

---

# 5G – Schlüsseltechnologie für die vernetzte Gesellschaft

Ergebnisdokument der Fokusgruppe 5G  
Plattform „Digitale Netze und Mobilität“





# Inhalt

00	Executive Summary	4
01	Vision 5G	7
02	Anwendungsfelder	9
02.1	Anwendungsfeld: Zukünftige Mobilität	9
02.2	Anwendungsfeld: Industrieautomatisierung	11
02.3	Anwendungsfeld: Logistik	12
02.4	Anwendungsfeld: Systemsteuerung (Smart Factory)	13
02.5	Anwendungsfeld: Mediennutzung	15
02.6	Anwendungsfeld: Intelligente Energienetze	16
03	Anforderungen der Anwendungsfälle	19
03.1	Ultrahohe Datenraten	19
03.2	Echtzeit Reaktion – Taktiles Internet	19
03.3	Optimale Verfügbarkeit	20
03.4	Sichere Verfügbarkeit	21
03.5	Sicherheit	21
03.6	Energieeffizienz	22
04	Technologische und regulatorische Anforderungen an 5G	23
04.1	Spektrumsbedarf	23
04.2	Spektrumsmanagement	24
04.3	Funkübertragungstechnik	24
04.4	Backhaul	25
04.5	Netzarchitektur	25
04.6	Berücksichtigung der Anforderungen der Übertragung von Rundfunkinhalten	25
04.7	Testfrequenzen und Modellregionen	26
04.8	Internationale Standardisierung	26
04.9	Netzneutralität – Priorisierung von Diensten	27
04.10	Erfolgreiche Geschäftsmodelle ermöglichen – 5G Investitionen fördern	27
05	Die Partner	28

## Executive Summary

Die Vernetzung von Märkten, Branchen, Industrien und der Gesellschaft wird sich in den kommenden Jahren radikal verändern. Stand bisher die infrastrukturelle breitbandige Basisvernetzung im Vordergrund, geht es zukünftig um die Vernetzung nahezu aller Dinge zu einem „Internet of Things“. In den kommenden Jahren werden nicht mehr nur Millionen von Smartphones und Computern vernetzt sein. Die momentan in der Entwicklung befindliche fünfte Mobilfunk- und Netztechnologie „5G“ hat den Anspruch, die zukünftigen Anforderungen an die Kommunikation in dieser vollständig vernetzten Informationsgesellschaft sehr viel umfassender als bisher zu erfüllen.

Die 5G-Technologie wird sich u. a. durch eine vielfach höhere Datenkapazität sowie eine sehr geringe Reaktionszeit (Latenz) auszeichnen. Mit diesen Charakteristika wird 5G eine wesentliche technologische Grundlage für Entwicklungen im Bereich Industrie 4.0 und für eine generelle verstärkte Vernetzung in strategisch wichtigen Bereichen wie Mobilität (z. B. automatisiertes Fahren), Logistik, Energie und Medienverbreitung liefern. Neben diesen anspruchsvollen Anforderungen in vielfältigen Anwendungsfeldern muss die Entwicklung von 5G weiteren Rahmenbedingungen Rechnung tragen. Mit der massiven Zunahme vernetzter Geräte handelt es sich dabei insbesondere um ein stark wachsendes Datenvolumen, das zukünftig in den Netzen transportiert werden muss. 5G muss nicht nur flexibel und skalierbar, sondern bei der ab 2020 zu erwartenden Verfügbarkeit auch bezahlbar sein und nachhaltig durch die Netzbetreiber implementiert werden können. Das volle Potential von 5G als Mobilfunk- und Netztechnologie wird sich aller Voraussicht nach nur im Kontext neuer, innovativer Geschäftsmodelle entfalten können.

Gegenwärtig ist jedoch festzustellen, dass 5G als Technologie und seine Potentiale – insbesondere in den Anwendungsbranchen in Deutschland – nicht umfänglich bekannt sind. Die Fokusgruppe 5G hat sich daher zum Ziel gesetzt, für das Thema zu sensibilisieren und Deutschland bei dieser zentralen Entwicklung als Vorreiter zu positionieren, um die skizzierten wirtschaftlichen Potentiale zu realisieren. Dazu hat die Fokusgruppe mit zahlreichen Akteuren aus den Anwendungsbranchen den Dialog geführt und die Anforderungen der Branchen an 5G gegenüber den bestehenden Technologien analysiert. Eine Übersicht zu den Anforderungen der Anwendungsindustrien gibt die ‚Checkliste 5G‘. Aktivitäten im Bereich von Forschung und Entwicklung zu 5G werden in der ‚5G Deutschlandkarte‘ dargestellt. Exemplarisch lassen sich dabei folgende Anwendungsszenarien darstellen:

- Die Vision vom hoch automatisierten Fahren rückt immer näher und ist eines der Zukunftsfelder der deutschen Automobilindustrie. Für die weitergehende Automatisierung ist neben zusätzlicher Sensorik auch der Austausch von Sensorinformationen mit den umgebenden Fahrzeugen erforderlich, um das Fahren weiter zu verbessern. Die mit 5G erreichbaren geringen Ende-zu-Ende-Verzögerungen in der Größenordnung unter 10 ms (Ziel 1 ms) ermöglichen einen solchen Austausch. Stausituationen erfordern die Kommunikation von Tausenden Teilnehmern innerhalb einer Kommunikationszelle.

