Digital Gipfel

5G-Anwendermodelle für industrielle Kommunikation

www.plattform-digitale-netze.de

Ergebnisdokument der Fokusgruppe 5G

Plattform „Digitale Netze und Mobilität“

Inhalt

01 Einleitung und Motivation 4
02 Zukünftige Kommunikationsanforderungen für industrielle Anwendungen 5
03 Gemeinsamkeiten und Spezifika verschiedener Anwendungsgebiete 7
04 Bedarfsgerechte Netzarchitekturen für industrielle Netze 8
05 Modelle für den Netzbetrieb 11
06 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen an die Politik 12

01

Einleitung und Motivation

Mit voranschreitender Digitalisierung wächst die Dynamik bei der Datengewinnung und Verarbeitung in fast allen Wirtschaftsbereichen. Nicht nur im Privatkundenbereich werden immer mehr Geräte, Gegenstände und Sensoren digitalisiert und vernetzt. Nutznießer von Digitalisierung sind gerade auch Prozesse und Produkte über die gesamte wirtschaftliche Wertschöpfungskette hinweg (Stichwort „Industrie 4.0“). Diese umfasst nicht nur die Industrie im engeren Sinne, sondern die gesamte Wirtschaft beispielsweise mit Landwirtschaft, Energiewirtschaft, Gesundheitswirtschaft, Medienindustrie mit Produktions-, Veranstaltungs- und Konferenztechnik.

5G-Anwendungsgebiete

Es entstehen neue Dienste und Geschäftsmodelle, die die Möglichkeit nutzen, Daten in Echtzeit, mobil und in großer Menge zu verarbeiten. Die hohe Innovationsgeschwindigkeit bei Hard- und Software sowie neue Netzwerkarchitekturen (Stichworte „Edge-Cloud“ und „Network Slicing“) werden in den kommenden Jahren immer mehr und neue – auch heute noch nicht vorhersehbare – Anwendermodelle ermöglichen. Hochleistungsfähige 5G-Telekommunikationsnetze mit planbarer Quality of Service bilden das Rückgrat der Digitalisierung. Aktuell ist die internationale Standardisierung darauf ausgerichtet, dass die erste Version von 5G ab ca. 2019/2020 technisch verfügbar ist. Auf dieser Grundlage wird in folgenden Releases des Standards die 5G-Technik weiterentwickelt, insbesondere um neue Anforderungen zu adressieren. Um die notwendigen Netzinfrastrukturen aufzubauen, müssen die rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen geeignet

Abbildung 1: 5G-Netze als Rückgrat der Digitalisierung für Endverbraucher und Wirtschaft

sein, Investitionen sowohl für den Netzaufbau als auch für die Entwicklung neuer Dienste und Geschäftsmodelle mit planbaren Qualitäten für die verschiedenen Anwendermodelle zu initiieren.

Im Rahmen der Arbeiten der Fokusgruppe 5G zum IT-Gipfel 2016 und Digital Gipfel 2017 wurde der Punkt „Anwendermodelle“ als wichtige Diskussionsrichtung erkannt. Hintergrund ist die erklärte Absicht der Fokusgruppe 5G, entsprechend der 5G-Vision alle zukünftigen Nutzer der 5G-Technologie für die Ausprägung der 5G-Funktionalitäten zur kooperativen Zusammenarbeit zusammenzubringen. Das vorliegende Papier klärt über den Sachstand der Möglichkeiten in diesem Themenkomplex auf und formuliert Handlungsempfehlungen für die Politik.

02
Zukünftige Kommunikationsanforderungen für industrielle Anwendungen

Bisher wurde der Bedarf an Funkkommunikation für Industrieanwendungen durch lokale Funklösungen (WLAN, industrielles WLAN, Bluetooth™ etc.) überwiegend in unlizensierten Bändern und/oder durch Mobilfunknetze (z. B. TETRA, 2G/3G/4G) unter Nutzung von lizensierten Bändern umgesetzt. Eine physische Trennung zwischen diesen Funklösungen war aufgrund unterschiedlicher Anforderungen notwendig, vom Endgerät über das Spektrum bis zur Netzinfrastruktur und dem Netzbetrieb. Eine solche physikalische Trennung kann kostenintensiv sein und führt ggf. zu geringen Skaleneffekten. Zukünftig wird es bei 5G darum gehen, wie unterschiedliche Anforderungen unterschiedlicher Industrien in den Netzen bedarfsorientiert abgebildet werden. Mit 5G entsteht ein „Netz der Netze“, das mit Hilfe von LTE sofort eine flächendeckende Versorgung anbietet und gleichzeitig Skaleneffekte, sowohl auf der Endgeräteseite bei der Nutzung von Spektrum, als auch auf der Netzinfrastruktur-und Netzbetriebsseite ermöglicht.

