



VISE

Virtuelles Institut Smart Energy

VISE Policy Brief

Juni 2020

5G in der Energiewirtschaft

Potentiale von 5G für den Energiesektor

Autoren



Institut für Systemforschung
der Informations-, Kommunikations-
und Medientechnologie

Thi Bich Phuong Nguyen
Lena Weigelin

Kontakt



E-Mail: info@smart-energy.nrw

Website: www.smart-energy.nrw

Gefördert durch



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Zielsetzung	1
2	5G – Grundlagen	3
2.1	Die Entwicklungsgeschichte der Mobilfunktechnologie im Überblick.....	3
2.2	Was ist 5G? Leistungsmerkmale und technische Eigenschaften	4
2.3	Vergleich 5G und 4G-LTE-A im Überblick.....	8
2.4	5G aus Sicht der Experten	9
3	Potentiale von 5G für die Energiewirtschaft	10
3.1	Einsatzmöglichkeiten von 5G im Bereich Erzeugung und Netze.....	13
3.2	Einsatzmöglichkeit von 5G im Bereich Vertrieb und Messwesen	15
3.3	5G-Einsatz für Predictive Maintenance	17
3.4	Neue Geschäftsmodelle und Marktreife von 5G in der Energiewirtschaft	19
4	Zusammenfassung und Ausblick	20
5	Literaturverzeichnis	22

1 Einführung

1.1 Ausgangssituation

Seit der Energiewende verändert sich das Energiesystem, welches aus wenigen, großen, planbaren und zentralen Energieerzeugungsanlagen mit anschließender unidirektionaler Verteilung bestand, massiv. Das konventionelle Energiesystem wird immer mehr durch zahlreiche kleinere dezentrale Erzeugungsanlagen erneuerbarer Energien ersetzt. Daraus resultieren neue Anforderungen und es bedarf einer schnell reagierenden IKT-Infrastruktur, um der Komplexität von Betriebsabläufen und Systemen in der Energiewirtschaft gerecht zu werden.

Hinzu kommt die fortschreitende Digitalisierung, die alle Lebens- und Wirtschaftsbereiche sowie industrielle Sektoren betrifft. Durch die digitale Transformation wird die traditionelle Energiewirtschaft enorm verändert. Die energiewirtschaftliche Wertschöpfungskette wird deutlich mehr von Daten dominiert, als es bislang vorstellbar war. Die reale und virtuelle Welt wachsen zusammen, Energiemarkt und IT verschmelzen miteinander. Dabei werden nicht nur Geräte, sondern auch Prozesse und Produkte über die gesamte Wertschöpfungskette digitalisiert und vernetzt. Die klassischen Versorgungsprodukte werden immer mehr durch neue digitale Dienstgüter substituiert. [1]

Die digitale Transformation in der Praxis wurde begonnen und leistet einen wesentlichen Beitrag zum Gelingen der Energiewende in Deutschland.

Eine Vielzahl von neuen, digitalen und smarten Technologien wie bspw. Internet of Things (IoT), Künstliche Intelligenz (KI), Robotic Process Automation (RPA), Blockchain usw. gewinnen an großer Bedeutung der Energiewirtschaft. Einige Geschäftsmodelle, die auf diesen Technologien basieren, sind bereits realisiert. Intelligente digitale Anwendungen und Konzepte wie beispielweise Smart Metering, Smart Home, Virtuelle Kraftwerke usw. sind in der Entwicklungsphase und haben erste Anwendungen im Energiesystem gefunden, die beispielweise in den Policy Brief durch das VISE analysiert worden sind.(s. Literatur Nr. [2] [3] [4] [5] [6])

Ein flexibles, digitales und vernetztes intelligentes Energiesystem erfordert als Basis-Infrastruktur ein leistungsfähiges Informations- und Kommunikationsnetz mit einer sehr hohen Leistungsfähigkeit in Hinsicht auf Datenrate, Latenz und Zuverlässigkeit sowie Energieeffizienz.

1.2 Zielsetzung

Die fortlaufende Innovation der digitalen Technologien und technischen Veränderungen in der Energiewirtschaft zu erfassen und für den Bereich Smart Energy wissenschaftlich auszuwerten, ist ein Ziel des Teilprojektes 1 VISE (Virtuelles Institut Smart Energy). In dieser Arbeit werden die Relevanz und Einsatzmöglichkeiten des nächsten Mobilfunkstandards 5G für die Energiewirtschaft betrachtet und analysiert in folgenden Punkten:

- Einführung in die Thematik 5G und Analyse der relevanten Anwendungsszenarien für den Energiesektor.
- Identifikation von Potentialen und Monitoring von Forschungsprojekten von 5G für die Energiewirtschaft.
- Einschätzung der Marktreife und zukünftige Entwicklung von 5G-Technologie speziell für die Energiewirtschaft mit Ausblick in die Zukunft.

2 5G – Grundlagen

Bevor eine Perspektive auf die Potentiale von 5G für die Energiewirtschaft aufgezeigt werden kann, werden in diesem Kapitel einige der spezifischen Eigenschaften von 5G und deren Anwendungsmöglichkeiten in den verschiedenen Bereichen näher beschrieben sowie relevante Anwendungsszenarien für den Energiesektor erörtert. Die Unterschiede des Leistungsspektrums zwischen 5G und der Vorgängertechnologie 4G werden kurz erläutert und dabei die Leistungseinschränkungen bei 4G aufgezeigt.

2.1 Die Entwicklungsgeschichte der Mobilfunktechnologie im Überblick

Die Mobilfunktechnologie bezieht sich auf technische Verfahren, die die Verbreitung und Übertragung von Funksignalen und Komponenten für den Betrieb eines Mobilfunknetzes ermöglichen [7]. Die folgende Grafik (Abb. 1) gibt einen Überblick über die Veränderung der Datenübertragungsrate der jeweiligen Mobilfunkgeneration von der ersten bis zur fünften Generation.

Die **erste Mobilfunkgeneration** 1G (A-, B-, C-Netz) wurde für die analoge Sprachübertragung auf der Funkschnittstelle zwischen Mobilfunktelefon und Basisstation eingesetzt.

Für eine bessere Qualität der Sprachübertragung sowie der Datendienste (z.B. SMS, Fax) wurden erste digitale Übertragungsverfahren mit der **zweiten Generation** (GSM – Global System for Mobile Communication) eingeführt. Dadurch wurde der Zugang zur mobilen Kommunikation ermöglicht. Datendienste wie z.B. Videokonferenz, der mobile Zugriff auf Daten aus dem Internet wurde durch die **dritte Generation** (z.B. UMTS – Universal Mobile

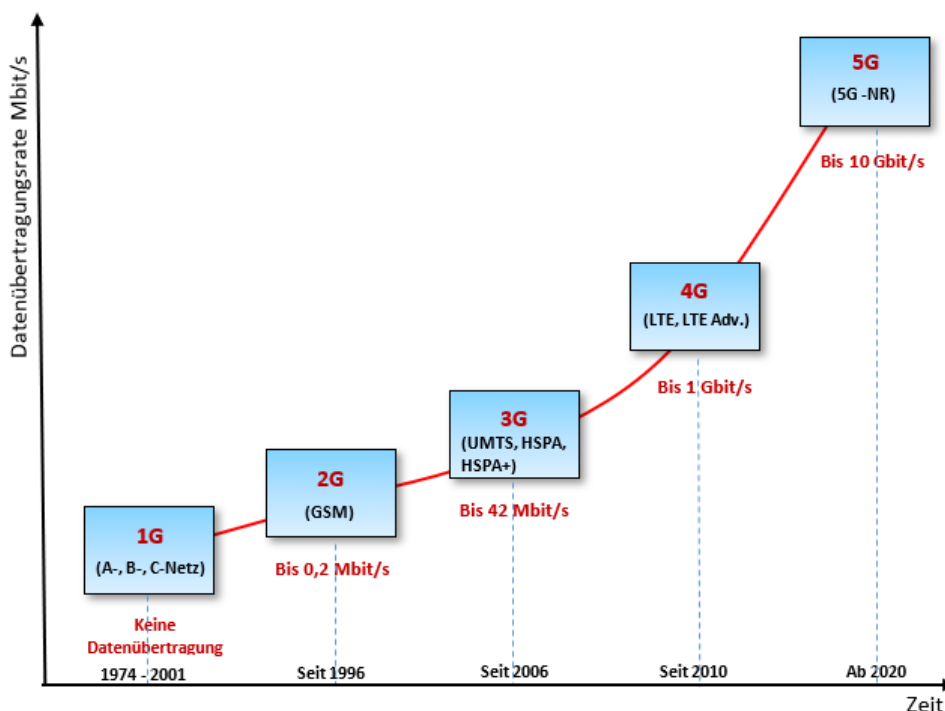


Abbildung 1: Überblick über die Entwicklungsgeschichte der Mobilfunktechnologie (eigene Darstellung nach [43])

Telecommunication System) möglich. Mit UMTS wurde erstmals der gleichzeitige Empfang von zwei verschiedenen Datenströmen ermöglicht.

Bei der **vierten Generation** (LTE – Long Term Evolution) wurde eine weitere Steigerung der Übertragungsrate und die Entwicklung eines weltweit einheitlichen Standards erreicht. LTE Advanced Pro ist die neueste Version der vierten Mobilfunkgeneration, die eine Übertragungsrate bis zu 1Gigabit pro Sekunde anbietet.

Anders als bisherige Mobilfunkgenerationen wird bei der **fünften Generation** (5G) die alte Generation nicht ersetzt, sondern deren Leistungen werden weiterentwickelt und verbessert sowie neue Leistungsmerkmale hinzugefügt. Der kommerzielle Start der 5G-Technologie ist im 2019 zum Teil bereits erfolgt und im Laufe des Jahres 2020 wird ein breiterer Einsatz auf dem Markt erwartet. [8]

2.2 Was ist 5G? Leistungsmerkmale und technische Eigenschaften

Die 5G-Technologie ist zurzeit ein aktuelles Thema in fast allen Industriebereichen. Durch die Präsentation von vielen Informationen und Fachbegriffen dieser Technologie stellen sich die Fragen:

- Welche Eigenschaften hat die neue Mobilfunkgeneration 5G?
- Welche Fortschritte im Leistungsspektrum von 5G gibt es im Vergleich mit ihrem Vorgänger 4G?
- Welche relevante Anwendungsszenarien, insbesondere für die Energiewirtschaft gibt es?