- In Energienetzen werden in Zukunft dezentrale Systeme auf lokaler Ebene mit einem hohen Vernetzungsgrad die Architektur bestimmen. Ziel ist es, lokale und regionale Energieverteilnetze durch die dynamische Steuerung von Erzeugern, Lasten und Speichern so zu optimieren, dass diese sich in einem energetischen Gleichgewicht befinden. Dazu sind Kommunikationsbeziehungen in lokalen und regionalen Strukturen mit sehr kleiner Latenz notwendig.
  - Im Bereich der Logistik wird die Erfassung von Bearbeitungs- und Qualitätszuständen eines Produkts wesentlich feingranularer erwartet als heute. Neben den Anforderungen an Verfügbarkeit, Echtzeit-Reaktionsfähigkeit und gegebenenfalls sogar nachsteuernde Optionen für den Kunden während der Produktion, zeigen Kunden und Produzent zunehmend Interesse an einer lückenlosen Transportüberwachung und einer gemeinsamen Wareneingangskontrolle in Echtzeit.
  - Die Steuerung einzelner Produktionsmittel in der industriellen Produktion im Sinne einer „Smart Factory“ und deren Kommunikation untereinander (Machine-to-Machine) wird mit entsprechender Hard- und Software in einer hoch aggregierten Form erfolgen. Dabei addieren sich Millionen bzw. Milliarden von Statusmeldungen, welche stetig durch Sensoren oder andere Systeme erfasst, übermittelt und ausgewertet werden.
  - In der Mediennutzung werden Anwendungen aus der virtuellen Realität und rundfunkartige Echtzeit-Verbreitung eine zunehmend mobile Verbreitung finden und damit neue Perspektiven ermöglichen. Durch hohe Bandbreiten auch bei vielen Nutzern auf engem Raum werden so beispielsweise in Stadien „Second-Screen“-Anwendungen in Echtzeit möglich. Nicht zuletzt wird auch die Individualkommunikation von den neuen Möglichkeiten profitieren und neue Formen der zwischenmenschlichen Kommunikation ermöglichen.
- Um 5G ab 2020 erfolgreich in Deutschland zu implementieren, ist es erforderlich, dass Unternehmen, Wissenschaft, Verwaltung und Politik gemeinsam daran arbeiten, die notwendigen Weichenstellungen zeitnah herbeizuführen. Geschäfts- und Organisationsmodelle müssen hinsichtlich notwendiger Veränderungsbedarfe analysiert und erforderliche Kompetenzen identifiziert werden. Durch ein abgestimmtes Handeln wird es gelingen, Deutschland zu einem Leitmarkt der 5G-Nutzung zu machen. Mit 5G bietet sich die Chance, den globalen Standard für mobile Vernetzung zu schaffen. Deutschland und Europa müssen das damit verbundene Innovationspotential frühzeitig erkennen und sich führend in den internationalen Prozess einbringen. Dafür sind insbesondere die folgenden Punkte entscheidend:
- **Bereitstellung von ausreichend geeignetem Mobilfunkspektrum für 5G:**  
In der Weltfunkkonferenz im November 2015 (WRC-15) müssen im Rahmen der Definition eines Tagesordnungspunktes für die WRC-19 ausreichend Bandbereiche sowohl zwischen 6 und 30 GHz, als auch zwischen 30 und 100 GHz für Studien benannt werden. Nur auf dieser Basis können in der WRC-19 die notwendigen Frequenzen für 5G bereitgestellt werden. Mit Stand Oktober 2015 sind zwar hinreichend Bandbereiche oberhalb 24 GHz mit Potential zu weitreichender Harmonisierung für Studien vorgeschlagen, allerdings finden sich im für kostengünstige 5G-Netzabdeckung wichtigen Bereich 6 bis 24 GHz fast keine Vorschläge.
  - **Geeignetes Spektrum-Management:**  
Auch für 5G wird die exklusive Zuteilung von Frequenznutzungsrechten über lange Zeiträume essentiell für Planungs- und Investitionssicherheit, sowie für die Erbringung von Diensten mit planbarer Quality of Service sein. Komplementär zu einer exklusiven Lizenzierung wird es auch im Interesse besserer Spektrumseffizienz zunehmend Modelle der gemeinsamen Nutzung von Spektrum geben.

---

– **Leistungsfähige Anbindungen der Funkstationen (Backhaul):**

Die Bereitstellung leistungsfähiger Backhaul-Infrastruktur mit stark wachsendem Glasfaseranteil im Rahmen des Breitbandausbaus wird einen wesentlichen Baustein für leistungsfähige 5G-Netze darstellen.

– **Ausgewogene Regelungen zur Netzneutralität:**

5G-Netze werden verschiedenste Dienste mit sehr unterschiedlichen Anforderungen bedienen müssen, was eine technische Priorisierung zwingend erforderlich macht. Netzneutralität darf daher gesetzlich nicht zu eng ausgestaltet werden, um das enorme Innovationspotential zu erhalten sowie weiterhin Differenzierungsmöglichkeiten und Netzwerkmanagement zu ermöglichen.

– **Erfolgreiche Geschäftsmodelle ermöglichen – 5G Investitionen fördern:**

Für den Markterfolg von 5G und seiner positiven Wirkung auf andere Industriesektoren wie z. B. die Industrie, die Mobilitätsbranche und die Logistik ist ein investitionsfördernder regulatorischer Rahmen zwingend erforderlich. Dieser muss auch die Fortsetzung der 5G-Forschungs- und Standardisierungsaktivitäten sowie Rechts- und Planungssicherheit in Hinsicht auf Regulierungsmaßnahmen gewährleisten.

01

## Vision 5G

# Mobilkommunikation für die Anforderungen der vernetzten Gesellschaft

Die momentan in der Entwicklung befindliche fünfte Generation für Mobilkommunikation (5G) hat den Anspruch, die zukünftigen Anforderungen an die Kommunikation in einer vollständig vernetzten Informationsgesellschaft sehr viel umfassender als bisher zu erfüllen. Grundlage bilden dafür konvergente Netze aus Festnetz- und Mobilfunktechnologien. Schätzungen gehen davon aus, dass bis 2020 weltweit 50 bis 500 Milliarden Dinge vernetzt sein werden. Die sich ergebenden Potentiale wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Entwicklung haben enorme Auswirkungen auf das volkswirtschaftliche Wachstum und die zukünftige Wertschöpfung. 5G wird eine der Schlüsseltechnologien der Digitalisierung aller Lebens- und Wirtschaftsbereiche. Mit 5G bietet sich die Chance, den globalen Standard für mobile Vernetzung zu schaffen. Deutschland und Europa müssen das damit verbundene Innovationspotential frühzeitig erkennen und sich führend in den internationalen Prozess einbringen.

Es gilt, die absehbaren Geschäftsmodelle und Bedarfe in den Blick zu nehmen, um mit 5G die Grundlage weiterer Innovation und Wertschöpfung sicherzustellen und auszubauen. Die große Mehrzahl zukünftiger Anwendungen wird von der universellen und allgegenwärtigen Verfügbarkeit mobiler bzw. drahtloser Vernetzung und Internetanbindung abhängen, deren Leistungsfähigkeit über die der heutigen Technologien hinausgeht. Während mit dem momentanen 4G-Standard die klassischen Bedarfe der Konsumenten wie Telefonie und Datendienste weitestgehend befriedigt werden können, ergeben sich für die sich abzeichnende Nachfrage aus dem industriellen Umfeld darüber hinaus gehende Herausforderungen für die Mobilfunknetze, die mit 5G zu bewältigen sind.

Es ist bereits heute klar, dass die zukünftigen Anforderungen weit über die Verfügbarkeit von lediglich höherer Bandbreite hinausgehen. Für die vollständig vernetzte Gesellschaft müssen mobile Anbindungen flächendeckend und zu jeder Zeit bedarfsgerecht zur Verfügung stehen. Dies umfasst sogenannte Echtzeitanwendungen, die besonders hohe Anforderungen an kurze Reaktionszeiten stellen. Nicht zuletzt wird die vollständig vernetzte Gesellschaft durch eine Vielzahl von Sensoren in allen Lebensbereichen gekennzeichnet sein, deren Einsatz und Funktion wesentlich von einem geringen Energiebedarf abhängen.

Neben diesen anspruchsvollen Anforderungen in vielfältigen Anwendungsfeldern muss die Entwicklung von 5G weiteren Rahmenbedingungen Rechnung tragen. Neben der massiven Zunahme vernetzter Geräte handelt es sich dabei insbesondere um ein enorm wachsendes Datenvolumen, das zukünftig in den Netzen transportiert werden muss. 5G muss daher nicht nur flexibel und skalierbar, sondern bei der ab 2020 zu erwartenden Verfügbarkeit auch bezahlbar sein und nachhaltig durch die Netzbetreiber implementiert werden können.