Darüber hinaus werden jedoch viele industrielle Anwendungen zukünftig eine deutlich höhere Leistungsfähigkeit bezüglich Datenraten, Latenz und Zuverlässigkeit und daher zugeschnittene Anwendernetze notwendig machen, die auf Basis leistungsfähiger 5G-Netze, insbesondere mit der Möglichkeit planbarer Qualitätsparameter realisiert werden.

Aus wirtschaftlichen Betrachtungen ist es von Interesse, international verfügbare Ökosysteme zu nutzen, da nur so kostengünstige Lösungen für Chipsätze, Endgeräte und Infrastruktur angewendet werden können. Aus diesem Grund werden die Rahmenbedingungen zur domainspezifischen Einbindung von 5G international und national bereits vielfältig in verschiedenen Standardisierungs-, Forschungs- und Regulationsgremien diskutiert, um zusätzlich zu bestehenden Lösungen aus öffentlichem Netzbetrieb und lokalen Netzen neue Modelle zu ermöglichen. Die Umsetzung dieser Möglichkeiten in Geschäftsmodelle und damit in eine gesellschaftliche Wertschöpfung wird wesentlich von den Rahmenbedingungen für entsprechende Investitionen abhängen. Dabei sollen auch kommerzielle Geschäftsbeziehungen ermöglicht werden.

Nachfolgend sind beispielhaft konkrete Anforderungen einiger Anwendungsbereiche aufgeführt.

Industrie 4.0
Zukünftige intelligente Fabriken wandeln sich von einer statischen und sequentiellen Produktion zu zeitlich und räumlich flexibel und modular aufgebauten Produktionssystemen. Dazu gehören mehr mobile und vielseitige Produktionsanlagen, die eine moderne, leistungsfähige und effiziente drahtlose Kommunikation sowie Lokalisierungsdienste erfordern. Cyber-physische Produktionssysteme sind auf eine zuverlässige und leistungsfähige digitale Infrastruktur angewiesen, die hohen Kommunikationsanforderungen genügt, damit Menschen, Maschinen, Produkte und alle Arten von anderen Geräten flexibel, sicher und verlässlich miteinander kommunizieren werden. Bereits heute ist die industrielle Kommunikationsinfrastruktur komplex aufgebaut und erfordert flexible Optionen in der Integration von unterschiedlichen Technologien zur Sicherstellung eines stabilen Produktionsprozesses. Damit diese Zuverlässigkeitsanforderungen gewährleistet werden können, sind neben dem notwendigen Prozesswissen

zu einer industriellen Produktion auch flexible Betreibermodelle zur Absicherung und Einbindung unterschiedlichster Funktechnologien im Netzbetrieb erforderlich. Zukünftig werden somit erweiterte Optionen im Netzbetrieb notwendig werden: vom ressourcenoptimierten Mitnutzungsbetrieb eines öffentlichen Netzes, bis zum autarken Privatbetrieb, der aus Haftungsgründungen notwendig sein kann. Darüber hinaus erfordern hochdynamische Fertigungsprozesse Realtime Mechanismen, welche nur mit lokalen Netzstrukturen, die gegebenenfalls lokal dediziertes Spektrum erfordern, realisierbar sind. Der Schutz von Geschäftsgeheimnissen sowie die Gefahrenabwehr gegen Cyberangriffe können erfordern, den Betrieb und die Kontrolle des Funknetzes eines Produktionsstandortes in die Hand des lokalen Betreibers zu legen.