In den folgenden Abschnitten werden diese Fragestellungen näher erläutert, um einfacher in die Thematik 5G einzusteigen.

Die Abbildung 2 stellt drei Hauptleistungsmerkmale sowie deren typische Anwendungsszenarien der 5G Technologie dar.

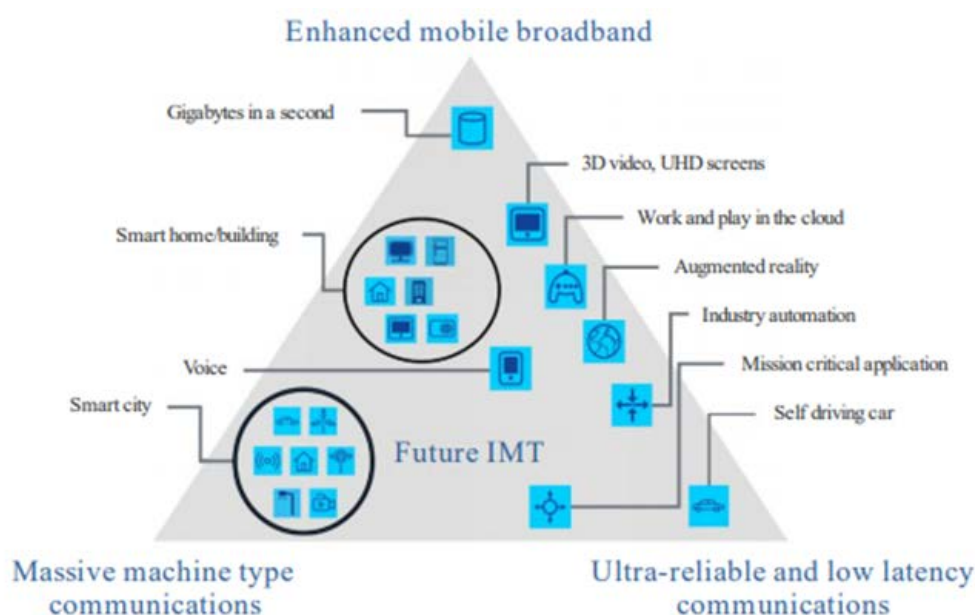


Abbildung 2: Leistungsmerkmale und Anwendungsszenarien von 5G [9]

Enhanced Mobile Broadband (eMBB), *Massive Machine Type Communication (mMTC)* und *Ultra Reliable Low Latency Communication (uRLLC)* sind drei wichtige anwendungsbezogene Leistungsmerkmale von 5G [9] [10] [11]:

Enhanced Mobile Broadband (eMBB): Übertragung sehr hoher Datenraten (von bis zu 10 Gbit/s und mindesten 100 Mbit/s für End-User bei Uplink)

Die Nachfrage nach sehr schnellem mobilem Breitband steigt in einer vernetzten Gesellschaft signifikant [12]. Mit einer extrem hohen Datenrate ist eMBB für die Übertragung von ultrahochauflösenden Videos (4K- oder 3D- Videostreaming) optimal aufgestellt. Zudem wird eine sehr hohe Datenübertragungskapazität gefordert, um tausende Nutzer auf engem Raum z.B. bei Großveranstaltungen wie im Fußballstadion, bei Musikevents usw. gleichzeitig bedienen zu können. Das Leistungsmerkmal richtet sich an kundenorientierte Anwendungsfälle für den Zugang zu Medieninhalten, Diensten und Daten wie z.B. Echtzeit Multi-User-Gaming, mobile Augmented / Virtual Reality-Anwendungen.

Für den Energiesektor kann dieses Leistungsmerkmal von 5G eine verbesserte Echtzeit-Videoüberwachung von Verteilnetzen mittels Drohnen, Big-Data-Anwendungen (Big-Data-Analytics) beispielweise von variablen Tarifen, Energie-Monitoring usw. realisieren bzw. beschleunigen.

Ultra-Reliable Low Latency Communication (uRLLC): extrem zuverlässig und geringe Latenzzeit weniger als 1 Millisekunde.

Dieses Leistungsmerkmal von 5G ermöglicht es, verschiedene Mission-kritische-IoT-Anwendungen zu realisieren. Diese Anwendungsfälle haben strenge Anforderungen an Leistungen von Netzen wie hohe Sicherheitsstandards, eine hohe Servicequalität (Quality of Service)¹ sowie geringe Latenzzeiten. Einige Beispiele für sicherheitskritische Anwendungsszenarien sind vernetztes Fahren, autonom fahrender öffentlicher Personennahverkehr, ferngesteuerte medizinische Eingriffe, drahtlose Steuerung von Produktionsanlagen usw.

Verteilungsautomatisierung in einem intelligenten Strom- oder Gasnetz (Smart Grid-Automation) oder ferngesteuerte Überwachung/Steuerung kritischer Infrastruktur (Energiemanagement) sind Beispiele für kritische Anwendungen in der Energiebranche, die mit 5G sicherer gestaltet werden können.

Massive Machine Type Communication (mMTC): Vernetzung von bis zu 1 Mio. Geräte/km²

Dieses Leistungsmerkmal ermöglicht die parallele Kommunikation einer sehr großen Anzahl von angeschlossenen Geräten, die in der Regel ein relativ geringes Datenvolumen übertragen und keine hohe Anforderung an die Latenzzeit haben. Der neue Mobilfunkstandard verspricht eine Verbindungsdichte von bis zu 1 Mio. Geräte pro Km². So kann die Entwicklung von massive Internet of Thing- Anwendungen wie Smart Metering, Smart

¹ „Quality of Service (QoS) sind Maßnahmen und Verfahren zur Einflussnahme auf den Datenverkehr in einem Netzwerk, um die Qualität und Erreichbarkeit von Netzwerkdiensten zu verbessern oder zu gewährleisten.“ <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/0905131.htm>

Buildings, Smart Cities usw. vorangetrieben werden. Bei diesen Anwendungen sind insbesondere Anforderungen an Kosteneffizienz und an sehr niedrigen Energieverbrauch gefragt.

Für alle drei Leistungsmerkmale (eMBB,uRLCC und mMTC) sind unterschiedliche Herausforderungen und technische Rahmenbedingungen für die künftige 5G-Netzwerke erforderlich, um möglichst allen Anforderungen der Anwendungen - extrem hohe Datenrate, Vernetzung einer massiven Anzahl von Geräten und sehr niedrige Latenz mit hoher Zuverlässigkeit - gerecht zu werden.

5G vereint die neuesten Mobilfunktechnologien und feste Zugangsnetze in einer virtualisierten Netzwelt. Die Steigerung der Performance-Werte mit 5G wird vorrangig durch neue Technologien im Bereich des Zugangsnetzes (5G New Radio & Multi Radio Access Technology) realisiert. Die Virtualisierung (Mobile Edge Cloud & Orchestrierung) sorgt für mehr Intelligenz im Netz und eine Softwareifizierung des Netzwerkes ermöglicht dabei eine neue Flexibilität der zukünftigen 5G-Netze. [13]

Wegen der ausgeprägten Kapazitätssteigerung der Datenübertragung und uneinheitlichen Anforderungen der unterschiedlichen Anwendungsszenarien ist für 5G ein viel größerer Frequenzbereich als das bisherige Frequenzspektrum notwendig.

Dafür sind zwei Frequenzbereiche vorgesehen, das Sub-6-GHz-Spektrum und der Millimeterwellen-Längenbereich (über 24 GHz). Die Sub-6-GHz-Bänder werden zukünftig das Rückgrat des 5G-Netzwerks bilden. Die Nutzung von Millimeterfrequenzen ist für die Realisierung der Anforderung des Leistungsmerkmals eMBB entscheidend. Höhere Frequenzen ermöglichen größere Datenraten und Bandbreiten, jedoch sinkt die Reichweite und die Durchdringung von Gebäuden oder Hindernissen mit steigender Frequenz der Funk-signale. [14]

Außerdem werden neue global harmonisierte Mobilfunkfrequenzen benötigt, um sicherzustellen, dass 5G-Dienste den künftigen Anforderungen entsprechen und das gesamte Spektrum effektiver ausschöpfen [15]. Darüber hinaus werden international zunehmend Modelle des dynamischen Frequenzzugriffs, bei dem mehrere Nutzer sich ein Spektrum teilen, untersucht und in Teilen bereits umgesetzt. [16]

Neben der Nutzbarmachung neuer Frequenzbänder, einschließlich Millimeterwellenbereiche, kommt der Einsatz von mehreren technischen Verfahren beispielweise Antennentechnologien wie Small Cells, Massive MIMO, Beamforming usw. hinzu, mit denen u. a. die Qualität sowie Kapazität der Datenübertragung erhöht werden kann.

Small Cell ist eine kleine Funkzelle, die mit geringer Sendeleistung betrieben wird und deshalb einen kleinen Versorgungsbereich abdecken kann (Versorgungsradius ca. 150m). Small Cells sind flexibel einsetzbar, kostengünstig und mit geringem Aufwand an z.B. Straßenlaternen, öffentlichen Telefonanlagen, Hauswänden usw. zu installieren. Mehr Zellen in einem begrenzten Bereich bedeutet, dass die Datenkapazität signifikant erhöht wird bzw. eine große Zahl von Endgeräten/Nutzern mit gleichzeitig hohem Datendurchsatz bedient werden können. Somit ist der Einsatz von vielen Small Cells notwendig zur Verbes-

serung der Netzabdeckung bei der Nutzung hoher Frequenzen [10]. Darüber hinaus werden Small Cells in Kombination mit weiteren Techniken wie Massive MIMO, Beamforming zur Erfüllung der geforderten Leistungen an Kapazität und Qualität der Datenübertragung in den 5G-Mobilfunknetzen verwendet.