---

Das volle Potential von 5G als Funk- und Netztechnologie wird sich aller Voraussicht nach nur im Kontext neuer, innovativer Geschäftsmodelle entfalten können. Das heutige subskriptionsbasierte und weitgehend werbefinanzierte Modell für den Zugang zu vielen Anwendungen wird bei den professionellen und teils kritischen Anwendungen nicht ausreichen. Neue Geschäftsmodelle werden im Dreieck Netzbetreiber, Anwendungsbetreiber und Nutzer entstehen und insbesondere die Risikoeinschätzungen der einzelnen Teilnehmer anwendungsbezogen in den Vordergrund stellen. Der Ausfall einer Kommunikationskomponente im Fall hoch automatisierten Fahrens wird zum Beispiel eine höher bewertete Relevanz haben als im Anwendungsfall Mediennutzung. 5G ermöglicht diese differenzierte Gestaltung von Services.

Die technischen Anforderungen aus Anwendungs- und Geschäftsmodellensicht bedingen einen weiteren Innovations-Schritt von 5G im Vergleich zu 4G bezüglich der zu Grunde liegenden Mobilfunktechnologien für die Luftschnittstelle und der zukünftigen Netzarchitekturen. 5G wird die Frequenznutzungseffizienz weiter steigern. Die in der Diskussion befindlichen Lösungen werden den zellularen Charakter der heutigen Mobilfunknetze weitgehend korrigieren. Cloud-Lösungsansätze für die Netzwerkfunktionen und deren Steuerung werden eine ungeahnte Flexibilisierung der Geschäftsmodelle und – Beziehungen erlauben. Dabei wird sich 5G zunächst als Netzerweiterung der heutigen 4G-Netze um die wichtigsten Anwendungsfälle etablieren, die nicht mit der existierenden 4G-Technologie befriedigt werden können. Darüber hinaus wird 5G eine umfassende Konvergenz zwischen allen Netzzugangsarten realisieren und die digitale Plattform für alle Kommunikations- und Vernetzungsanwendungen darstellen.



## 02

# Anwendungsfelder

### 02.1

## Anwendungsfeld: Zukünftige Mobilität

### 1. Fallbeispiel:

#### Hochautomatisierte Fahrt mit kooperativem Sensordatenaustausch

Die Vision vom hoch automatisierten Fahren rückt immer näher und ist eines der Zukunftsfelder der deutschen Automobilindustrie. Schon heute werden Assistenzfunktionen angeboten, die Teilaspekte des automatisierten Fahrens enthalten, z. B. ein Stauassistent, der innerhalb des Fahrstreifens bremst und wieder beschleunigt, je nachdem, wie sich das vorausfahrende Fahrzeug verhält. Für die weitergehende Automatisierung ist neben zusätzlicher Sensorik auch der Austausch von Sensordaten mit den umgebenden Fahrzeugen erforderlich, um das Fahren weiter zu verbessern. Die mit 5G erreichbaren geringen Ende-zu-Ende-Verzögerungen ermöglichen eine kooperative Umplanung im Falle eines unerwarteten Ereignisses (z. B. Ball oder Wild auf der Fahrbahn). Stausituationen erfordern die Kommunikation von Tausenden Teilnehmern innerhalb einer Kommunikationszelle. Für die Positionierung müssen hochaktuelle Karten vom Backend ins Fahrzeug geladen werden. In umgekehrter Richtung werden Lokalisierungsdaten zum Backend-Server geschickt, um aktuelle Veränderungen für das automatische Fahren in den Karten abzubilden. Die Sicherheit kann durch den Austausch von Sensordaten nochmals verbessert werden, in dem Fahrzeuge ihre eigenen Beobachtungen mit denen anderer Fahrzeuge abgleichen. Dadurch wird es möglich, im Mischverkehr automatisierte und manuell gefahrene Fahrzeuge zu betreiben, da auch nicht kommunizierende Fahrzeuge erkannt und deren Fahrverhalten kommuniziert und besser in die Planung mit einbezogen werden. Der Einsatz der ohnehin nötigen fahrzeugindividuellen Sicherheitssysteme, die das Fahrzeug u. a. bei

einem Ausfall von Datenverbindungen sicher zum Stehen bringen können muss, kann dadurch auf ein Minimum reduziert werden.

**Realisierung mit 4G:** Kartenupdates von einem Server, als Beispiel für backendbasierte Dienste, lassen sich bereits realisieren. Das Hochladen von aktuellen Kartendetails zur Verbesserung ist stark abhängig von den verfügbaren Netzen. Sicherheitsrelevante Kommunikation zwischen Fahrzeugen ist mit 4G nicht möglich, da die Latenzzeit zu groß ist und mit nur moderaten Teilnehmerzahlen in den Zellen bereits ansteigt.

**Anforderung an 5G:** Ende-zu-Ende Verzögerung in der Größenordnung unter 10 ms (Ziel 1 ms) ist erforderlich, um kooperative Umplanungen im Falle eines unerwarteten Ereignisses, z. B. Ball oder Wild auf der Fahrbahn, zu ermöglichen. Stausituationen erfordern die Kommunikation von tausenden Teilnehmern innerhalb einer Kommunikationszelle. So haben beispielsweise in einem 5 km Stau auf einer dreispurigen Autobahn ca. 2500 Fahrzeuge und deren Insassen Kommunikationsbedarf. Die Kommunikation muss unabhängig vom Netzwerkbetreiber sichergestellt sein. Die Zuverlässigkeit, mit der Daten übermittelt werden, muss um Größenordnungen besser werden. Die Kommunikation muss durch Relaying (das „Weiterleiten“ eines Signals) auch in nicht abgedeckten Gebieten ermöglicht werden. Das Datenübertragungsvolumen durch Sensorerfassung muss vom Mobilfunknetz transportiert werden. Die Vehicle-2-Vehicle Kommunikation sollte als Kernelement für Bereiche mit fehlender Mobilfunk-Abdeckung und zur Steigerung der Zuverlässigkeit eingebunden werden.

**Potentiale:** Komfortfunktionen wie hochautomatisches Fahren sind sicherer, effizienter und umweltschonender als herkömmliche individuelle Mobilität.

**Maßnahmenempfehlung / Enabler:** Fördermaßnahmen zur Entwicklung von 5G unter Einbeziehung der Anforderungen der Automobilindustrie. Bereitstellung von Frequenzbändern für Nutzung durch alle Netzbetreiber zur Sicherstellung der Interoperabilität.