Automatisiertes Fahren

Bereits heute werden in Fahrzeugen unterschiedlichste Funklösungen für verschiedenste Anwendungen (z. B. Telematik, Routenplanung, Internet, Diebstahlsschutz etc.) intensiv genutzt. Darüber hinaus ist ab April 2018 die Notrufautomatik „eCall" für Neufahrzeuge in der EU vorgeschrieben. Für die direkte Kommunikation zwischen Fahrzeugen sind Technologien im sogenannten ITS-Frequenzband zur Marktreife entwickelt worden. Mobilität hat eine herausragende Bedeutung für unsere Gesellschaft und steht aktuell vor einem fundamentalen Umbruch. Automatisierte, vernetzte bis hin zu selbstfahrenden Fahrzeuge werden unsere persönlichen Lebensbedingungen ändern, aber auch Einfluss auf viele Industrie- und Servicebereiche wie Logistik und Versicherungen haben. Wichtige Zielsetzung ist neben dem individuellen Komfort die Steigerung der Verkehrssicherheit und -effizienz. Ein wichtiger Bestandteil der Automatisierung von Fahrzeugen ist die Kooperation, welche sowohl durch die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander, als auch mit der Verkehrsinfrastruktur erreicht wird. Eine Voraussetzung zur Nachrichtenübermittlung zwischen Fahrzeugen, aber auch zur Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Backend-Systemen bzw. der Cloud sind ausreichende und verfügbare Ressourcen mit einer definierten und vorhersagbaren erforderlichen Mindestqualität. Hierzu werden allgemein zugängliche Lösungen benötigt, damit Fahrzeuge herstellerunabhängig jederzeit bedarfsgerecht kommunizieren können.

Energieversorgung / Smart Grid

Das elektrische Energieversorgungsnetz muss überwiegend auf Grundlage massenhaft im System verteilter Anlagen sicher und zuverlässig betrieben werden. Intelligente Energienetze werden dabei bestimmt durch einen hohen Vernetzungsgrad zahlreicher dezentraler Anlagen. Das Datenaufkommen steigt insbesondere durch Verbrauchs- und Einspeiseüberwachungen und die Kommunikation zwischen zahlreichen Marktakteuren stark an. Die 5G-Kommunikationstechnologie bietet mögliche Optionen zur Lösung der anstehenden Herausforderungen durch die Energiewende im Netzbetrieb, beispielsweise durch zugeschnittene Netzressourcen, die einer regionalen Energienetzstruktur folgen.

Medien- und Veranstaltungsproduktion

Der Begriff „Programme Making and Special Events" (PMSE) umfasst alle Anwendungen der Produktions-, Veranstaltungs- und Konferenztechnik. PMSE bedient hierbei insbesondere die Bereiche Audio (z. B. Mikrofone und Beschallungsanlagen), Video (z. B. Kameras, Scheinwerfer und Effekte) und weitere Bühnentechnik. PMSE-Systeme kommen daher insbesondere bei Anwendungen der Kultur- und Kreativindustrie zum Einsatz. Der Einsatz von PMSE-Systemen erfolgt mobil (z. B. Reportage-Teams), als nomadische Installation (Pressekonferenz, Musikkonzert, Roadshows) oder als Festinstallation (Theater, Kongresszentrum, Stadion), jeweils mit hohen Anforderungen hinsichtlich zulässiger Latenz und Zuverlässigkeit der Übertragung. Gerade bei großen Veranstaltungen kommt es durch die Audio- und Video-Produktion, die Sicherheitsdienste, Presse, Veranstalter, Gewerbetreibende und durch das Publikum zu einem hohen, lokalen Bedarf an Funkspektrum und Infrastrukturmaßnahmen. Die Bedarfe aller dieser Nutzergruppen können nur durch eine sinnvolle Kombination von Kommunikationslösungen aus öffentlichen Netzen und privaten Infrastrukturen gedeckt werden. Die Netzarchitektur von 5G wird zukünftig die Rolle des Integrators dieser unterschiedlichen Kommunikationswege übernehmen.

03

Gemeinsamkeiten und Spezifika verschiedener Anwendungsgebiete

Wie bei den früheren Mobilfunkgenerationen ist auch der Weg zu 5G eine Evolution der Technik. Als Netz der Netze ist 5G neben originären Leistungsmerkmalen des neuen 5G-Standards durch die Koexistenz, Integration und Weiterentwicklung von 4G/LTE und anderen Netztechnologien charakterisiert. Es gibt Anwendungen, die sich schon heute und auch zukünftig mit 4G/LTE realisieren lassen und ggf. bedarfsgerecht weiterentwickelt werden. Hierzu zählen z.B. landwirtschaftliche Applikationen in der großen Fläche oder das Auslesen von Stromzähler-Verbrauchsstäden.