Massive MIMO (Multi Input Multi Output) ist ein weiterer Faktor zur Steigerung der Bandbreite in der 5G-Technologie. MIMO-Technologie wurde bereits in 4G-LTE angewendet. Die Anzahl der Antennen in 5G-Netzwerken wird dabei im Vergleich zu 4G vervielfacht. Diese Antennentechnologie ermöglicht mehrere Datenströme auf einen Funkkanal gleichzeitig zu übertragen durch die Nutzung von einer Vielzahl von Antennen in beiden Sender- und Empfänger-System (bis zu 200 Antennen). Dadurch wird der Durchsatz in der gesamten Zelle erhöht. [17] Außerdem kann MIMO für eine bessere Zuverlässigkeit der Verbindung und zur Erweiterung der Abdeckung verwendet werden.

Beamforming-Technologie ist eine weitere technische Möglichkeit im Rahmen des Mehrantennen-Systems. Dabei wird die Antennensenderichtung mit einem maximalen Signal präzise am gewünschten Ort (Endgerät/Kunde) durch die Bündelung der Funkwellen (Richtfunk statt kreisförmiger Ausbreitung des Funksignals) adressiert. Die Hauptsenderichtung wird räumlich so ausgerichtet, dass einzelne Endgeräte mit dem ihnen zugewiesenen Signal angesprochen werden – sei es direkt bei Sichtverbindung oder indirekt über Reflexionsflächen in der Umgebung. Dadurch lässt sich die Störung der Datenübertragung reduzieren bzw. die Datenübertragungsraten steigern.

Für viele Anwendungsszenarien ist eine extrem hohe Datenübertragungsraten nicht notwendig, aber eine extrem kurze Reaktionszeit ist ein entscheidender Faktor. *Extrem niedrige Latenzzeiten bis zu einer Millisekunde* funktionieren aber nur bei der Datenübertragung über vergleichsweise kurze Distanzen, weil die Datenübertragungsgeschwindigkeit von 5G nicht schneller als die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes ist [16]. Eine kürzere Antwortzeit kann durch eine Verkürzung der Wege und die Reduzierung der Anzahl der zwischengeschalteten Netzelemente erreicht werden. **Mobile Edge Computing** (auch als Edge Computing bezeichnet) wird daher eingesetzt, um geringe Latenz zu erreichen. Das Prinzip bei Edge Computing Technologie ist: die Datenverarbeitung zeitkritischer Anwendungen erfolgt vor Ort z.B. innerhalb eines Fabrikgeländes oder möglichst nah am Ort (in der so genannten Edge Cloud). Bei zeitunkritischen Anforderungen werden die Daten auf weiter entfernten Servern (z.B. große Clouds von Netzanbietern) verarbeitet. [18]

Theoretisch kann eine physikalische Netzwerk-Infrastruktur die Anforderungen mehrerer Anwendungsszenarien gleichzeitig nicht abdecken. 5G bietet dafür mit dem **Network-Slicing** eine Lösung. Network-Slicing kann als eine Netzwerkkonfiguration definiert werden, die es ermöglicht, mehrere virtualisierte und unabhängige Netzwerke auf einer gemeinsamen physischen Infrastruktur zu erstellen. Jedes "Slice" des Netzwerks kann auf der Grundlage der spezifischen Anforderungen der Anwendung, des Anwendungsfalles oder des Kunden zugewiesen werden. So stellt Network Slicing eines der wichtigsten Konzepte von 5G dar. [19]

Die Schlüsseltechnologien, die für die Steigerung der Leistungen und Flexibilität von zukünftigen 5G-Netzwerken benutzt werden, wurden zum Teil bereits in 4G-Netzwerke an-

gewendet. Mit der vorhandenen 4G-Technologie und dem aktuellen bereitgestellten Frequenzspektrum kann jedoch die Netzwerk-Effizienz nicht maximal entfaltet werden. [13] Demzufolge wird die neue Mobilfunkgeneration 5G mit der Harmonisierung verschiedener Technologien weiterentwickelt, um die Effizienz der Mobilfunktechnologie ausschöpfen zu können.

2.3 Vergleich 5G und 4G-LTE-A im Überblick

Die Entwicklung der Mobilfunktechnologie findet kontinuierlich und rasant statt. Es stellt sich die Frage, warum in eine neue Technologie investiert werden soll, während die aktuelle Technologie für die Anwendungen in eigenem Betrieb völlig ausreichend ist. Die Umstellung kostet Zeit, Geld und Personal, manchmal ist sogar eine Umstrukturierung der kompletten Infrastruktur notwendig.

Die Abbildung 4 veranschaulicht einen Überblick über das erwartete Leistungsspektrum des 5G-Standards im Vergleich zu der Vorgängiger-Generation 4G-LTE-Advanced. In allen Vergleichskriterien sind die Leistungen von 5G besser bzw. stärker als von 4G-LTE-A. Insbesondere die Leistungsanforderungen an die Datenkapazität, Latenzzeit oder Mobilität sind bei 5G-Netzwerken deutlich fortgeschritten. Dies kann viele Vorteile zur Realisierung von kritischen Anwendungen bzw. Technologien im Energiesektor mitbringen.

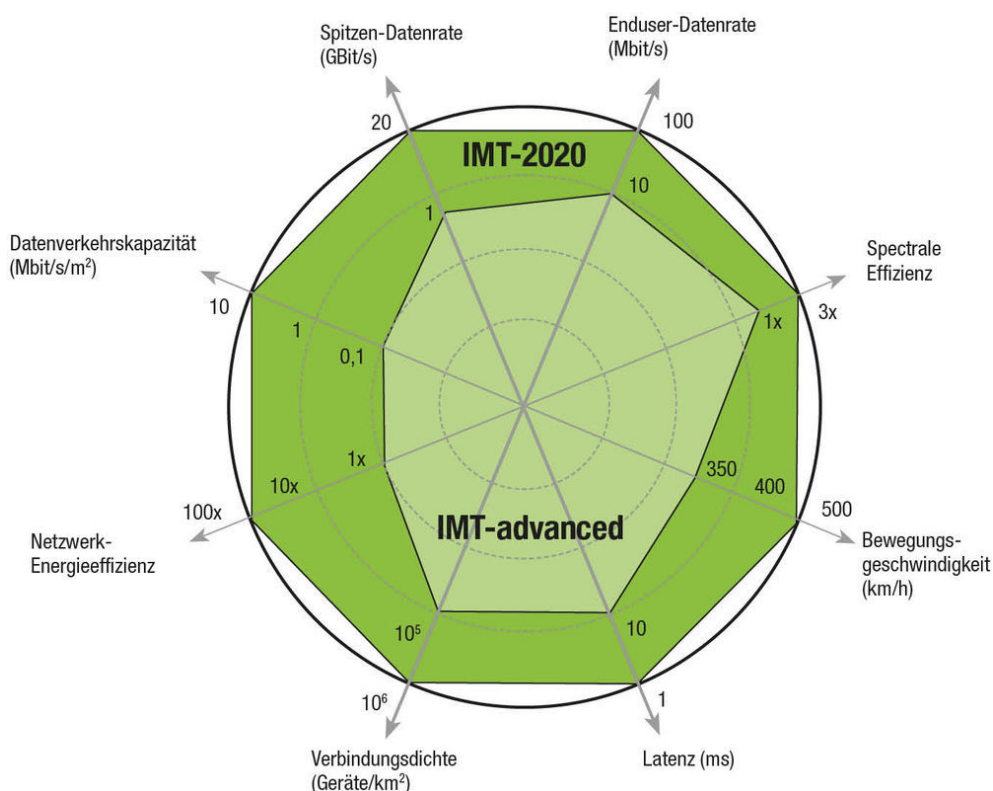


Abbildung 3: Leistungsvergleich von 5G (ITM-2020) und 4G (ITM-advanced) [9]

4G ermöglicht eine gute Verbindung bei einer Bewegungsgeschwindigkeit von bis zu 300 Km/h (bei 2G unmöglich und 3G bis zu 50 km/h). 5G soll bei einer Geschwindigkeit von bis zu 500 km/h eine ungestörte Datenverbindung bieten, 3D-Connectivity (Flugzeuge)

wären somit möglich. Die Datenverkehrskapazität (Mbit/s/m²) bei 5G ist 100 Mal größer als bei 4G. 5G ermöglicht die Kommunikation von bis zu 1 Mio. Geräte/km² und damit die 10-fache Anzahl im Vergleich zu LTE. Die Latenzzeit bei 5G ist extrem kurz und beträgt weniger als eine Millisekunde, bei 4G ist die Latenzzeit mit 10 ms zehnmal so hoch.

Als Netz der Netze ist 5G durch die Koexistenz, Integration und Weiterentwicklung von 4G und anderen Netztechnologien charakterisiert. [18]. So führt der Einsatz des neuen Mobilfunkstandards zu keinem kompletten technischen Umbruch der Vorgänger-Generation 4G. Vielmehr können 5G und 4G sich parallel zu einem funktionstüchtigen und effizienten Netzwerk in einer vernetzten Gesellschaft ergänzen. 5G wird jedoch eine breitere Funktionalität als nur mobiles Internet mit einem höheren Maß an Skalierbarkeit und Flexibilität bieten. Außerdem wird es zunächst kein einheitliches 5G-Netz für alle geben, sondern viele individuelle, virtuelle Spezialnetze, die auf die jeweiligen Anwendungen zugeschnitten sein werden. [10]

2.4 5G aus Sicht der Experten

Seit Bekanntwerden und Einführung der 5G Mobilfunktechnologie gibt es weltweit viele Erwartungen und Einschätzungen zu dieser neuen Technologie, auch von der Energiewirtschaft.