## 2. Fallbeispiel:

### Tele-operated driving (ferngeführtes Fahren)

Hochautomatisiertes Fahren erlaubt auch das Fahren für Menschen mit Behinderungen, die alleine nicht in der Lage sind, ein Fahrzeug zu führen. Da für das hochautomatisierte Fahren immer noch ein Eingreifen des Fahrzeugführers notwendig sein oder aufgrund der Umwelt ein automatisches Fahren nicht möglich sein kann, bietet das ferngeführte Fahren für diese Menschen eine extreme Steigerung ihrer Mobilität.

Der eigentliche Fahrer sitzt in einer Zentrale und steuert das Fahrzeug durch Bereiche, in denen automatisches Fahren nicht möglich ist. Des Weiteren kann dieser Fahrer auch die Führung des Fahrzeuges übernehmen, wenn ein Fahrer im Fahrzeug, z. B. aus gesundheitlichen Gründen, Herzinfarkt, diabetischen Schock, etc. nicht mehr in der Lage ist, die Führung zu übernehmen. Hier kann die Rettungskette erheblich verkürzt werden, wenn sich Rettender und Retter aufeinander zu bewegen.

Der Einsatz der ohnehin nötigen fahrzeugindividuellen Sicherheitssysteme, die dieses u. a. bei einem Ausfall von Datenverbindungen sicher zum Stehen bringen können, kann dadurch auf ein Minimum reduziert werden.

**Realisierung mit 4G:** Aufgrund der Latenz und Abdeckungsproblematik nicht möglich.

**Anforderung an 5G:** Ende-zu-Ende Verzögerung in der Größenordnung unter 10 ms (Ziel 1 ms) sind erforderlich, um ferngeführtes Fahren zu ermöglichen. Auch in Stausituationen (siehe Anwendungsfall 1) muss die latenzarme, hochauflösende Videoübertragung gewährleistet bleiben. Die Kommunikation muss unabhängig vom Netzbetreiber sichergestellt sein. Die Zuverlässigkeit, mit der Daten übermittelt werden, muss um Größenordnungen besser werden. Dafür ist eine flächendeckende Verfügbarkeit von Breitbandverbindungen erforderlich. Auch kann eine Einbindung der Vehicle-2-Vehicle Kommunikation als Kernelement für Bereiche mit fehlender Netzabdeckung und zur Steigerung der Zuverlässigkeit erfolgen.

**Potentiale:** Das Fahren mit Komfortfunktionen wie hochautomatisches Fahren ist sicherer und umweltschonender als bisher. Die Einführung von ferngeführtem Fahren erhöht die Sicherheit und Mobilität auch für Nutzergruppen, die bisher davon ausgeschlossen sind. Es entstehen durch das ferngeführte Fahren zudem neue potenzielle Geschäftsfelder für Dienstleistungen.

**Maßnahmenempfehlung / Enabler:** Fördermaßnahmen zur Entwicklung von 5G unter Einbeziehung der Anforderungen der Automobilindustrie. Bereitstellung von Frequenzbändern für Nutzung durch alle Netzbetreiber zur Sicherstellung der Interoperabilität.



## 02.2 Anwendungsfeld: Industriearomatisierung

**Fallbeispiel:** Die Industrie ist das Herz der deutschen Wirtschaft, welche aktuell vor der nächsten industriellen Revolution steht. Unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ wird die weiter zunehmende Vernetzung und die Nutzung der breit verfügbaren Daten als wichtigstes Wachstumsfeld beschrieben. Neben erhöhter Flexibilität durch mobile Anbindungen spielt die Nutzung der Daten, beispielsweise zur Individualisierung von Wartungszyklen und damit zur optimierten Anlagenzuverlässigkeit bei geringeren Standzeiten und Kosten eine wichtige Rolle.

**Realisierung mit 4G:** Mangels qualitätsgarantierter Übertragungsdienste kommt 3G / 4G aktuell nur eine untergeordnete und unterstützende Rolle in weniger kritischen Anwendungsfällen der Industriearomatisierung zu.

**Anforderung an 5G:** In der Vernetzung von Industriearomatisierung liegt die Priorität auf qualitätsgarantierten Übertragungsdiensten und damit höchster Zuverlässigkeit, weniger auf absoluten Werten wie extrem hohen Datenraten. Um breite Akzeptanz neuer Technologien zu erzielen, können existierende Spezifikationen für kabelgebundene und kabellose Kommunikationssysteme zugrunde gelegt werden.

Neben diversen speziellen Anforderungen können allgemeine Anforderungen aus der Industriearomatisierung formuliert werden. Die Anforderungen an die Datenraten liegen typischerweise im Bereich weniger kbps bis zu wenigen Mbps. Bezüglich Latenz hat sich die Charakterisierung von Feldbussystemen in sogenannte QoS- (Quality-of-Service)-Klassen bewährt, die von Klasse 1 (100 ms) bis zu Klasse 3 (< 1 ms) für Motorsteuerung reicht. Jitter als Parameter spielt nur bei Echtzeit-Kommunikation eine Rolle, kann dann aber Werte < 1 ms erfordern. Zu beachten sind auch Fehlermanagement (Signal Failure Handling) und der notwendige Installationsaufwand.

**Potentiale:** Durch die Erweiterung bestehender Industriearomatisierung mit 5G und zunehmende Konvergenz verschiedener Netztypen durch 5G entstehen neue Möglichkeiten in der modernen Fabrikaromatisierung. Noch stärkere Einbindung verteilter Sensorik und flexible Erweiterung derselben sind ebenso interessante Anwendungen wie Steuerung von Automatisierungstechnik über 5G-Technologie oder die standortübergreifende virtuelle Fabrik.

**Maßnahmenempfehlung / Enabler:** Fördermaßnahmen zur breiten und interdisziplinären Entwicklung von 5G. Damit Sicherstellung der auch zukünftigen Vorreiterstellung der deutschen Wirtschaft im Bereich Industriearomatisierung durch umfassende Zusammenarbeit von Wissenschaft, Mittelstand und Industrie.



## 02.3

# Anwendungsfeld: Logistik

### Anwendungsfall: Warenverfolgung von der Bestellung und Herstellung bis zur Annahme

**Fallbeispiel:** Die flächendeckende Verfügbarkeit von Breitbandverbindungen ist sowohl im Kontext der Herstellung, also bspw. innerhalb einer Fabrik, sowie im weiteren Verlauf entlang der Logistikkette bis hin zum Punkt der Warenübergabe aus Produzenten-, Kunden- und Lieferantensicht stabil zu gewährleisten.

**Realisierung mit 4G:** Eine Realisierung mit 4G ist nur eingeschränkt möglich, da insbesondere eine tatsächliche Echtzeit-Übertragung nicht zur Verfügung steht.