Die Entwicklung und anwendungsbezogene Verfügbarkeit von 5G wird auch von den weiteren Standardisierungsschritten abhängen. Bereits heute werden Basisstationen verbaut, die 5G-fähig sind und entlang der zunehmenden Verfügbarkeit von 5G Endgeräten lediglich eines Softwareupdates zur späteren 5G-Nutzung bedürfen.

Mit 5G werden künftig auch die verschiedenen Anforderungen von Anwendungsgebieten an die Technologie berücksichtigt, wie z. B. in den Bereichen Latenz, Zuverlässigkeit, Durchsatz und Energieeffizienz. So wird beispielsweise im Bereich Industrie 4.0 für bestimmte Anwendungsszenarien eine Latenz von < 1 ms wichtig sein, wohingegen für das automatisierte Fahren eine Latenz von ≤ 10 ms ausreichend sein wird.

04

Bedarfsgerechte Netzarchitekturen für industrielle Netze

Die 5G-Technologie bietet verschiedene Leistungsmerkmale, die Anforderungen an industrielle Kommunikation zu erfüllen und bedarfsgerechte Netzarchitekturen müssen zwei Betrachtungsweisen adressieren: zum einen Gerätenetze mit einer Vielzahl an angebundenen Geräten unterschiedlichster Technologien, welche in ein lokales 5G-Netz eingebunden werden, sowie die Kooperation mit öffentlichen Netzen, beispielsweise für Ressourcenoptimierung und auch Weitverkehrsanbindung.

Die Auswahl der bedarfsgerechten Netzarchitektur(en) ist vom Anwendungsfall abhängig und 4 Ausprägungen von 5G-Netzen werden wie folgt beschrieben:

Lokale 5G-Netzstruktur unter Einbindung verschiedener Technologien

Eine lokale 5G-Infrastruktur kann eine Vielzahl von Sensoren, Geräten, Maschinen, Robotern, Aktuatoren und Terminals mit industriellen Netzfunktionen verbinden, um Daten zu erfassen, zu koordinieren und zu teilen. Einige dieser Geräte können direkt mit einem autark betriebenen 5G-Netzwerk angebunden sein beziehungsweise über Gateways in das 5G-Netz integriert werden.

Diese Netzstruktur ermöglicht es dem industriellen Nutzer eine schrittweise Migration von 5G in den industriellen Wirkbetrieb umzusetzen. Außerdem sind neue Anwendungen mit hohen Qualitätsanforderungen in einem lizenzierten 5G-Qualitätspektrum, über ein autark betriebenes 5G-Netzwerk, ausführbar.