Die fünfte Mobilfunkgeneration hat eine umfassende und globale Standardisierung drahtloser Kommunikationssysteme (IMT-2020) zum Ziel. [20]

So schreibt die Forschungsgruppe von 5G-Amerika:

„As the next generation of wireless technology, 5G differs starkly from previous wireless generations. Where previous wireless generations were designed to connect people to people and to connect people to the Internet, 5G extends even more broadly. It connects things to people, to the Internet, and to other things. It also addresses an expanded set of industry verticals necessitating the networks to be more flexible in meeting a wider range of requirements on latency, cell density, spectrum of radio frequencies and data rates.“ [21]

Mats Granryd, General Direktor of GSMA hat zu 5G-Technologie folgendes geäußert:

“5G is more than just a generational step; it represents a fundamental transformation of the role that mobile technology plays in society. As demand for continuous connectivity grows, 5G is an opportunity to create an agile, purpose-built network tailored to the different needs of citizens and the economy.” [22]

Die Forschungsgruppe des Fraunhofer-Institutes IZM und IEM und die Universität Paderborn/ SICP haben 5G wie folgt charakterisiert:

“Die Abkürzung „5G“ hat sich aus dem neuen gleichnamigen Mobilfunkstandard als Nachfolger von LTE (4G) ergeben und steht nachfolgend allerdings nicht für den neuen Funkstandard, sondern geht weiter und beschreibt eine aus Zugangs- und Weitverkehrsnetz konvergierende Netzwerkinfrastruktur, die alle Kommunikationstechnologien miteinschließt und u. a. industriellen Anforderungen genügt.“ [13]

In der Energiebranche hat das Forschungsteam des Leuchtturm-Projektes „National 5G Energy Hub“ über 5G geschrieben:

„Die kommende fünfte Generation des Mobilfunks „5G“ ermöglicht es, 500 Milliarden Dinge des Internets in Echtzeit miteinander zu verbinden. Während frühere Generationen der Mobilfunknetze hauptsächlich für die Kommunikation für und mit Menschen konzipiert waren, wird mit 5G nun eine Lösung für die Kommunikation zwischen Menschen und Maschinen sowie zwischen Maschinenelementen geschaffen. Dadurch entsteht eine Symbiose zwischen der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik sowie einer funkbasierten Kommunikationstechnik.“ [23]

Zusammenfassend kann die 5G-Technologie aus den Experten-Sichtweisen mit den folgenden Eigenschaften beschrieben werden:

- Die neue Mobilfunkgeneration 5G ist nicht nur als ein neuer Funkstandard entwickelt worden. 5G hat vielmehr weitergehende Eigenschaften als der Vorgänger 4G-LTE, die insbesondere auf die Erfüllung industrieller anwendungsorientierten Anforderungen ausgerichtet sind.
- Die M2M-Kommunikation - Kommunikation zwischen Menschen und Maschinen aber vor allem zwischen Maschinen und Maschinen – spielt eine der Hauptrollen.
- Durch Kombination und Orchestrierung verschiedener Technologien könnte 5G das Netz der Netze sein: Das hochleistungsfähige 5G-Netz ermöglicht eine massive Anzahl von Endgeräten in Echtzeit mit sehr hoher Zuverlässigkeit miteinander zu verbinden. Zudem können unterschiedliche Anwendungsanforderungen von vielen verschiedenen Industriebereichen gleichzeitig erfüllt werden.

3 Potentiale von 5G für die Energiewirtschaft

In den letzten Jahren hat das Internet der Dinge (IoT) ein enormes Interesse aus praktisch allen industriellen Bereichen erfahren. Nach einer Prognose von Cisco stieg die Anzahl der Verbindungen von Maschine zu Maschine von 495 Mio. im Jahr 2014 auf mehr als 3 Mrd. im Jahr 2019. [24]. Das Energiesystem folgt diesem Trend, der von einem flächen-deckenden Rollout von Sensoren in den Anlagen geprägt ist. Diese massive Entwicklung von IoT-Anwendungen ist eine der wichtigsten Zugkräfte für die Entwicklung von Mobilfunktechnologien, zugleich stellt sie aber auch neue Herausforderungen dar.

Die in Kapitel 2 beschriebenen technischen Eigenschaften verdeutlichen, dass 5G nicht nur eine verfeinerte Weiterentwicklung der derzeitigen Kommunikationstechnologie ist, sondern ein neues Kommunikationsnetz, das die Anforderungen von unterschiedlichen Anwendungen abdeckt und völlig neue Geschäftsmodelle unterstützen und sogar hervorbringen kann. Beispielsweise kann das 5G-System als Brücke zwischen einer Vielzahl von intelligenten Objekten, z.B. innerhalb eines vernetzten Hauses oder Gebäudes, und cloud-basierten Anwendungen fungieren.

Es stellt sich nun die Frage, welche speziellen Bedürfnisse die Energiewirtschaft hat – sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht – für die sich die Einführung von 5G lohnt.

Die Art und Weise, wie Energie erzeugt und verbraucht wird, verändert sich rasch. Auch steht der Energiesektor steigenden Anforderungen an Überwachung, Kontrolle und Sicherheit gegenüber, aufgrund des regulatorischen und kommerziellen Drucks. Daher hat die Energiewirtschaft sehr spezifische Anforderungen an die zukünftigen Kommunikationsnetze, um die Herausforderungen der Energiewende und der digitalen Transformation bewältigen zu können. Mit den aktuell vorhandenen Kommunikationstechnologien können diese Herausforderungen nicht gelöst werden. Die Energiewirtschaft ist ein wichtiger Bereich für 5G-Anwendungen. Die vielversprechenden Leistungen und die Flexibilität von 5G ermöglichen eine Kommunikationsinfrastruktur, die in der Lage ist, die herausfordernde Umstellung der zukünftigen Energienutzung zu unterstützen. [25]

Die folgende Abbildung zeigt das Geschäftspotential von 5G in verschiedenen Industriesektoren. Das Geschäftspotential von 5G im Energiebereich ist hier im Vergleich zu anderen Bereichen mit 19 Prozent am höchsten. Gefolgt von den Sektoren Produktion (18 Prozent) und öffentliche Sicherheit (13 Prozent) sowie Gesundheitssektor (12 Prozent).

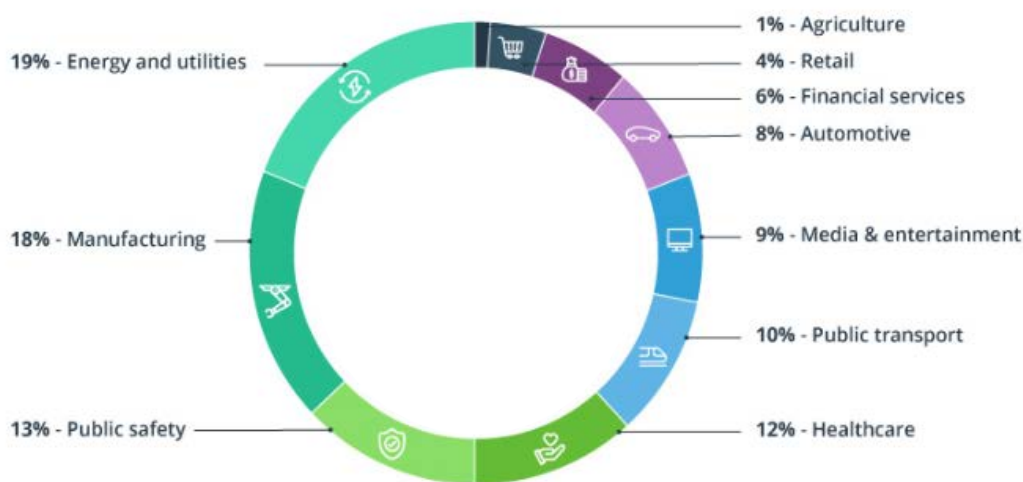


Abbildung 4: Potentiale von 5G in verschiedenen Industriesektoren [44]

Viele Anwendungsszenarien entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Energieversorgern wurden als innovative Lösungen für die Energiewirtschaft im digitalen Zeitalter in Bezug auf die riesigen Aufgaben der Energiewende entwickelt und getestet. Einige Anwendungen wie Smart Grid, Smart Metering, Smart Cities sind zum Teil bereits seit längerem im Einsatz.

Hier stellt sich die Frage, wie sich 5G auf die technologische Entwicklung in der Energiewirtschaft auswirkt? Welche Vorteile können sich durch den Einsatz von 5G bei verschiedenen Anwendungen im Energiesektor ergeben?

Abbildung 5 veranschaulicht typische Anwendungsfälle von 5G im Bereich Smart Grid, erneuerbare Energie und Smart Assets. Dabei wird ein sicherer, zuverlässiger und nachhaltiger Betrieb in beiden Anwendungsbereichen durch den Einsatz von 5G erzielt. Der

Einsatz von 5G kann innovative Lösungen ermöglichen, um die Produktion, Übertragung, Verteilung und Nutzung von Energie zu erleichtern und den technologischen Fortschritt in fast allen Bereichen zu beschleunigen. [26].

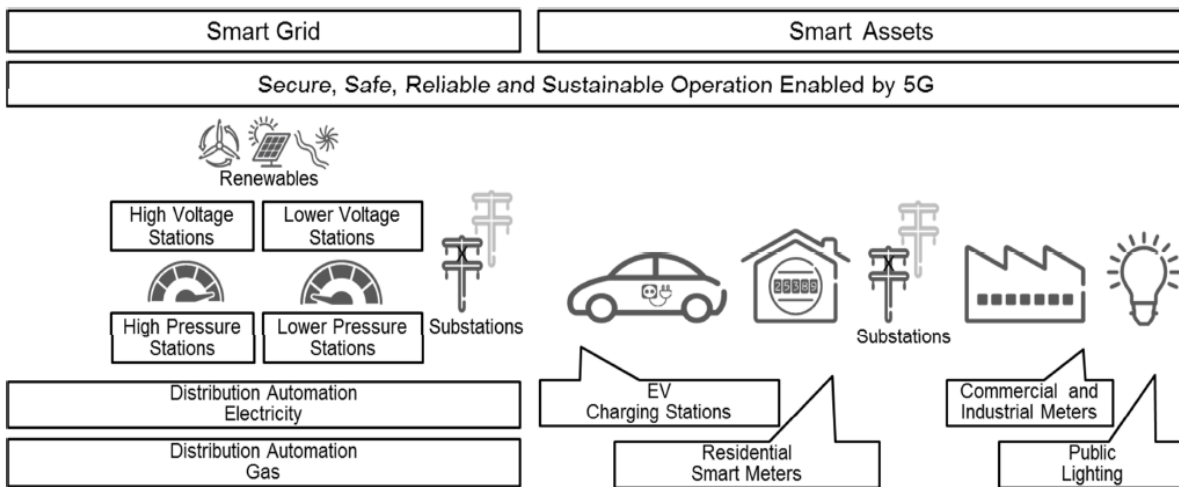


Abbildung 5: Beispielhafte Einsatzmöglichkeiten von 5G im Energiesektor [26]

Folgende Abbildung stellt die Vision einer 5G-Netzwerk-Architektur für den Energiesektor dar, die von der europäischen Forschungsgruppe (NRG-5) konzipiert wurde. Auf Basis dieses Konzeptes können unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten entwickelt werden.