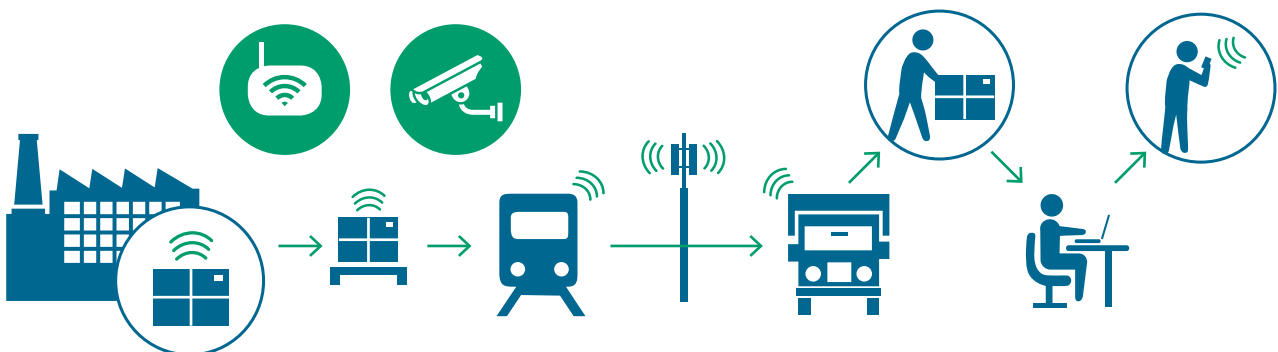
**Anforderung an 5G:** Die Trennung von Mobilfunk und anderen Netzen ist zukünftig durch konvergente Netze zu eliminieren. Dies und die Durchlässigkeit im Sinne eines taktilen Netzes können die neuen Erwartungen von Nutzern und Anbietern an transparente und lückenlos dokumentierte Prozesse in Echtzeit erfüllen. Gegenüber heutigen Standards kann davon ausgegangen werden, dass in der „Echtzeitwelt“ von morgen ab dem Zeitpunkt

einer Bestellung der Realisierungsprozess eines Produkts mit all seinen spezifischen Parametern zu x-beliebigen Zeitpunkten in Echtzeit für den Produzenten und den Kunden einsehbar und vollständig dokumentierbar sein muss.

**Potentiale:** Die Erfassung von Bearbeitungs- und Qualitätszuständen eines Produkts wird voraussichtlich wesentlich feingranularer erwartet als heute. Neben den Anforderungen an Echtzeit, Verfügbarkeit und gegebenenfalls sogar nachsteuernde Optionen für den Kunden während der Produktion zeigen Kunde und Produzent an einer lückenlosen Transportüberwachung und einer gemeinsamen Wareneingangskontrolle in Echtzeit zunehmendes Interesse. Dazu muss die übergreifende und konvergente Nutzung klassischer Überwachungsinstrumente wie Optik und Sensorik auch in großer Anzahl funktionieren.

**Maßnahmenempfehlung / Enabler:** Hier gilt es, entsprechende Netzarchitekturen zwischen den Mikro- und Makronetzen zwischen den jeweiligen Akteuren ggf. in Plattformlogiken zu definieren und zu implementieren. Der Datenaustausch ist dabei entsprechend abzusichern und die Echtzeit (1 ms) als elementares Leistungsmerkmal zwingend zu realisieren.

### Echtzeittracking Herstellung-Zulieferung-Weiterverarbeitung / Nutzung<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Quelle: DB AG, Juli 2015

## 02.4 Anwendungsfeld: Systemsteuerung (Smart Factory)

### Anwendungsfall: Nutzenmaximierung durch optimale Steuerung und Ressourceneinsatz

**Fallbeispiel:** Die Steuerung einzelner Produktionsmittel bei der Bahn im Sinne einer „Smart Factory“ wie bspw. von Triebzügen, Lokomotiven oder Einzelwagen und deren Kommunikation untereinander (machine-to-machine) wird mit entsprechender Hard- und Software in einer hochaggregierten Form möglich. Das Ziel einer zentralen Leitstelle für das gesamte Management des deutschen Bahnnetzes wäre erreichbar, bei gleichzeitiger Echtzeitaufschaltung aus dieser übergeordneten Steuerungseinheit auf jedes einzelne Element im Netz wie Weichen, Signale, Lichtmasten, Rolltreppen etc. Denn diese und viele weitere kleine Bestandteile ergeben in Summe die Mobilitäts- und Logistikketten, die das System Bahn charakterisieren.

Hinzu addieren sich Millionen bzw. Milliarden von Statusmeldungen, welche stetig durch Sensoren oder andere Systeme erfasst, übermittelt und ausgewertet werden. Der fortlaufende Soll-Ist-Abgleich, die Ableitung von Handlungsempfehlungen für Steuereinheiten bzw. Automaten oder Menschen und die unmittelbare Ausführung von Empfehlungen oder „Befehlen“, benötigen eine solch leistungsstarke Technologie.

Natürlich profitieren auch die Kunden, ob Geschäfts- oder Privatkunden, von den neuen Möglichkeiten. Sendungsverfolgungen auf der Schiene könnten für Geschäftskunden zukünftig nicht nur per Sensor- oder GPS-Daten, sondern auch durch Live-Video-Überwachung ermöglicht werden. Die größere und zuverlässig abrufbare Bandbreite wird auch beim Fahrgast zu deutlich mehr Zufriedenheit führen, um Online-Aktivitäten wie Videotelefonie, Spiele etc. in gleichbleibend hoher Qualität zu ermöglichen.

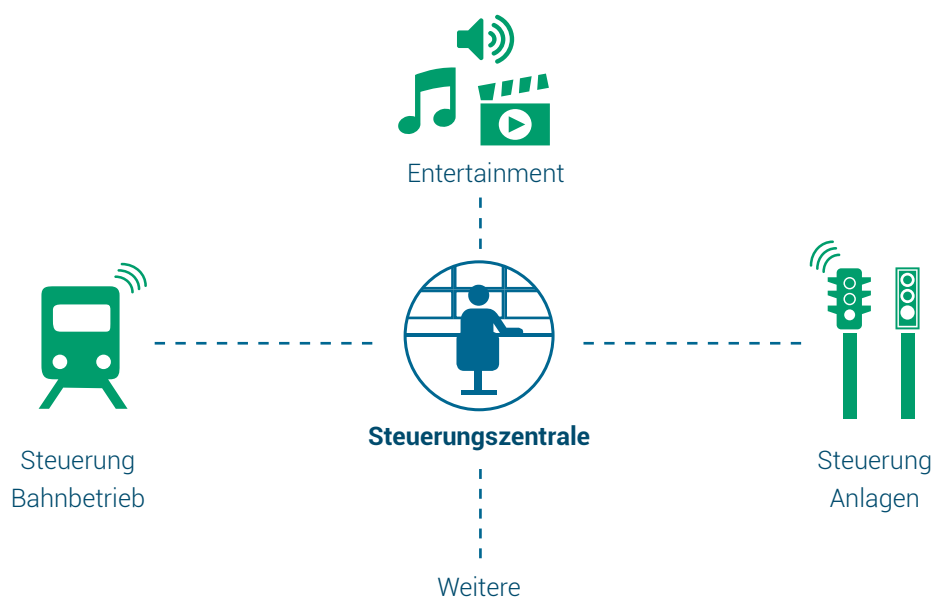
**Realisierung mit 4G:** Dieses Zielbild ist aufgrund der bekannten Restriktionen derzeit nicht, auch nicht im Kontext 4G plus Glasfaser plus W-Lan abbildbar. Hier braucht es ein taktiles, konvergentes Netz.

