlas können unter Nutzung eines Sicherheitskonzeptes Angebote (aktive und passive Netzinfrastrukturen) und potenzielle Nachfrager sowie geplante und bestehende Forschungsvorhaben gemeinsam betrachtet werden. Anforderungen an Testinfrastrukturen mit bestimmten Anforderungen an Sicherheit und bestimmten Hardwarekomponenten können einfacher für potentielle Nachfrager aus der öffentlichen Verwaltung und für Unternehmen sichtbar gemacht werden.

Eine solche Darstellung erlaubt einen Transfer von Informationen über erprobte Lösungen bzw. Lösungen, die bereits im Regelbetrieb laufen, zu bewerkstelligen. Interessierte Nachfrager, also Unternehmen, aber auch Verwaltungen oder Bürger, können so einfach feststellen, wo es in ihrer Nähe 5G-Netze, -Vorhaben und -Anwendungen gibt und ob es Infrastrukturen sind, zu denen sie Zugang haben, bspw. zum Testen eigener Anwendungen.

Gerade bei horizontalen Aspekten der Digitalisierung, die über Branchengrenzen hinweg realisiert werden, bestehen heute Informationsdefizite. Mit einem solchen Informationsangebot werden auch die Voraussetzungen einer besseren Vernetzung bei horizontalen Aspekten der Digitalisierung (z. B. bei der Intralogistik in verschiedenen Branchen) geschaffen, von der insbesondere KMU profitieren können.

Das MWAE wird in alle Entwicklungsschritte die BNetzA und den Länderarbeitskreis (LAK) TIP einbinden.

Hinsichtlich der oben genannten Kriterien fällt die Analyse wie folgt aus:

Machbarkeit	Einzelne Kerndaten, die für das Projekt benötigt werden, liegen bei verschiedenen Akteuren vor. Erfahrungen zur Umsetzung einer digitalen Plattform mit Geodaten liegen ebenfalls vor; bestehende Ansätze und Ressourcen können gebündelt werden und es kann auf Vorarbeiten aufgesetzt werden.
Relevanz	Der 5G-Atlas dient einer besseren und nachhaltigen Vernetzung in einem dynamischen Umfeld und Erhöhung der Transparenz bezüglich der Infrastrukturen und aktuellen Vorhaben; die Relevanz wird als sehr hoch eingestuft.
Ressourcen	Für die Projektumsetzung können Mittel des Bundes beantragt werden
Mögliche Herausforderung und Restriktionen	Datenverfügbarkeit auf der Angebotsseite Datenpflege

Tabelle 9-2: Beurteilung des 5G-Atlas

9.3 5G-Kompetenzzentrum

Zielgruppe: Unternehmen, Kommunen, Wirtschaftsförderungen, Wissenschaft und Politik
 Fokus: Vernetzung der Akteure, Monitoring, Kommunikation und Sichtbarmachung der 5G Aktivitäten.

Damit die Aktivitäten und Erkenntnisse in den Testbeds gebündelt werden und ein stetiger Wissenstransfer gewährleistet ist, wird ein entsprechendes Kompetenzzentrum etabliert.

Das 5G-Kompetenzzentrum ist zum einen Anlaufstelle für KMU und unterstützt diese durch kostenfreie, praxisbezogene und wissenschaftlich fundierte Informationen, in Form von Veranstaltungen und Workshops, bei der Umsetzung eigener 5G-Vorhaben.



Zum anderen baut es ein leistungsfähiges 5G-Netzwerk unter Beteiligung von Unternehmen, Institutionen, Verbänden, Ministerien, Kommunen, Forschung und Wissenschaft auf, fördert die Vernetzung untereinander und stellt erlangte Erkenntnisse allen Interessierten zur Verfügung. Hier könnte es beispielsweise durch die Etablierung einer dauerhaften „5G-Vorreiter“-Arbeitsgruppe mit Unternehmen, die 5G-Projekte umsetzen, einen Beitrag für ein dauerhaftes Netzwerk leisten. Das Ziel ist, diese aktiv und nachhaltig zu vernetzen und frühzeitig bei der Umsetzung von 5G-Vorhaben über Hemmnisse und Bedarfe direkt aus der Praxis informiert zu werden. Bereits bestehende Arbeitsgruppen können in die neue Struktur integriert werden, um Doppelstrukturen zu vermeiden.