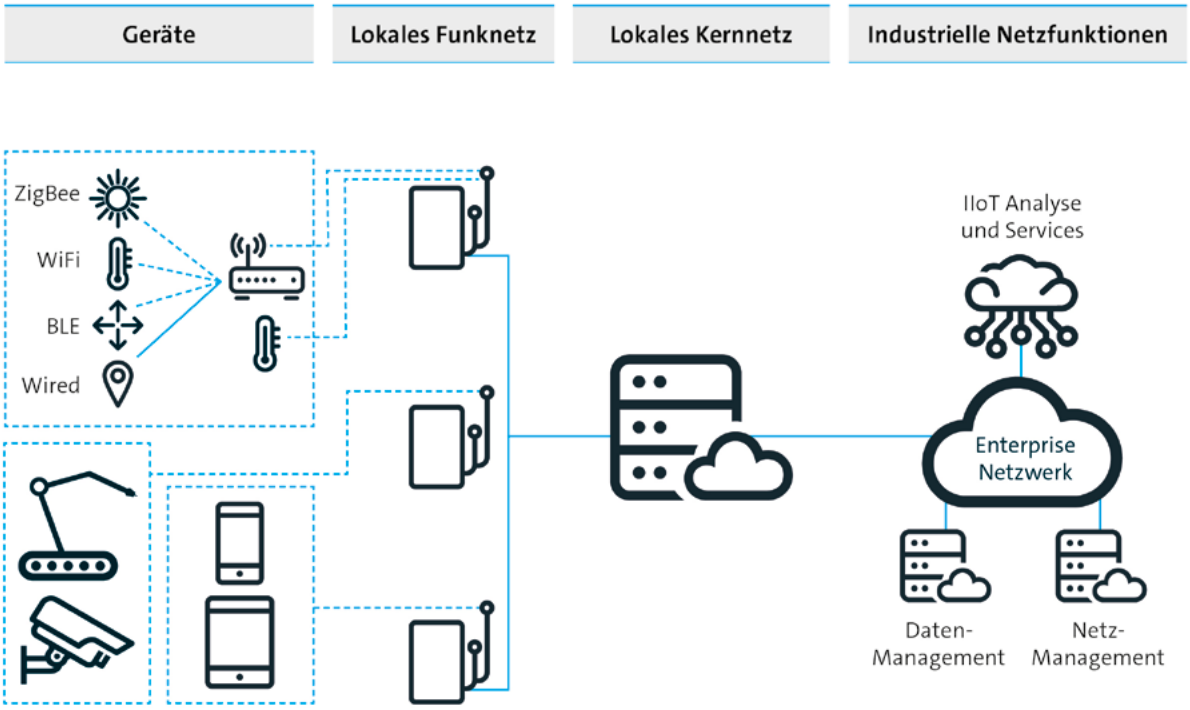

Abbildung 2: Gerätenetze eingebunden in eine lokale 5G-Netzarchitektur[2]

2 Quelle: 3GPP TR 22.804

Edge Cloud / Multi-Access Edge Computing (MEC)
Zur Erreichung kürzerer Antwortzeiten werden zunehmend verteilte Netzarchitekturen entwickelt, bei denen die Verarbeitung der Daten so nah wie möglich am Ort ihres Entstehens stattfindet. In heutigen Netzen sind die Datentransportzeiten teilweise länger als die für das Verarbeiten und die Funkübertragung erforderlichen Zeiten. Das bedeutet, dass in Summe kürzere Antwortzeiten durch eine Verkürzung der Wege und durch die Reduzierung der Anzahl der zwischengeschalteten Netzelemente erreicht werden können.

Das europäische Standardisierungsinstitut ETSI untersucht dies unter dem Begriff Multi-Access Computing (andere gängige Begriffe sind Mobile Edge Computing, Edge Cloud oder Cloudlets)[3]. Dieses Prinzip basiert darauf, dass die Datenverarbeitung auf Standard-IT-Equipment näher zum Anwender gebracht wird, in dem z. B. Rechenkapazität direkt an Funkbasisstationen oder den ersten Aggregationspunkten verfügbar gemacht werden. Damit verringert sich der Aufwand für den Datentransport und die in 5G vorgesehenen Latenzzeiten im ms-Bereich werden erreichbar. Gleichzeitig erlaubt das Prozessieren der Daten „vor Ort“, vertrauliche Daten lokal, z. B. innerhalb eines Fabrikgeländes, zu halten.