**Anforderung an 5G:** Durch technische Erfassungssysteme wie bspw. Video- oder Sensortechnik lassen sich Zustände eindeutig und jederzeit erkennen und durch entsprechende Software automatisiert analysieren. Für die operative Steuerung der Produktionsabläufe im System Bahn wird die hochverfügbare und hochsichere 5G-Technologie ein, wenn nicht das Element werden, um die Komplexität in Flexibilität zu verwandeln.

**Potentiale:** Die Steuerung einzelner Produktionsmittel im Sinne einer „Smart Factory“ und deren Kommunikation untereinander (Machine-to-Machine) wird mit entsprechender Hard- und Software in einer hoch aggregierten Form erfolgen. Dabei addieren sich Millionen bzw. Milliarden von Statusmeldungen, welche stetig durch Sensoren oder andere Systeme erfasst, übermittelt und ausgewertet werden. Der fortlaufende Soll-Ist-Abgleich, die Ableitung von Handlungsempfehlungen für Steuereinheiten bzw. Automaten oder Maschinen und die unmittelbare Ausführung von Empfehlungen oder „Befehlen“ brauchen die leistungsstarke 5G-Technologie.

**Maßnahmenempfehlung / Enabler:** Die „Echtzeit“ ist ein wesentlicher Aspekt der 5G-Technologie, der für die Weiterentwicklung des Gesamtsystems Bahn einen entscheidenden Beitrag liefern kann. Die Möglichkeit über hunderte von Kilometern Aktionen sicher und zuverlässig erkennen oder ausführen zu können, ohne dass eine Zeitverzögerung auftritt, ermöglicht neue Arten von Betriebs- und Sicherheitskonzepten. Diese Basis sollte übergreifend geschaffen werden.

**Echtzeitüberwachung und -steuerung von Abläufen und Anlagen zur optimalen Ressourcennutzung und stabilen und flexiblen Bedienung von Kundenbedürfnissen.<sup>2</sup>**



## 02.5 Anwendungsfeld: Mediennutzung

### Fallbeispiel: Live Events 2022

Im Jahr 2022 wird sich Mediennutzung stark verändert und weiterentwickelt haben. Während vorproduzierte Inhalte (professionell oder von Nutzern selbst) individuell, überall und jederzeit in hoher Qualität abrufbar sind, wird die Technologie rund um Live Events (kulturell oder sportlich) auch mit Hilfe von 5G in neue Dimensionen vorstoßen. Das hat sich schon mit dem Regelbetrieb von 5G anlässlich der olympischen Spiele in Tokio 2020 gezeigt und seit dem großflächigeren Einsatz von 5G-Technik auch gerade im Umfeld der Fußball-WM 2022 nochmals zu einem Massenphänomen ausgeweitet. In Stadien kommen Menschen zusammen und genießen mit ihren Virtual-Reality-Brillen nicht nur die Möglichkeit, sich näher an das Geschehen heranzuzoomen, sondern können auch in einem neuen „virtual public viewing“ das Spiel aus Katar in deutschen Stadien auf einem eigentlich leeren Rasen direkt über ihre Brillen verfolgen. Dazu gibt es natürlich noch die Möglichkeit der Interaktion untereinander durch ad-hoc online votings, die Einblendung von Zusatzdaten, Zeitlupenwiederholungen nach Bedarf sowie als In-Event-Kauf das Erleben des Spiels aus der Sicht eines Spielers oder auch des Balls (für Geübte, da die Ballperspektive auf längere Sicht Übelkeit verursachen kann) – ähnlich wie wir es heute von Formel-1-Übertragungen kennen.

**Realisierung mit 4G:** LTE bietet mit seinen Erweiterungen wie LTE Broadcast und LTE advanced bereits heute bei konsequenter Umsetzung ein breites Spektrum von einsetzbarer Event- und eventbegleitender Technik. Kapazitätssteigernde Maßnahmen wie license assisted access (LAA) können durch Integration mit Endgeräten schon heute für kleine und mittlere Zuschauergruppen attraktive Pilotanwendungen der Mediennutzung bieten.

**Anforderung an 5G:** Die schnellen Übertragungsraten und kurzen Latenzzeiten von 5G werden im Zusammenspiel mit entsprechenden neuen Endgeräten insbesondere die Nutzung von „augmented reality“ im Massenmarkt mit

sich bringen. So wie umwelt- und situationsabhängige Head-up-Displays in Fahrzeugen heute schon Standard sind, werden auch mit Empfangsgeräten und Mikroprojektoren ausgestattete Brillen viele neue professionelle Anwendungen ermöglichen. Die Anforderung nach in höchster Qualität (mindestens 4K) verfügbaren Inhalten und gleichzeitiger Mischung mit individueller Kommunikation oder eventbezogenen Zusatzdiensten macht zudem eine enge Verzahnung der Broadcast- und Unicast-Betriebszustände von 5G erforderlich. Eine Optimierung der Videoübertragung und der Kodierungsverfahren für mobilen Einsatz mit flexiblen Bandbreiten wird ebenso wie die technische Aufhebung der Grenzen zwischen heutigen Einzelkommunikationen (unicast) und Massenkommunikation (broadcast) ein wichtiger Bestandteil der 5G Systementwicklung sein.

**Potentiale:** Gerade der Eventbereich der Mediennutzung bietet ein weites Potential für Innovationen und Experimentieren im Markt. In Deutschland mit seiner bedeutenden Medien- und Eventwirtschaft können neue Formate durch frühe Feldversuche in mit früher 5G-Technik ausgestatteten Arenen auf ihre Praktikabilität und ihre Akzeptanz bei Mediennutzern getestet werden und damit erhebliches wirtschaftliches Potential erschlossen werden. 2011 wurden je Haushalt und Monat für Kulturdienstleistungen durchschnittlich 56 € ausgegeben (Quelle: Bundeszentrale für politische Bildung 26.11.2013). Auch gerade mit einer alternden Bevölkerung ist dieser Bereich ein Wachstumssektor. Neben den klassischen Interaktionsformen werden neue Endgerätetypen wie Augmented- und Virtual-Reality-Brillen, aufrollbare oder faltbare Displays neue Mediennutzungen ermöglichen und auch den Zeitungs- und Zeitschriftenmarkt revolutionieren sowie neue Impulse geben.

**Maßnahmenempfehlung / Enabler:** 5G Testsznarien und frühe Feldversuche mit realen Nutzern sollten in Leuchtturmprojekten umgesetzt werden.

## 02.6

# Anwendungsfeld: Intelligente Energienetze

**Fallbeispiel:** Dezentralisierung und Autarkie von regionalen Energieverteilnetzen mittels 5G ermöglichen

Wie bereits durch die „Projektgruppe Intelligente Energienetze“ ausgeführt ist die Energiewende eine der großen Herausforderungen aber auch Chancen Deutschlands. Der dazu notwendige Umbau der Energieversorgungsinfrastruktur erfordert den Einsatz innovativer IKT-Lösungen.