Hauptaugenmerk des Zentrums liegt auf dem Wissens- und Technologietransfer, darüber hinaus werden die Use Cases aufbereitet und in den 5G-Atlas überführt. Die KMU werden befähigt, neue technologische Anwendungen zu verstehen und im eigenen Unternehmenskontext zu nutzen und somit ihr Unternehmen nachhaltig und wirtschaftsfähig zu gestalten. Als Basis für die Weiterentwicklung der Use Cases in verständliche und adaptierbare Showcases werden u. a. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Resilienz und Sicherheit bestehender Produktions-, Vertriebs-, Verwaltungs- und Wertschöpfungsstrukturen berücksichtigt.

Dem Zentrum kann auch die übergeordnete Kommunikation aller 5G-Vorhaben und die Erstellung von Konzepten zur Förderung von Einzelvorhaben übertragen werden.

Ein weiterer wesentlicher Aufgabenbereich des Zentrums liegt in der Bündelung von Wissen, um an nationalen oder europäischen Förderprogrammen teilnehmen zu können, sowie der Verzahnung mit Aktivitäten in anderen Bundesländern.

Des Weiteren wird im Kompetenzzentrum das Wissen im Bereich Cybersicherheit, Künstliche Intelligenz und 5G gebündelt, um gerade KMU zielgerichtet und anbieterneutral informieren zu können. Ebenso wird der Wissenstransfer im Hinblick auf die Chancen und Herausforderungen von 5G für KMU (Endgeräteproblem Apple, Sensorik) aufbereitet werden.

Es soll geprüft werden, ob ein Teilprojekt im Zentrum auch die Betreuung der Datenbank mit potenziellen Standorten für Mobilfunksendeanlagen auf öffentlichen Liegenschaften mit einem transparenten, nachvollziehbaren Preismodell und deren Übertrag in den 5G-Atlas gehört sowie potenzielle Standorte für Smart Cells eingebunden werden.

Machbarkeit	Kurz- bis mittelfristig umsetzbar, da auf Vorarbeiten und bestehende Infrastrukturen aufgebaut werden kann und Bundesmittel zum Aufbau genutzt werden können
Relevanz	Hohe Relevanz, um im gesamten Land Brandenburg die 5G-Aktivitäten zu bündeln und eine zentrale Anlaufstelle zur Verfügung zu stellen sowie ein 5G-Ökosystem und zugehörige Netzwerkaktivitäten zu etablieren
Beteiligte	Alle 5G-Akteure im Land unter Federführung der THB
Ressourcen	Für den Aufbau können Mittel des Bundes genutzt werden
Mögliche Herausforderung und Restriktionen	Etablierung des Zentrums in der Fläche und Einbindung in die zentralen Aktivitäten des Landes und Bundes (häuserübergreifend)

Tabelle 9-3: Beurteilung Kompetenzzentrum

9.4 5G-Entwicklungskorridore

In geförderten Projekten werden heute zumeist die öffentlichen und privaten Mobilfunknetze getrennt betrachtet. Künftig ist aber zu erwarten, dass es hier zu einer Zusammenarbeit in dem

Sinne kommen muss, dass Anwendungen, die auf einem privaten Campusnetz initiiert werden, auch ohne nennenswerte Unterbrechung in einem öffentlichen Netz weiterlaufen, um unter Berücksichtigung von Mobilität ggf. in einem privaten Campusnetz terminiert zu werden (z. B. in einem Logistikprozess).

Vor diesem Hintergrund wird untersucht, ob mit öffentlichen Mobilfunknetzbetreibern so genannte 5G-Entwicklungskorridore zu entwickeln sind, die beispielsweise dann im Bereich Mobilität entsprechende Anwendungen unterstützen können. Zum anderen können 5G-Campusnetze miteinander verknüpft werden.

Ein Beispiel für die Verknüpfung neuer, disruptiver Anwendungen in 5G-Entwicklungskorridoren ist die Verknüpfung der 5G-Campusnetze auf mehreren Flugplätzen. In diesen können beispielsweise öffentliche und private Mobilfunknetze hinsichtlich der Bereitstellung der Konnektivität zusammenarbeiten. Ebenfalls kann überprüft werden, wie solche Szenarien rechtlich/regulatorisch umgesetzt werden können. Solche Korridore sind auch für Anwendungen in der Landwirtschaft, Wald- und Wasserwirtschaft, Wasseranalytik und dem unbemannten Flugverkehr, Logistik in den Bereichen autonomes Fahren und der Binnenschifffahrt von Interesse. Das gleiche gilt für Use Cases im Bereich Gesundheit, bspw. bei der Übermittlung von Daten mit bildgebenden Verfahren aus dem Krankenkraftwagen an das Krankenhaus.