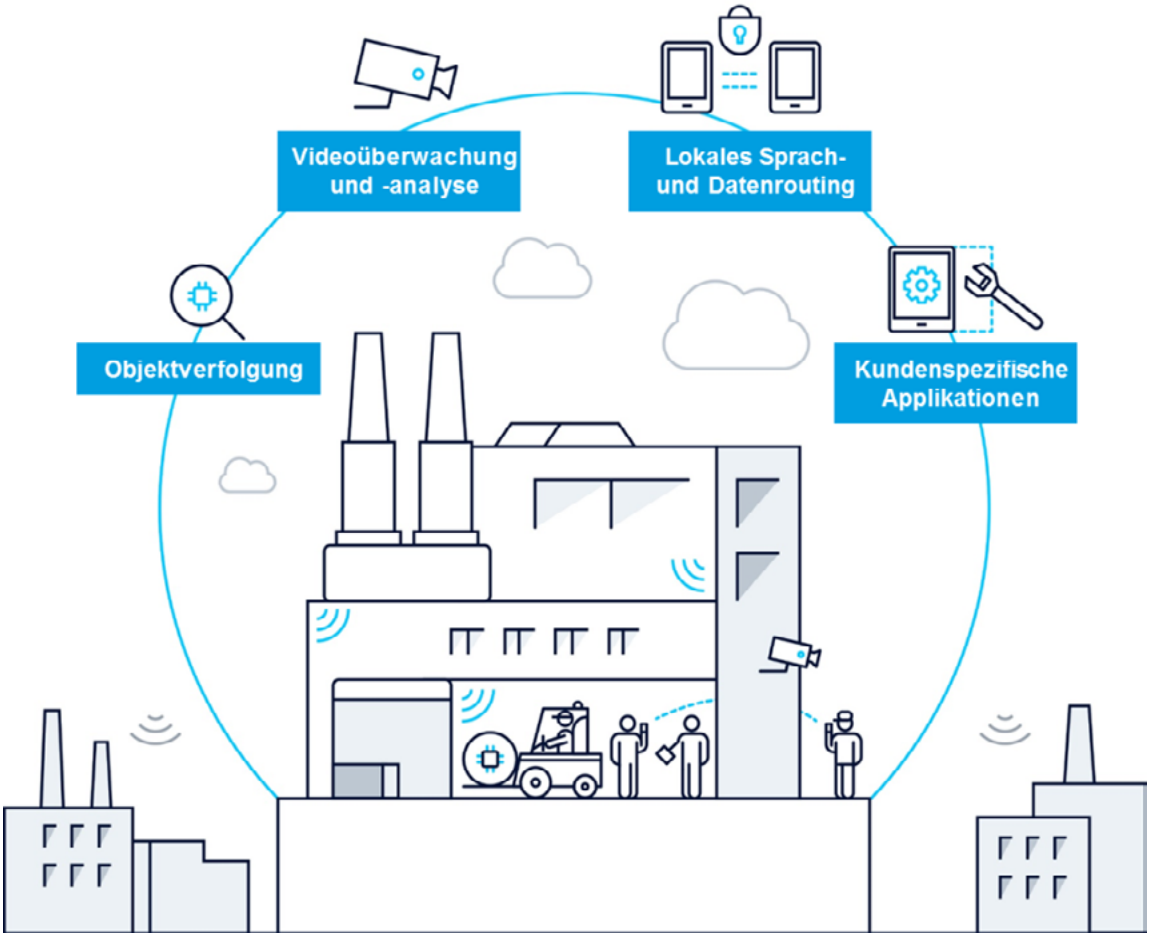

Abbildung 3: Edge-Cloud Netzarchitektur

3 Siehe auch http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/multi-access-edge-computing

Network Slicing (zugeschnittene Netzressourcen)
Eines der wichtigsten Konzepte von 5G stellt das sogenannte Network-Slicing dar. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um den Ansatz, auf einer physikalischen 5G-Netzwerkinfrastruktur aus Basisstationen, Transport- und Kernnetzfunktionen sowohl dienstetyp- als auch anwenderspezifisch voneinander unabhängige Subnetze zu realisieren. Die technologischen Grundlagen dafür liegen unter anderem im software-definierten Netzwerkansatz (SDN) und der mehrschichtigen Cloud-Architektur für alle Netzfunktionen.

Bezogen auf die bestimmenden 5G-Netzparameter, wie maximalen Durchsatz, Ende-zu-Ende-Verzögerung oder beispielsweise Datenverkehrsflächendichte, können die einzelnen Subnetze völlig verschiedene Charakteristika aufweisen. Ganz generell diskutiert die Industrie insbesondere Spezialnetze für die ultra-verfügbaren Verbindungen mit geringster Verzögerung (URLLC) parallel auf der gleichen Netztechnik wie beispielsweise die videodominierten mobilen Breitbanddienste oder auch Slices für das Internet der Dinge mit höchster Endgerätedichte. Ein weiterer Vorteil des Slicings ergibt sich aus der flexiblen Ressourcenzuteilung, d. h. die Kapazitäten der Netze können im Gesamtressourcenrahmen gegenseitig „atmen", um beispielsweise wechselseitige Spitzenlastsituation räumlich wie auch zeitlich ausgleichen zu können. Hier liegt sicher der große Vorteil dieses neuen Konzeptes, denn die Mehrfachnutzung einer bestehenden Systemtechnik hat neben den Kosteneffekten der Cloud-Architekturen auf kommerziell verfügbaren Komponenten das größte Potential für die Befriedigung unterschiedlichster Anwenderanforderungen. Eine Voraussetzung dafür sind Investitionen in die notwendige Netzinfrastruktur und damit ausreichenden Ressourcen, die dann im Sinne des Slicing mit maximaler Flexibilität für die jeweiligen Anwendungen bereitgestellt werden können.