Durch den massiven Zubau erneuerbarer Energien ändern sich die Anforderungen an die Stromnetze grundlegend. Die zunehmende Volatilität und Dezentralität der Energieerzeugung erhöht die Komplexität und erfordert eine höhere Flexibilität der Netze sowie eine angepasste Steuerungslogik. Der verstärkte Einsatz von IKT wird sowohl beim Aufbau als auch für den Erfolg von Smart Grids, in denen der Strombedarf aller Verbraucher intelligent abgeschätzt, und auf dieser Basis die Erzeugung und Bereitstellung des Stroms dynamisch angepasst wird, eine entscheidende Rolle spielen. Dies ermöglicht nicht zuletzt flexible Geschäftsmodelle und dynamische Angebote, die zu Änderungen im Verhalten der Verbraucher führen werden.

Folgende Megatrends werden zu einer deutlichen Dezentralisierung der Energienetze führen:

- Der massive Ausbau erneuerbarer Energieträger
- Die Dezentralisierung der Erzeugung bei hoher Volatilität
- Die dynamische Entwicklung der Elektromobilität
- Die Steuerbarkeit lokaler Verbraucher (z. B. Wärmepumpen)
- Die wirtschaftliche Verfügbarkeit lokaler Speicher (Batterie, Wärmespeicher, Kältespeicher)
- Die Umsetzung der Klimaziele der Bundesrepublik und der Atomausstieg in Deutschland

**Realisierung mit 5G:** Wo bislang zentralisierte Systeme für Prognose und Betriebsführung mit wenigen Sensoren und Aktoren zum Einsatz kamen, werden in Zukunft dezentrale Systeme auf lokaler Ebene mit einem hohen Vernetzungsgrad die Architektur bestimmen. Ziel wird es sein, lokale und regionale Energieverteilnetze durch die dynamische Steuerung von Erzeugern, Lasten und Speichern so zu optimieren, dass diese sich in einem energetischen Gleichgewicht befinden. Dazu sind Kommunikationsbeziehungen in lokalen und regionalen Strukturen mit sehr kleiner Latenz notwendig. Auch die direkte Interaktion zwischen Verbrauchern und Erzeugern ohne Nutzung der Kerninfrastruktur des 5G-Netzes muss sichergestellt sein (Device-2-Device-Kommunikation). Dazu können sowohl Mechanismen für die Einzelkommunikation (unicast) wie auch für die Massenkommunikation (broadcast) zum Einsatz kommen.

Um diese lokalen Energienetze umzusetzen, ist eine nahtlose Interaktion zwischen dem Energieverteilnetz und den Steuerungssystemen von Industrie (Smart Factory) und Häusern (Smart Home) unerlässlich. Nur so wird es möglich sein, eine regionale Balance zwischen Energieverbrauch und Energieerzeugung herzustellen, ohne einen Verlust in der Versorgungsqualität der elektrischen Energie in Kauf nehmen zu müssen. Sowohl das Smart Home als auch die Smart Factory bzw. das Smart Building sind auf den robusten, schnellen, günstigen und sicheren Austausch einer hohen Menge an Daten angewiesen. Die Hauptanwendungsfälle im Bereich der Energiedaten, d. h. Überwachung des Energieverbrauchs und der Performance, variieren zwischen einer Datengranularität von 1 Hz bis zu 1 kHz im Schnitt, mit Spitzen bis zu 1 Mhz für Disaggregation von Verbräuchen. Diese Daten müssen entsprechend schnell zwischen potentiellen Marktteilnehmern über die Kommunikationsinfrastruktur lokal bzw. regional ausgetauscht werden. Insbesondere mit den Anforderungen rund um virtuelle Kraftwerke als auch Laststeuerung (Demand Side Management) müssen diese Daten in „quasi“-Echtzeit zur Verfügung stehen. Der Anspruch an die Verfügbarkeit von 5G beinhaltet damit nicht nur