Auf der Kabinettsitzung vom 29. März 2022 der Landesregierung Brandenburg und des Senats von Berlin, bekräftigten die Länder Berlin und Brandenburg mittels Entwicklungsachsen entlang vorhandener überregionaler Schieneninfrastrukturen, neue länderübergreifende Kooperationen anzustoßen und somit mehr Synergien zwischen dem Flächenland Brandenburg und der Metropole Berlin zu nutzen. Auch diese Entwicklung kann im Zusammenhang mit den 5G-Korridoren deren Entwicklung vorantreiben.

9.5 Unterstützung von 5G-Einzelvorhaben mit hoher Übertragbarkeit

Auch außerhalb der Testbeds ist geplant, Einzelvorhaben mit hoher Übertragbarkeit auf andere Unternehmen oder mit einer großen Auswirkung auf gesellschaftliche Belange bei der Informationsverbreitung (Wissenstransfer) zu unterstützen. Zielführend ist die Unterstützung weiterer Einzelvorhaben in zahlreichen Bereichen wie bspw.:

- AR im Tourismus: Neue Informationsangebote in Kopplung mit Naturschutz und Bildung
- Gesundheitsbranche: Übertragung von Versorgungsdaten und Telemedizinanwendungen
- Naturschutz: Waldumbau / Waldschutz, Wasserqualität
- Ressourcenschonung: Energieeffizienz, Wasserverbräuche monitoren und minimieren
- Zukunftsfähigkeit der Gewerbegebiete: Sicherheit, Monitoring, Wartung
- Bildung und Gesellschaft: AR als Instrument der Informationsübermittlung im Bereich Naturschutz, Geschichte, Politik, Infrastruktur
- ÖPNV: Steigerung der Attraktivität des ÖPNV und Aufbau von smarten Mobilitätsdrehscheiben an Bahnhöfen (e-Mobilität und Informationen)

Welche Bereiche von den oben genannten durch welche konkreten Maßnahmen des MWAE in seiner Rolle als Projektkoordinator unterstützt werden, hängt maßgeblich vom Reifegrad der jeweiligen Projekte ab.

9.5.1 AR-gestützte, datenintensive Anwendungen für Tourismus und Naturschutz

Zielgruppe: Tourismusunternehmen, Urlauber, Schulen, Kommunen, Naturschutzverbände

Fokus: Erweiterte Outdoor-Aktivitäten und Förderung von Umweltschutz

Über Augmented Reality (AR) können Aktivitäten in der realen Welt mit visuellen Daten angereichert werden. Lehrpfade können virtuell erweitert und reale Orte und Umgebungen mit zusätzlichen Informationen zu Pflanzen, Tieren und ökologischen Zusammenhängen ergänzt werden. Darüber hinaus können vergangene Zeiten erlebbar gemacht werden, indem historische Besonderheiten, ausgestorbene Tiere oder Kulturschätze direkt vor Ort visualisiert werden. Mögliche Projekte sind AR-gestützte Führungen, Touren und Wanderungen ebenso wie Umweltbildungsprojekte oder neue Formate für den Biologie-, Erdkunde- und Geschichtsunterricht. Durch neue Formen der Visualisierung und der Audiowiedergabe können auch Menschen mit Beeinträchtigung Informationen barrierefrei erleben.

5G ermöglicht zudem die Liveübertragung großer Datenmengen aus ländlichen und insbesondere abgelegenen Regionen beispielsweise von Bilddaten und deren Auswertung zu Forschungszwecken oder für die jüngeren Zielgruppen auch, um ihre Erlebnisse live in ihren sozialen Netzwerken zu teilen. Insbesondere für touristisch und ökologisch spannende Orte entstehen so echte Mehrwerte und neue Zielgruppen können gewonnen werden. Zusätzlich können Projekte im Bereich Citizen Science unterstützt werden, bei denen große Datenmengen (live) durch die Bevölkerung erfasst und geteilt werden, bspw. zur Artenerfassung, Wasserverschmutzung, Dokumentation von Veränderungsprozessen, etc.