Multi-Access Edge Computing und Network Slicing
Die Kombination von Multi-Access Edge Computing und Network Slicing eröffnet vielfältige Anwendungsfälle. Applikationen mit kurzen Latenzanforderungen können vollständig lokal abgebildet werden, während andere Telekommunikationsanwendungen auf zentralen Verarbeitungsknoten laufen. Zentrale und lokale Dienste können dabei gemeinsam lizensiertes und/oder allgemein zugeteiltes Spektrum und gemeinsame Funkstationen nutzen. Frequenznutzungsrechte sowie das Investment in und der Betrieb von Funknetzen und der lokalen Verarbeitungsknoten können sowohl beim Betreiber des öffentlichen Netzes, als auch beim Betreiber des privaten Netzes, oder bei beiden liegen.

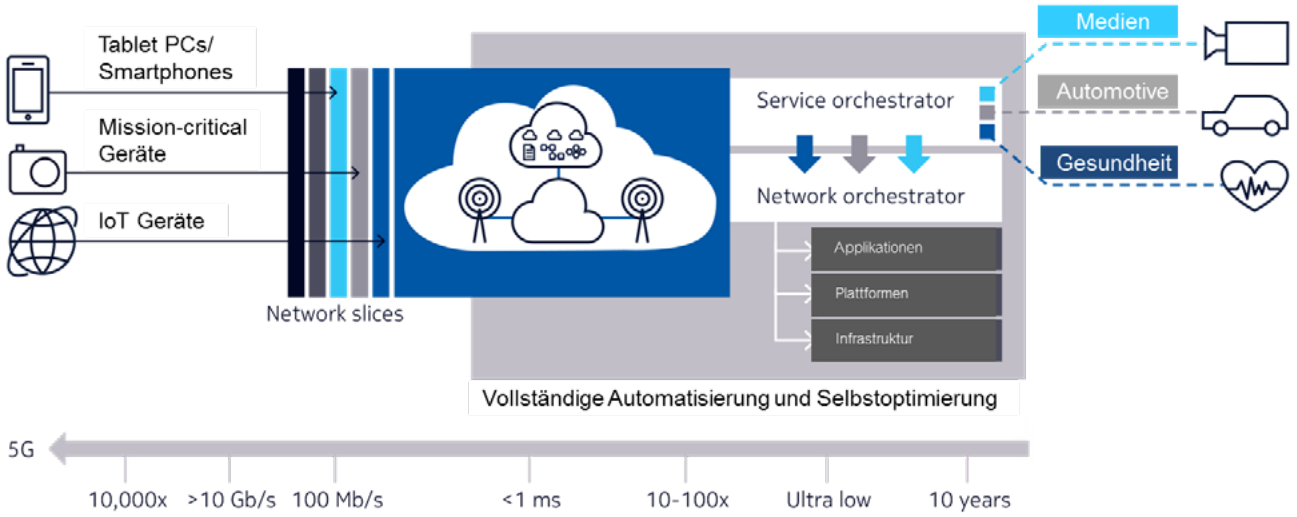

Abbildung 4: Network Slicing Architektur

05

Modelle für den Netzbetrieb

Für einen verlässlichen Netzbetrieb aus Nutzersicht sind folgende Kernbereiche im Zusammenspiel notwendig: verfügbares Spektrum, ein ausgebautes Funknetz, ein mit dem Anwendungsfall korrespondierendes Netzmanagement. Während heute im Wesentlichen zwischen öffentlichen und privaten Netzen, die in der Regel unabhängig sind, unterschieden werden kann, wird zukünftig auch eine Kooperation mehrerer Modelle möglich, um die vielfältigen Anforderungen zu erfüllen.

Die Kooperation zwischen öffentlichen und privaten Netzbetreibern kann eine bedarfsgerechte Verteilung der Netzressourcen, um verschiedenste Anforderungen effizient erfüllen zu können ermöglichen. Öffentliche Netze zeichnen sich in der Regel durch eine parallele Verfügbarkeit unterschiedlicher Frequenzressourcen aus, um z. B. sowohl eine geeignete Versorgung in Gebäuden als auch durch Kombination der Ressourcen (Stichwort „Carrier-Aggregation“) hohe Datenkapazitäten und Datenraten zur Verfügung zu stellen. Der private Netzbetrieb ist darauf ausgelegt, die hohen Zuverlässigkeitsanforderungen, beispielsweise die Mensch-Maschine-Kollaboration in der industriellen Fertigung, durch hohe Sicherheitsanforderungen zu gewährleisten. Das private Netz kann vom Anwender selbst oder einem von ihm beauftragten Dienstleister geplant, aufgebaut und/oder betrieben werden. Gerade für kleinere Unternehmen kann eine erweiterte Rolle der Betreiber der öffentlichen Netze als ein solcher Dienstleister vorteilhaft sein. Zu diesem Zweck sind standardisierte und einfach umsetzbare Lösungen anzustreben.