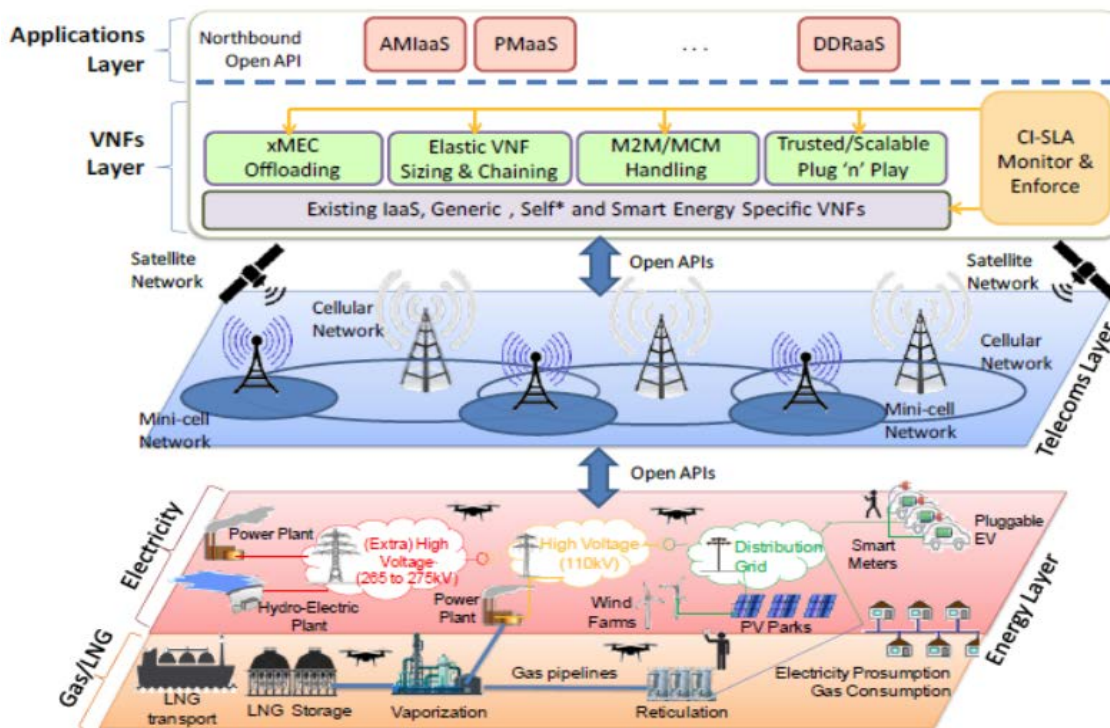


Abbildung 6: 5G-Architektur-Vision für den Energiesektor [27]

Die Grafik (Abb. 6) zeigt auf der untersten Ebene die Infrastruktur der Energieversorgung. Die darüberliegende Schicht umfasst das Telekommunikationsnetz mit Mini-Zellen und ein Satellitennetz. Die obere Schicht ist eine 5G-Architektur, die aus Virtual Network Functions (VNFs), bestehenden IaaS (Infrastructure as a Service), intelligenten Energie-VNFs, Überwachungseinheiten und einer neuen Anwendungsschicht mit vorausschauender Wartung und versendbaren Bedarfsreaktionsdiensten besteht. Alle Schichten sind über offene APIs verbunden, und dieser Rahmen könnte an die besonderen Bedürfnisse eines Energieversorgers angepasst werden. [27]

3.1 Einsatzmöglichkeiten von 5G im Bereich Erzeugung und Netze

Smart Grid

Mit der Energiewende steigt die Anzahl der Erzeugungsanlagen sukzessive an. Es gibt immer mehr Verbraucher, die selbst Stromproduzenten (z.B. durch Photovoltaikanlagen) sind – sogenannte Prosumer. Das bedeutet, dass der Strom nicht mehr in eine Richtung fließt (von den Energieversorgungsunternehmen (EVU) zu den Verbrauchern), sondern bidirektional zwischen EVU und Prosumer. Der erzeugte Strom kann von den Verbrauchern genutzt oder im heimischen Puffer gespeichert werden. Elektroautos können dabei beispielsweise als Zwischenspeicher eingesetzt werden. Dieses hochkomplexe Zusammenspiel stellt den Netzbetrieb bzw. die Netzsteuerung vor große Herausforderungen. Es soll die Kontrolle über das gesamte System ermöglichen und die Stabilitätssicherheit des Energienetzes garantieren. Es bedarf eines intelligenten und robusten Stromnetzes (Smart Grid), das alle dezentralen, volatilen Erzeuger, Verbraucher und Speicher integrieren und steuern kann.

Zur Realisierung eines intelligenten Energiesystems wird der Einsatz leistungsfähiger Kommunikationsnetze und entsprechender Technologien wie z.B. Planungs- und Steuerungssoftware, Echtzeitdatenmanagementsysteme usw. vorausgesetzt.

Mit den definierten Leistungen ermöglicht 5G neue Anwendungsmöglichkeiten im Smart Grid-Bereich. Beispielweise in der rechtlichen Überwachung (Cyber-Überwachung und physische Überwachung), Fehlerlokalisierung, automatisierte Fehlerbehebung und Energieumleitung, was eine geringe Latenzzeit und höchste Verfügbarkeit und Sicherheit erfordert. [28]

Ein Beispiel für einen 5G-Use Case im Bereich Smart Grid ist das **Pilotprojekt „5Grid“**, das vom Verteilnetz Berlin, der Deutschen Telekom und Ericsson durchgeführt wurde. Dabei wurde ein Testfeld für 5G im Energiesektor im Technologiepark Europa und im Telekom-Labor (Bonn) aufgebaut. Mittels der Implementierung von Daten- und Kommunikationstechnischen Systemen wird die schnelle Übermittlung der Zustände der Netzkomponenten oder spezielle Smart Grid-Elementen ermöglicht. [29]

Ein weiteres Anwendungsbeispiel von 5G im Bereich Smart Grid ist das „**RWTH 5G/ Smart Grid Labor**“ in Aachen (s. Abb. 7). Das Hauptelement des Labors ist eine 5G-Infrastruktur, die auf dem Gelände der RWTH aufgebaut, und mit den Smart Energy-Emulatoren der RWTH sowie den Testfeldern (intern) verbunden wird. Konkret wird hier ein beispielhafter Smart Grid-Simulator in Echtzeit (mit 50 Mikrosekunden Auflösung) an eine 5G-Basisstation angeschlossen. Die Daten aus dem Simulator werden dabei sowohl über den analogen Ausgang als auch über digitale Nachrichten übertragen. Diese Daten werden auch von verfügbaren realen intelligenten elektronischen Geräten verwendet und dann über eine 5G-Verbindung mittels Hardwarechlüsseln (Dongles), die an die Geräte angeschlossen werden, an das Kontrollzentrum übermittelt. Dieses Projekt hat zum Ziel, unterschiedliche Anforderungen von zukünftigen Smart Grids zu validieren. [30]

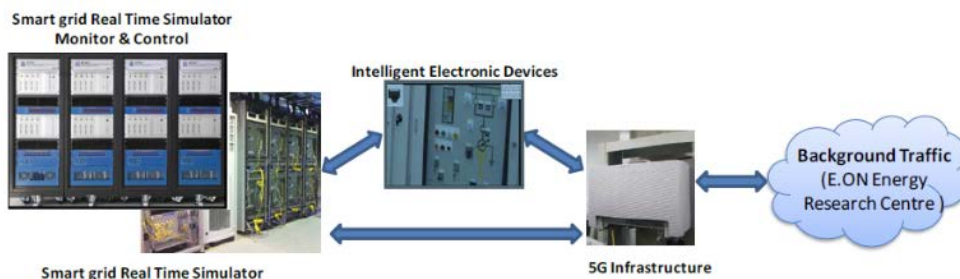


Abbildung 7: 5G-Labor für Smart Grid an der RWTH Aachen [30]

Virtuelle Kraftwerke

Im Smart Grid werden die Übertragungsnetze heute bereits intelligent gesteuert. Daher ist eine weitere Aufrüstung dieser Netze nur begrenzt notwendig. Anders sieht es bei den Verteilnetzen aus. Hier bedarf es in Zukunft starker Veränderung bzw. Optimierung. Dafür wird ein virtuelles Kraftwerk als ein möglicher Lösungsansatz entwickelt, der bestimmte Anforderungen eines zukünftigen Smart Grids erfüllen kann.

Virtuelle Kraftwerke sind im Grunde die zentrale Steuereinheit eines Verbunds aus mehreren dezentralen, beeinflussbaren Erneuerbare-Energie-Erzeugungsanlagen, Speichern und Verbrauchern. Ihre Funktion ist es, den erzeugten Strom zu steuern und gebündelt ins Stromnetz einzuspeisen. [31]

Eine umfassende erhobene Datenbasis aus Sensoren von Anlagen und die Vernetzung von unterschiedlichen Datenquellen mittels leistungsfähiger Kommunikationsnetze ermöglichen eine intelligente Steuerung von Energieerzeugung. Es dient auch zur automatisierten Anpassung der gemessenen und prognostizierten Energieverbräuche in Echtzeit. Dadurch können stark schwankende Energiemengen in das Stromnetz minimiert bzw. die effiziente Einspeisung erhöht werden.