Diese Daten können dann von Experten oder mittels KI ausgewertet werden. So können Veränderungen, Verschmutzungen, Störungen schneller erkannt und analysiert werden.

9.5.2 Mobiles MRT im Gesundheitsbereich

Zielgruppe: Patienten, niedergelassene Ärzte, Kliniken, Kommunen im ländlichen Raum

Fokus: Mobile Nutzung von Datenmengen bspw. MRT-Daten aus dem Krankenwagen

Die Nutzung und das Teilen von digitalen Daten nehmen einen immer größer werdenden Schwerpunkt in der klinischen und vernetzten Versorgung ein – Daten entstehen überall an zentralen und dezentralen Orten innerhalb der medizinischen Versorgungskette.

Die Transparenz von Daten entscheidet immer mehr auch über den Verlauf und die Versorgungssicherheit von Patienten – insbesondere in akuten wie auch diagnostischen Kontexten innerhalb der Behandlung. Aufgrund der Bandbreiten und Interoperabilität zwischen unterschiedlichen digitalen Dokumentationssystemen wird es immer wichtiger, diese nachhaltig, schnell und sicher zu vernetzen. Einzelne Kliniken betreiben bspw. einen MRT-

Truck sowie einen Mammographie-Screening-Truck, um die dezentrale Versorgung im ländlichen Raum sicherzustellen und jedem Bürger die Für- und Vorsorge bereitzustellen, die sich am Stand modernster medizinischer Technik orientiert. Die 5G Technologie kann hier einen unmittelbaren Nutzen zur optimierten medizinischen Versorgung mittels mobilem MRT beitragen und die telemedizinischen Prozesse, durch die Anbindung der Rettungsdienste an die klinische IT-Infrastruktur, deutlich verbessern und eine optimale Diagnostik und Therapie gewährleisten.

9.5.3 Nutzung von gemeinsamen Daten im Gewerbegebiet/ Industriepark

Zielgruppe: Zulieferer, Betriebsfeuerwehren, Sicherheitsdienste

Fokus: Übermittlung und Austausch von Daten innerhalb eines Industrieparks

Nutzung von Campusnetzen zu Erforschung und Erprobung der Schlüsseltechnologie 5G und 6G, um diese auf die industriellen Bedürfnisse insbesondere in Industrieparks anzupassen.

Insbesondere in großen Industrieparks, bspw. der chemischen Prozessindustrie oder bei Energieerzeugern, mit mehreren Nutzern und mit besonderen Sicherheitsanforderungen wird die gemeinsame Erprobung von Anwendungen und die Standardisierung von 5G und 6G im Sinne vorangetrieben. Herausfordernd ist hier der einfache und direkte Austausch von Daten bei besonders anspruchsvollen und sicherheitskritischen Anwendungen. Der Fokus liegt dabei auf der Definition und Überprüfung von Services und Sicherheitsanforderungen, die bei der gemeinsamen Nutzung von Netzinfrastrukturen entstehen, sowie die Gewinnung von neuen Erkenntnissen über die technischen Potentiale von 5G und 6G.

9.5.4 Autonomes Fahren

Zielgruppe: PKW-, LKW- und Bus-Hersteller, Prüf- und Zertifizierungsorganisationen

Fokus: Entwicklung, Erprobung und Testen des autonomen Fahrens

Weiter ausgebaut werden künftig auch Testumgebungen, um das vernetzt-automatisierte Fahren für den Einsatz im Wirkbetrieb vorzubereiten und um intelligente Mobilität über verschiedene Fahrszenarien hinweg zu erproben. Geplant sind der Aufbau von Stadt- und Land-Szenarien, um autonom fahrende Fahrzeuge mit sich verändernden und unvorhersehbaren Verkehrsszenarien zu konfrontieren. Die Simulation der Szenarien und die Ansteuerung der Fahrzeuge muss in Echtzeit erfolgen und verbessert sich mit den geringen 5G-Latenzzeiten. Aber auch der Ausbau der Kommunikation der Fahrzeuge untereinander, die Berücksichtigung von sensorbasierten Verkehrsinformationen in Echtzeit, die Kommunikation mit Leitstellen, die Entwicklung neuer Assistenzsystemen sowie Infotainment sind Bereiche, die mittels 5G/6G vorangetrieben werden sollen.