	HEUTE			ZUKÜNFTIG ZUSÄTZLICH		
	Öffentliches Netz		**Privates Netz**	**Kooperatives Netz für industrielle Anwendungen**		
Frequenzen Ressource	harmonisiert		teilweise harmonisiert	harmonisiert		
Frequenzen Nutzungsrechte	lizensiert		meist unlizensiert	lizensiert und unlizensiert		
Economy of scale	hoch		gering	hoch		
Funknetz Eigentümer	Netzbetreiber		industrieller Anwender	öffentlicher Netzbetreiber	*oder*	industrieller Anwender
Funknetz Betreiber	Netzbetreiber			öffentlicher Netzbetreiber	*oder*	industrieller Anwender
Applikationsmanagement	Netz-betreiber	industrieller Anwender	industrieller Anwender	öffentlicher Netzbetreiber	*oder*	industrieller Anwender
Interoperabilität	mit anderen öffentlichen Netzen		anwendungsabhängig	je nach Bedarf mit öffentlichen und/oder anderen privaten Netzen		

Tabelle 1: Modelle für industrielle 5G-Netze[4]

4 Lizenzierte Frequenzen bedeutet eine durch den Regulierer einzeln zugeteilte Frequenznutzung

06

Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen an die Politik

Deutschland soll, gemäß der 5G-Strategie für Deutschland[5], Leitmarkt für 5G-Anwendungen werden. Bis spätestens Ende 2020 sollen die Voraussetzungen für den Aufbau der 5G-Netze geschaffen werden. Damit Deutschland zum Leitmarkt für 5G-Anwendungen wird, fördert die Bundesregierung die Entwicklung nachhaltig wettbewerbsorientierter Märkte und setzt zur Stärkung der Innovationskraft auf innovationsfreundliche Rahmenbedingungen für Infrastrukturinvestitionen sowie nutzergerechte Dienste- und Angebotsvielfalt.

Daher sollte das Ziel sein, auf nationaler und europäischer Ebene eine bedarfsorientierte Frequenzpolitik als Basis für eine breite wirtschaftliche Entfaltung der in Deutschland starken Anwenderindustrien zu ermöglichen. Das bereits in Europa angewandte Prinzip der Technologie- und Serviceneutralität ist dafür ebenso wie die Ermöglichung flexibler Geschäftsmodelle wesentliche Voraussetzung.

Für den Ausbau von 5G-Infrastrukturen sind daher folgende Rahmenbedingungen zu schaffen:

- Für den Aufbau flächendeckender und lokaler Netzinfrastrukturen und für die Entwicklung neuer Dienste und Geschäftsmodelle sind stimulierende Rahmenbedingungen für Investitionen und Innovationen zu schaffen.
- Sowohl private als auch öffentliche Netze benötigen bedarfsgerechte Spektrumsressourcen, um die Anforderungen aller Nutzer, insbesondere aber die der industriellen Anwender zu erfüllen. Hierfür sind geeignete flexible, transparente Rahmenbedingungen zu entwickeln.
- Die Spektrumsnutzung muss für die jeweiligen Frequenznutzer langfristig planbar sein.

Darüber hinaus sind standardisierte Schnittstellen für Monitoring, Konfiguration und nahtlose Interoperabilität des Netzbetriebes notwendig, die von den entsprechenden Standardisierungsorganisationen definiert werden müssen. Für die Zusammenschaltung privater und öffentlicher Netze sind gegenseitige Nutzungsvereinbarungen und Verrechnungsmodelle auf kommerzieller Basis erforderlich.

5 Vgl. 5G-Strategie für Deutschland | Eine Offensive für die Entwicklung Deutschlands zum Leitmarkt für 5G-Netze und – Anwendungen; BMVI Juli 2017

Digital Gipfel

Ergebnisdokument der Fokusgruppe 5G
Dezember 2018
Herausgeber:
Digital-Gipfel
Plattform „Digitale Netze und Mobilität“

Alle Dokumente, aber auch Erklärfilme, Interviews und Videos der Plattform 1 „Digitale Netze und Mobilität“ sowie Hintergrundinformationen sind auf der Website der Plattform zur Verfügung gestellt:

www.plattform-digitale-netze.de