Das Leuchtturmprojekt „*National 5G Energy Hub*“ hat in diesem Bereich einen Use Case „**Regionale Virtuelle Kraftwerk**“ (RVKW) definiert. RVKW sind Virtuelle Kraftwerke, die auf regionaler Ebene fungieren. Das Konzept besteht darin, lokale Photovoltaikanlagen

(PV) und Blockheizkraftwerke (BHKWs) in Nieder- und Mittelspannung (NS und MS) anzuschließen. Durch informationstechnische Bündelung (z.B. funkunterstütztes Kommunikationsnetz 5G) werden Sensordaten zur Bestimmung der autarken Grundsteuerfunktion im Gateway benutzt, oder erhobene Daten hier erstmal vorverarbeitet und weiter an die Cloud gesendet. Steuerbedingungen können dabei von Netzbetreiber oder Energiedienstleister vorgegeben, oder mittels enthaltener Monitoring-Informationen gezielt definiert werden. Mit dem RVKW-Anwendungsszenario wird die Zielsetzung verfolgt, dezentrale Verbraucher und Erzeuger in den Sektoren Strom und Wärme zu steuern, um den energie- und kosteneffizienten Betrieb lokal zu erreichen. [32]

Darüber hinaus kann das gesamte System in Echtzeit überwacht werden, aktuelle sowie vorhersagbare Wetterdaten werden dabei berücksichtigt, um den Strombedarf entsprechend zu koordinieren. Somit können RVKWs nicht nur die Steuerung im Erzeugungsbereich, sondern auch die Netzsteuerung und den Stromhandel beeinflussen.

3.2 Einsatzmöglichkeit von 5G im Bereich Vertrieb und Messwesen

Ebenso wie auf der Übertragungs- und Verteilsebene gibt es auf der Verbraucherebene verschiedene Anwendungsmöglichkeiten – z. B. Smart Meter, Smart Home, Smart Building usw., die mit vielen neuen Funktionen und neuen Geschäftsmodellen einen Beitrag zur Energiewende erbringen.

Smart Metering und Advanced Metering Infrastructure (AMI)

Ein intelligentes Messsystem bzw. Smart Meter besteht aus einem digitalen Stromzähler und einer Kommunikationseinheit, dem so genannten Smart Meter Gateway. Mit einem digitalen Stromzähler lässt sich der tatsächliche Stromverbrauch sowie die Nutzungszeit präzise erkennen. Das Smart Meter Gateway spielt hier eine wichtige Rolle. Es erfasst den genauen aktuellen Netzzustand und leitet diese Informationen an die gesetzlich definierten berechtigten Akteure im Smart Grid, wie Netzbetreiber, Energieerzeuger oder Verbraucher, weiter. Die Daten werden analysiert und in entsprechenden Diagrammen optisch dargestellt. [33]

Smart Meter bilden mit dem Kommunikationsnetz und dem Datenmanagementsystem die sogenannte Advanced Metering Infrastructure (AMI). Eine AMI kann dabei helfen, Systemausfälle und Lastspitzen zu reduzieren. Dadurch sind Smart Meter bzw. AMI ein wichtiger Bestandteil des Smart Grids bzw. eines modernen Energiemanagementsystems. [34] Sie benötigen aber eine hohe Kommunikations-Kapazität (massive IoT-Anwendung) und die Einhaltung strenger Datenschutzregularien. [25]

Intelligente Messsysteme ermöglichen auch den Anschluss von Wasser-, Gas-, Öl- und Stromversorgungsunternehmen an ein Smart Grid. Viele Infrastrukturen sind aktuell mit 4G-LTE-Lösungen ausgerüstet. Die Anzahl der vernetzten Geräte steigt jedoch immens, sodass die Kapazität der aktuellen Kommunikationsnetze an ihre Grenzen gelangt. Mit einem 5G-fähigen AMI-Netzwerk wird den Energieversorgungsunternehmen sowie den Verbrauchern eine drahtlose Echtzeitkontrolle von Milliarden von Geräten ermöglicht.

Die Forschungsgruppe NRG-5 hat einen Use-Case „**Realisierung von dezentral zuverlässigen Lock-in „Plug and Play Vision“**“ in diesem Bereich entwickelt. Dieser Anwendungsfall richtet sich einerseits an eine große Anzahl von Smart Meters über massive Machine Type Communication und andererseits ultra-reliable Machine Type Communication, da die meisten so genannten Virtual Network Functions (VNFs) eine Echtzeit-Steuerung der intelligenten Energiedienste erfordern. Dabei wird ein neuartiges und skalierbares Mobile Edge Computing realisiert und Blockchain-Technologie angewendet. Ziel ist es, eine verteilte skalierbare und vertrauenswürdige Plug ´n´ Play Funktionalität weit über die Versorgungsnetze hinaus auf jeder Art von Endgeräten mit eingeschränkter Hardware zu ermöglichen. [35]

Ein weiteres Anwendungsszenario von 5G im Bereich Smart Meter und Stromnetz ist „**NS- und MS-Schutz**“ von der Forschungsgruppe n5Geh. Dieses Projekt befasst sich mit dem Aufbau eines separaten Reserveschutzes in der Nieder- und Mittelspannung-Ebene (NS- und MS-Ebene), weil diese Netzebenen bisher nur ein rudimentäres Schutzkonzept besitzen und die Umsetzung des Netzschutzes mit Hilfe des Smart Meter Gateways bisher nicht möglich war. Mittels 5G-Netz ist der aufzubauende Reserveschutz funkgestützt, nachrüstbar und zeigt eine Diversität gegenüber dem Smart Meter Gateway. Ziel ist es, Fehler im NS-Netz durch einen Reserveschutz zuverlässig zu entdecken und Netzzuständen im MS-Netz zu bewerten. [32]

Smart Home, Smart Building

Smart Home bezeichnet den Einsatz von technischen Systemen, automatisierten Verfahren und vernetzten, ferngesteuerten Geräten in Wohnräumen und Häusern, beispielsweise Waschmaschinen, Lampen, Heizungen, Überwachungskameras usw. Die Funktionen dienen dazu, eine erhöhte Sicherheit und effizientere Energienutzung zu erzielen und dadurch die Lebensqualität und den Wohnkomfort zu erhöhen. [36]

Im Smart-Home-Anwendungsfeld bestehen jedoch viele Hemmnisse wie mangelnde Kompatibilität der Komponenten, fehlende Einigung auf einen energiesparenden, gemeinsamen Konnektivitätsstandard, fragliche Datensicherheit usw. [37] Deswegen ist der erhoffte Marktdurchbruch von Smart Home bisher noch nicht gelungen.

Mit dem neuen Netzstandard 5G könnten diese Probleme behoben werden. Mit mMTC ermöglicht die 5G-Technologie eine große Anzahl von Smart-Home-Geräten miteinander zu vernetzen. Die Skalierbarkeit des 5G-Netzes spielt hier eine entscheidende Rolle, so dass eine stetig steigende Anzahl der Geräte zum vorhandenen System problemlos erweitert werden kann. Im Hinblick auf die Sicherheit unterstützen Mobilfunknetze eine ganze Reihe von Funktionen und Protokollen, einschließlich Authentifizierung, Integritätsschutz, Verschlüsselung, Netzwerksicherheit und Benutzervertraulichkeit - 5G ist hier mit einer fortschrittlicheren Sicherheitsarchitektur konzipiert als die bisherigen Mobilfunknetze. [38]

Ein weiterer von n5geh definierter Anwendungsfall ist die „**Cloudbasierte Regelung energetischer Systeme von Gebäuden** (inkl. Monitoring)“. Bisher war die Integration von ver-

schiedenen Sensoren und Elektronik in Gebäudeautomationssystemen aufgrund des hohen Verkabelungsaufwandes und der geringen Interoperabilität verschiedener Bussysteme aufwendig und mit vielen Kosten verbunden. Abhilfe soll hier die cloudbasierte Automation mit 5G schaffen, mit dem Ziel, das Monitoring, die Steuerung und Optimierung thermischer und elektrischer Systeme in der Gebäudetechnik auf lokaler Ebene zu vereinfachen. [32]

Smart City

„Eine Smart City ist die Verknüpfung intelligenter, technologischer Lösungen in verschiedenen Bereichen der Stadtinfrastruktur“ [39]. Die oben beschriebenen Anwendungen wie Smart Grid, Smart Home, Smart Building usw. können zum Gesamtkonzept einer Smart City beitragen. Smart Cities können nicht nur die Lebensqualität der Menschen verbessern, sondern auch eine effektive Energienutzung erreichen und die Umwelt somit schonen.

Die Unterstützung durch die 5G-Technologie in diesen Bereichen kann die Realisierung von Smart Cities deutlich beschleunigen.

Das **Projekt „Smart Zone“** der Telekom ist ein Anwendungsbeispiel von 5G im Bereich Smart Cities. Im Rahmen dieses Projektes werden smarte Straßenlaternen getestet, die die Beleuchtung bedarfsorientiert steuern. Darüber hinaus sollen sie durch integrierte Sensoren dabei helfen, den Verkehrsfluss zu messen und so die Qualität von Navigationssystemen verbessern. Außerdem können smarte Straßenlaternen als Ladestation für Elektroautos sowie E-Bikes oder E-Scooter, W-Lan Hot-spots, 5G-Basisstationen usw. fungieren. Der Kerngedanke ist zudem die Vernetzung aller in das Smart Grid integrierten Akteure, Anlagen und Funktionen. 5G stellt dabei die schnelle Datenübertragung sicher, sodass die benötigten Informationen in Echtzeit zwischen den smarten Straßenlaternen ausgetauscht werden können. [29]

Durch Smart Meter- und Smart Home-Anwendungen können zusätzliche datenbasierte Dienstleistungen, beispielsweise Optimierung von Verbrauch, Hausüberwachung, zustandsbasierte Wartung (Predictive Maintenance) usw. angeboten werden.

3.3 5G-Einsatz für Predictive Maintenance

Im konventionellen Betrieb wird eine Wartung ausgeführt, wenn eine Störung auftritt. Die Produktion stockt folglich, oder muss ganz eingestellt werden. Das Problem wird erst jetzt von Technikern analysiert und beseitigt (reaktive Wartung). Technische Anlagen werden heutzutage in regelmäßigen Zeitabstand gewartet (präventive Wartung). Diese Wartungsart kann aber nicht immer dem tatsächlichen Wartungsbedarf entsprechen, weil der Wartungsbedarf vom Einsatz von Anlagen abhängt.

Mit der zunehmenden Vernetzung von Maschinen und Anlagen durch die Digitalisierung in der Energiebranche ist die erzeugte Datenmenge aus IoT-Geräten riesig und steigt wei-

ter immens an. Die aktuelle technische Entwicklung um IoT, wie Big Data mit unterschiedlichen intelligenten Analyseverfahren, kann dabei helfen, den optimalen Zeitpunkt für die bedarfsgerechte Wartung zu errechnen. [40]

Durch Auswertung von Betriebs- und Zustandsdaten aus den integrierten Sensoren lassen sich aktuelle Zustände von Maschinen frühzeitig erfassen. Drohende technische Mängel werden mittels Datenanalyse rechtzeitig erkannt und beseitigt. Systeme und Anlagen müssen nicht mehr in einer bestimmten Periode, sondern können abhängig vom tatsächlichen Zustand gewartet werden. Unnötige Stillstandszeiten aufgrund technischer Störungen können reduziert oder verhindert werden. Das bedeutet, dass Wartungskosten reduziert und die Verfügbarkeit von Anlagen erhöht werden.

Die 5G-Technologie ermöglicht durch Echtzeit-Monitoring von Milliarden vernetzter Geräte optimale Voraussetzungen, die einer vorausschauenden Wartung der Energiesysteme zugutekommen können. Darüber hinaus ist der Einsatz von Predictive Maintenance nicht nur wegen der Reduzierung der hohen Wartungskosten, sondern auch bei der Erzielung eines erweiterten Schutzes einschließlich höchster Zuverlässigkeit des Stromnetzes von großem Vorteil. [41]

Ein beispielhaftes Anwendungsszenario dafür: **Kritische Infrastruktur, wie verteilte Erzeugungsanlagen, Energieübertragung und Verteilnetze, werden mittels eines ferngesteuerten Drohnen-Schwarm überwacht** (s. Abb. 5). Dabei wird ein Flugplan für jede Drohne festgelegt, sodass sie eine optimale Abdeckung mit minimalen Ressourcen ermöglicht. Die Flüge von Drohnen werden dabei durch Mobilfunk- oder Satellitenverbindungen gesteuert. Aufgezeichnete hochauflösende Videos werden in Echtzeit hochgeladen. Danach werden Videoanalysen und Inspektionen durchgeführt, und Rückmeldung an das Kontrollzentrum der Energieversorger gegeben. Dafür benötigt es ein breitbandiges Kommunikationsnetz mit geringer Latenz und hoher Rechenkapazität, wie ein 5G-Netz. Dies kann zu einem erheblich effizienteren Betrieb, zur Vermeidung von Unfällen und zur schnellen Wiederherstellung von Energienetzen beitragen, was zu geringeren Wartungs- und Betriebskosten führt. [41]



Abbildung 8: Überwachung der kritischen Infrastruktur mittels ferngesteuerter Drohnen [41]

3.4 Neue Geschäftsmodelle und Marktreife von 5G in der Energiewirtschaft

Die zukünftige Mobilfunktechnologie 5G gilt als ein wichtiger Beitrag für die Umsetzung von neuen Geschäftsmodellen der Energiewirtschaft, welche mit den Werkzeugen der Smart Meter, Smart Grid, Regionale Virtuelle Kraftwerke, zustandsbasierte Wartung u.a. zur Erschließung neuer Dienstleistungen möglich sind.

Darüber hinaus ermöglicht die 5G-Technologie der Energiewirtschaft die Einführung neuer Geschäftsmodelle zur Erweiterung der eigenen Geschäftsfelder in Richtung „Kooperation“. Verschiedene branchenübergreifende Akteure, wie Energieversorgungsunternehmen, TK-Unternehmen, IT-Unternehmen, Automobilindustrie usw. können sich zusammenschließen, um in einer Anwendung verschiedene Interessen zu vereinigen. Ein Beispiel dafür ist der Einsatz von „Smarten Straßenlaternen“. Diese werden sowohl als Ladestation für elektronische Autos als auch als Basisstation für TK-Unternehmen genutzt. Eine andere Möglichkeit ist die Sektorkopplung untereinander zwischen brancheninternen Sektoren beispielsweise Strom, Wärme, Gas usw.

Wie weit hat sich die 5G-Technologie in der Energiewirtschaft positioniert bzw. entwickelt?

In einer Studie von Detecon im Juli 2019 befinden sich die meisten befragten Energieversorger sowie Stadtwerke in der Phase der Überlegung und Positionierung. Viele gaben an, dass der größte Nutzen der 5G-Technologie in IoT-Anwendungen und in der Industrie 4.0 zu erwarten ist. Fast die Hälfte der Befragten geht davon aus, dass 5G ein strategisches Thema ist und sich daraus ein hohes Potential für ihre Kerngeschäftsbereiche ergibt. Jedoch zeigt sich eine Diskrepanz bei der Umsetzung einer Strategie bei den befragten Unternehmen mit nur 11 Prozent. Der Grund könnte in den großen Hindernissen beim 5G-Ausbau im Energiesektor liegen. Hierzu zählen beispielsweise unklare Rahmenbedingungen, unsichere Kosten/Nutzen-Relation sowie fehlende interne Kompetenzen. [42]

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Analysen der Daten aus Statistiken und Studien sowie Expertenmeinungen zu 5G lassen eindeutig den Nutzen und das Potential der neuen 5G-Funktechnologie im Energiesektor zur digitalen Energiewende erkennen.

Der 5G-Standard ermöglicht es, die Realisierung neuer digitalen Technologien und Anwendungen durch seine leistungsfähigen Eigenschaften zu beschleunigen. So können digitale Anwendungen, die mit den bisherigen Kommunikationstechnologien nicht ausreichend realisiert werden konnten, nun verwirklicht und in die breite Praxis umgesetzt werden. Dadurch können neue Geschäftsmodelle in fast allen Bereichen der Wertschöpfungskette in der Energiewirtschaft entstehen. Sektorkopplung in verschiedenen Branchen ist beispielsweise möglich. Es lässt sich aber auch feststellen: 5G für Smart Energy befindet sich zurzeit noch in der Test-Phase. Viele Energieversorgungsunternehmen haben noch keine Strategie für die Umsetzung von 5G in ihrem Unternehmensumfeld. Einige Unternehmen kooperieren mit Telekommunikationsunternehmen, Forschungsinstituten sowie Start-ups, um unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten oder neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und zu testen.

Neben **vierversprechenden Chancen** muss sich die Energiebranche zugleich mit großen Herausforderungen konfrontieren, die die Einführung der 5G-Technologie mit sich bringt. Die Anforderungen an das zukünftige Kommunikationsnetz sind sehr hoch. Das Energiesystem ist eine kritische Infrastruktur, die eine hohe IT-Sicherheit und Zuverlässigkeit erfordert. „Smart Energy“ ist ein hochkomplexes Zusammenspiel bzw. die Vernetzung von mehreren Energieinfrastrukturen und setzt für die Stabilität des Systems eine uneingeschränkte, fehlerfreie Funktion aller integrierten Komponenten und Akteuren voraus. Eine globale Standardisierung und damit auch eine Kompatibilität ist daher eine Forderung und ein Ziel der neuen 5G-Technologie für alle zukünftigen technischen Anwendungen und digitalen Kommunikationstechnologien.

Die **Herausforderungen** bestehen darin, eine *flächendeckende 5G-Infrastruktur* zu etablieren und die technische Kompetenz in den Unternehmen zu erhöhen. Des Weiteren muss die *Akzeptanz der Energieunternehmen* gesteigert werden, durch eine detaillierte Nutzen-/Kosten-Relation. Die gesundheitlichen Bedenken durch den Einsatz neuer hoher Frequenzen im 5G-Frequenzspektrum sind ein weiterer Aspekt, der beachtet und in Studien näher untersucht werden muss, wenn es um die Akzeptanz der Menschen und der Märkte für diese neue Technologie geht.

Nicht zuletzt sind *die sicherheitsrelevanten Aspekte* bei der Entwicklung der neuen 5G-Technologie in einer zunehmend digitalen, vernetzten und von automatisierter, künstlicher Intelligenz beeinflussten Gesellschaft von entscheidender Bedeutung.

Digitale Technologien entwickeln sich im stetigen Wandel der Zeit. Der Rollout von 5G ist noch nicht vollzogen, schon steht die Entwicklung einer neuen Generation der Funktechnologie WiFi-6 in den Versuchslaboren der Forschungsindustrie. Ist nun 5G nur ein Hype oder tatsächlich eine notwendige Basistechnologie für die digitale Transformation der Energiewende? Die Frage nach der *Nachhaltigkeit* der 5G-Technologie ist auch ein weiterer entscheidender Faktor für den Einsatz von 5G.

Fest steht: 5G wird die aktuellen Kommunikationstechnologien nicht ersetzen, sondern parallel existieren und bietet im Vergleich zu den anderen Kommunikationstechnologien deutliche Performance Verbesserungen und spielt eine wichtige Rolle zur Verwirklichung eines flexiblen, digitalen und vernetzten intelligenten Energiesystems. Die 5G-Technologie wird ihr Potential im Smart Energiesystem entfalten.

5 Literaturverzeichnis

- [1] O. D. Doleski, Herausforderung Utility 4.0 - Wie sich die Energiewirtschaft im Zeitalter der Digitalisierung verändert, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017.
- [2] Smart Energy NRW, „Künstliche Intelligenz in der Energiewirtschaft,“ November 2018. [Online]. Available: https://www.smart-energy.nrw/sites/smartenergy/files/vise_policy_brief_q_4_2018.pdf.
- [3] Smart Energy NRW, „Blockchain in der Energiewirtschaft,“ Juni 2019. [Online]. Available: https://www.smart-energy.nrw/sites/smartenergy/files/vise_policy_brief_blockchain_in_der_energiewirtschaft.pdf.
- [4] Smart Energy NRW, „Smart Energy in Haushalten: Technologien, Einstellungen, Wirtschaftlichkeit,“ Oktober 2019. [Online]. Available: https://www.smart-energy.nrw/sites/smartenergy/files/vise_policy_brief_smart_energy_in_haushalten.pdf.
- [5] Smart Energy NRW, „Forschungsstudie SmartHome Rösrath, Feldtest in 120 Haushalten zur Untersuchung von Heizenergieeinsparungen in Bestandsgebäuden,“ Februar 2018. [Online]. Available: https://www.smart-energy.nrw/sites/smartenergy/files/vise_policy_brief_q_3_2018.pdf.
- [6] Smart Energy NRW, „Regionale Virtuelle Kraftwerke - Definitive Grundlagen und erste Erkenntnisse,“ Dezember 2018. [Online]. Available: https://www.smart-energy.nrw/sites/smartenergy/files/policy_brief_regionale_virtuelle_kraftwerke.pdf.
- [7] P. Schnabel, „Mobilfunktechnik (Grundlagen),“ 2019. [Online]. Available: <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0406221.htm>. [Zugriff am 29 11 2019].
- [8] BMWI, „5G-Strategie für Deutschland – Eine offensive für die Entwicklung Deutschlands zum Leitmarkt für 5G-Netze und -Anwendungen,“ 2017. [Online]. Available: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/098-dobrindt-5g-strategie.pdf?__blob=publicationFile. [Zugriff am 22 11 2019].
- [9] I. T. Union, „Recommendation ITU-R M.2083-0, IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond,“ 2015. [Online]. Available: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-!!!PDF-E.pdf. [Zugriff am 18 12 2019].
- [10] Informationszentrum-mobilfunk.de, „Wissenswertes zu 5G,“ 2019. [Online]. Available: <http://www.informationszentrum-mobilfunk.de/technik/funktionsweise/5g>. [Zugriff am 18 12 2019].

- [11] R. S. G. ITU, „Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s),“ [Online]. Available: <https://www.itu.int/md/R15-SG05-C-0040/en>. [Zugriff am 25 11 2019].
- [12] ifo, „Wie viel ist genug? Breitbandausbau in Deutschland,“ 2016. [Online]. Available: <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2016-20-baer-et-al-breitbandausbau-2016-10-27.pdf>. [Zugriff am 17. 01. 2020].
- [13] „5G-Characterisierung,“ 2019. [Online]. Available: https://www.ip45g.de/wp-content/uploads/2019/04/WP1_2019_5G_Characterisierung_web.pdf. [Zugriff am 14 01 2020].
- [14] V. S. C. M. C.-t. C. I. C. Leidinger, „5G – Evolution oder Revolution?,“ 2019. [Online]. Available: https://5g.nrw/app/uploads/2020/01/FIR_Whitepaper-5G-Evolution-oder-Revolution.pdf?tracked.
- [15] GSMA, „Mobile Broadband - The path to 5G,“ in *ITU/SPBPU Seminar for CIS and Europe*, St. Peterburg, 2018.
- [16] F. Fokus, „ Berlin 5G Week, Wahrheit und Mythos der neuen Supertechnologie,“ [Online]. Available: https://ap-verlag.de/clickandbuilds/WordPress/MyCMS4/wp-content/uploads/2016/11/PDF-Fraunhofer-5GWeek_Mythen-Wahrheit_DE.pdf . [Zugriff am 27. 02. 2020].
- [17] Skyworks, „5G in Perspective: A Pragmatic Guide to What’s Next,“ 2017. [Online]. Available: <https://www.skyworksinc.com/-/media/SkyWorks/Documents/Products/2701-2800/5G-White-Paper.pdf>. [Zugriff am 11 2019].
- [18] Digitale Gipfel, „5G-Anwendermodelle für industrielle Kommunikationsnetze, Ergebnisdokument der Fokusgruppe 5G,“ 2018. [Online]. Available: <https://plattform-digitale-netze.de/app/uploads/2019/02/5G-Anwendermodelle-f%C3%BCr-Industrielle-Kommunikation.pdf>. [Zugriff am 17. 01. 2020].
- [19] VIAVI , „5G Network Slicing - Understand the challenges and opportunities of 5G network slicing,“ 2018. [Online]. Available: <https://www.viavisolutions.com/de-de/node/71717>. [Zugriff am 13. 01. 2020].
- [20] Fraunhofer Institute für integrierte Schaltungen IIS, „Technologien für 5G,“ [Online]. Available: <https://www.iis.fraunhofer.de/de/ff/kom/mobile-kom/5G.html>. [Zugriff am 10. 12. 2019].
- [21] 5G Americas, „5G at the Edge, White Paper,“ Oktober 2019. [Online]. Available: <https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/10/5G-Americas-EDGE-White-Paper-FINAL.pdf>. [Zugriff am 05. 12. 2019].
- [22] Intellias, „Top Uses of 5G in the Energy Sektor,“ [Online]. Available: <https://www.intellias.com/top-uses-of-5g-in-the-energy-sector/>. [Zugriff am 15 01. 2019].

- [23] National 5G Energy Hub, „Einführung zukunftsfrächtiger Kommunikationsstrukturen in der Energietechnik,“ [Online]. Available: <https://n5geh.de/>. [Zugriff am 05. 12. 2019].
- [24] CISCO, „Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update,“ 2019. [Online]. Available: <http://www.sinder.org.br/wp-content/uploads/2015/03/Cisco-Visual-Networking-Index-Global-Mobile-Data-Traffic-Forecast-Update-2014%E2%80%932019-White-Paper.pdf>. [Zugriff am 15. 01. 2020].
- [25] 5G - PPP, „5G and Energy, White Paper,“ 2015. [Online]. Available: <http://www.nrg5.eu/wp-content/uploads/2019/03/9ea7f56690970bd89c19a424b7598bd4c887-2.pdf>. [Zugriff am 20. 01. 2020].
- [26] 5G Infrastructure Association, „5G and Energy,“ 2015. [Online]. Available: https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White_Paper-on-Energy-Vertical-Sector.pdf. [Zugriff am 05. 12. 2019].
- [27] NRG-5, „Energy as a Service,“ 2017. [Online]. Available: <http://www.nrg5.eu/>. [Zugriff am 21. 01. 2020].
- [28] T. Zahariadis, „Smart Grid: a demanding use case for 5G technologies,“ 2018. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/328157762_Smart_Grid_a_demanding_use_case_for_5G_technologies. [Zugriff am 09. 03. 2020].
- [29] Deutsche Telekom, „Auf dem Weg zu 5G,“ [Online]. Available: <https://www.e-paper.telekom.com/5g/#0>. [Zugriff am 21. 01. 2020].
- [30] RWTH Aachen; NRG-5, „5G RWTH/ Smart Grid Labor,“ [Online]. Available: <http://www.nrg5.eu/lab-4/>. [Zugriff am 21. 01. 2020].
- [31] I. Roth, „12. Digitalisierung in der Energiewirtschaft – Technologie Trends und ihre Auswirkungen auf Arbeit und Qualifizierung – Working Paper Forschungsförderung von Hans Böckler Stiftung,“ 2018. [Online]. Available: https://www.boeckler.de/pdf/p_fofoe_WP_073_2018.pdf. [Zugriff am 12. 11. 2019].
- [32] National 5G Energy Hub, „Definition von Anwendungsfälle von 5G,“ 2019. [Online]. Available: <https://n5geh.de/downloads-extern/>. [Zugriff am 14. 01. 2020].
- [33] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, „Smart Meter und digitale Stromzähler, Eine sichere digitale Infrastruktur für die Energiewende,“ 2020. [Online]. Available: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/smart-meter-und-digitale-stromzaehler.pdf?__blob=publicationFile&v=4. [Zugriff am 18. 03. 2020].
- [34] E. M. Dauxerre, „How 5G enables Advanced Metering Infrastructure for smarter Utilities?,“ März 2019. [Online]. Available: <https://www.telit.com/blog/how-5g->

enables-advanced-metering-infrastructure-smarter-utilities/. [Zugriff am 12. 03. 2020].

- [35] NRG-5, „Realizing dezentralized, trustedlock -in free “Plug and Play Vision”,“ [Online]. Available: <http://www.nrg5.eu/realizing-decentralized-trustedlock-in-free-plug-play-vision/>. [Zugriff am 14. 03. 2020].
- [36] Infineon, „Smart Home, alles was Sie wissen sollen,“ November 2017. [Online]. Available: <https://www.infineon.com/cms/de/discoveries/smart-home-basics/>. [Zugriff am 14. 03. 2020].
- [37] E. Ludewig, „Smart Home Potential durch fehlende Unterstützung von Multiplikatoren gehemmt, Studie von EResult,“ [Online]. Available: <https://www.usabilityblog.de/studienergebnisse-smarthome-potenzial-durch-fehlende-unterstuetzung-von-multiplikatoren-gehemmt/>. [Zugriff am 04. 03. 2020].
- [38] D. J. Torrance, „The Importance of 5G for utilities,“ 2018. [Online]. Available: <https://electricenergyonline.com/energy/magazine/1165/article/The-Importance-of-5G-for-Utilities.htm>. [Zugriff am 09. 03. 2020].
- [39] Deutsche Telekom, „Mit 5G wird Smart City zur Realität, Deutsche Telekom,“ [Online]. Available: <https://www.telekom.de/unterwegs/was-ist-5g/5g-smart-city>. [Zugriff am 09. 03. 2020].
- [40] ENIT-Systems, „Predictive Maintaince, wie Energiemonitoring hilft, Produktionsausfälle zu minimieren,“ [Online]. Available: <https://www.enit-systems.com/blog/predictive-maintenance/>. [Zugriff am 04. 03. 2020].
- [41] NRG-5, „Preventive Maintaince of critical Infrastructure using 5G Networks and drones,“ [Online]. Available: <http://www.nrg5.eu/wp-content/uploads/2019/03/9ea7f56690970bd89c19a424b7598bd4c887-2.pdf>. [Zugriff am 04. 03. 2020].
- [42] Detecon, „5G in der Energiewirtschaft, Ergebnisse der Detecon Markumfrage,“ Juli 2019. [Online]. Available: https://www.detecon.com/drupal/sites/default/files/2019-06/Detecon_5G_Markumfrage_2019.pdf. [Zugriff am 16 12. 2019].
- [43] LTE-Anbieter, „Wie die mobile Datenübertragung laufen lernte - die Mobilfunk Geschichte vom A-Netz bis LTE,“ 2018. [Online]. Available: <https://www.lte-anbieter.info/lte-geschichte.php>. [Zugriff am 03. 12. 2019].
- [44] Ericsson, „The 5G business potential - Ericsson Report, second edition,“ 2017. [Online]. Available: <https://dokumen.tips/documents/the-5g-business-potential-ericsson-reportthe-5g-business-potential-second-edition.html>. [Zugriff am 20. 01. 2020].