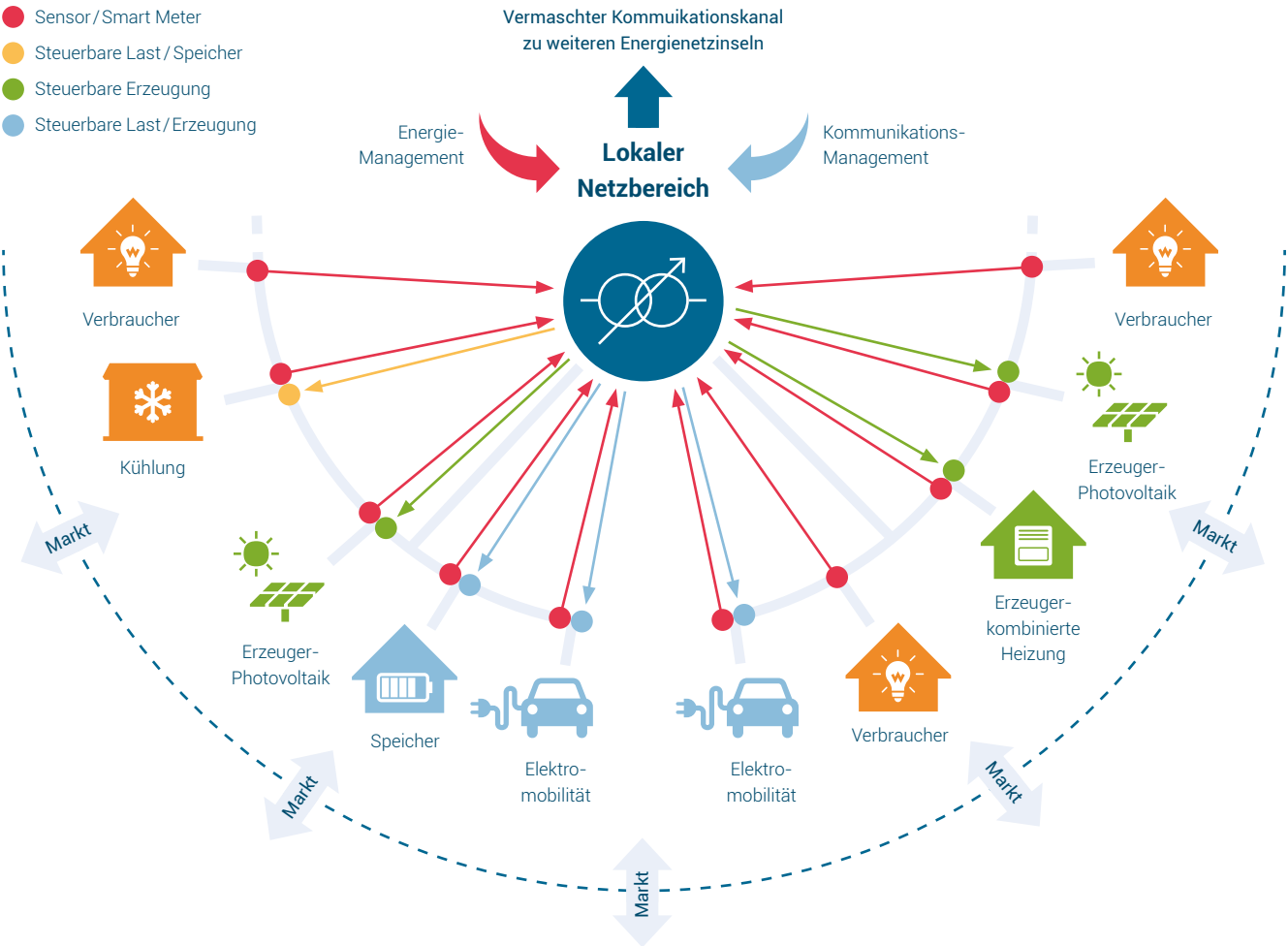


Flächenverfügbarkeit, sondern auch die Verfügbarkeit des Dienstes in Gebäuden (deep indoor coverage). Wenn dazu noch Kombinationen mit weiteren Services wie Gebäudesicherheit und -komfort zum Tragen kommen, erhöhen sich die Anforderungen an die Latenz.

**Potentiale:** Diese gesamthaften Anforderungen sind insbesondere im Fall der Endkunden einhergehend mit den Anforderungen an geringe Kosten, sowohl hinsichtlich der Kosten der Infrastruktur, als auch die Kosten für

die übertragene Datenmenge. So ist eine umfassende Anwendung von 5G im Endkundengeschäft realisierbar. Im Bereich der Endkunden sollte weiterhin auch der Energieverbrauch auf das geringstmögliche Niveau gebracht werden, um die Millionen von Geräten, welche in Zukunft miteinander kommunizieren müssen, auch anbinden zu können.

**Lokale Energie Systeme<sup>3</sup>**



3 Quelle: E.ON AG

---

### Weitere Anwendungsfälle: z. B. E-Health

In der vollständig vernetzten Gesellschaft sind auch darüber hinaus zahlreiche Anwendungsfelder absehbar.

Innovative elektronische Anwendungen im Gesundheitsbereich werden helfen, den Folgen des demographischen Wandels zu begegnen. Eine mobile telemedizinische Versorgung wird insbesondere im ländlichen Raum helfen, eine gute Gesundheitsversorgung aufrecht zu erhalten. Durch neue Technologien und deren mobile Verfügbarkeit können Distanzen überwunden werden, beispielsweise im Bereich der Notfallmedizin.

### Share Economy

Das Teilen von Ressourcen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Unter dem Schlagwort der Share Economy entwickeln sich Dienste, die die gemeinsame Nutzung in zahlreichen Facetten und unterschiedlichsten Modellen ermöglichen. Viele dieser Dienste benötigen mobile Datenverbindungen, um Verfügbarkeiten und Abrechnungsdaten zu erfassen. Die Verfügbarkeit von Echtzeit-Anbindungen wird auch hier neue Dienste ermöglichen.

## 03

# Anforderungen der Anwendungsfälle

### 03.1

## Ultrahohe Datenraten

Die vollständig vernetzte Gesellschaft erwartet, dass Breitbandverbindungen immer und überall in hoher Qualität zur Verfügung stehen. Immer mehr Menschen werden datenintensive Dienste, bisher meist audiovisuelle Mediendienste, nutzen. Zukünftig wird die Verbreitung von hochauflösenden und 3D-Inhalten weiter zunehmen. Auch zeichnet sich ab, dass Augmented Reality und andere Kommunikationsdienste weiter Verbreitung finden und damit die Lebens- und Arbeitswelten der Menschen verändern werden. Wichtige Anwendungsfelder ergeben sich unter anderem im Kommunikationsbereich. Die ortsübergreifende Zusammenarbeit in Teams wird durch virtuelle Konferenzräume und 3D-Umgebungen global und ohne Reisen noch weiter erleichtert bzw. unterstützt.

Berücksichtigt man, dass sich bei der Mobilfunknutzung immer mehrere Geräte einen Zugangspunkt und die verfügbare Datenrate teilen müssen, ergeben sich insbesondere in dicht bevölkerten Gegenden (Innenstädte, hohe Gebäude und Veranstaltungsgelände) hohe Anforderungen an die Netzinfrastruktur, um den Bedarf nach sehr hoher Kapazität zu befriedigen.

Die heute in Deutschland verfügbaren LTE-Netze können aktuell in städtischen Gebieten pro Frequenzband im Durchschnitt typischerweise zwischen 30 und 40 Mbit/s und in der Spitze bis 300 Mbit/s Datendurchsatz liefern. In der Fläche können derzeit im 800-MHz-Band aufgrund größerer Reichweiten kostengünstiger zwischen 10 und 20 Mbit/s durchschnittlich und 75 Mbit/s Spitzenwert zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die gesamte verfügbare Kapazität zwischen allen aktiven Nutzern aufgeteilt wird. Mit der Einführung von LTE-Advanced (sog. Shared Medium) in der Zelle und der

Bereitstellung weiterer Frequenzen sowie deren Bündelung werden sich die unterstützten Datenraten proportional steigern lassen. So werden in der Spitze Durchsatzwerte bis zu einstelligen Gbit/s und im Durchschnitt hohe zweistellige bis maximal niedrige dreistellige Mbit/s erreicht werden. Dies ist jedoch keinesfalls ausreichend, um dem exponentiell wachsenden Bedarf gerecht zu werden. 5G soll deshalb noch einmal deutlich höhere Datenraten von bis zu 10 Gbit/s in der Zelle ermöglichen. Damit können beim Nutzer 10- bis 100-mal höhere, typisch erreichbare Datenraten ermöglicht werden.

### 03.2

## Echtzeitreaktion – Taktiler Internet

In einer vollständig vernetzten Gesellschaft werden zukünftig Anwendungen davon abhängen, dass Daten möglichst in Echtzeit zur Verfügung stehen. Beispielsweise hängt das effektive Arbeiten in virtuellen Räumen davon ab, dass Reaktionen auf Eingaben ohne wahrnehmbare Reaktionszeiten (geringe Latenz) erfolgen. Auch in der vernetzten Fabrik kommt es bei diversen Anwendungen in der Steuerung von Maschinen und Robotern sowie bei der Kontrolle von Prozessabläufen darauf an, dass eine Reaktion möglichst in Echtzeit erfolgt. Ein weiteres wichtiges Beispiel ist auch das automatisierte Fahren. Nur wenn wesentliche Informationen wie das Bremsverhalten sofort an relevante Verkehrsteilnehmer gesendet werden, kann es gelingen, Unfälle möglichst gänzlich zu verhindern.

Die Reaktionszeit wird technisch weitestgehend durch die Latenzzeit in der Informationsübermittlung zwischen Sensoren und den agierenden Komponenten beeinflusst. In den bisherigen Kommunikationssystemen haben sich

die Anforderungen an die Latenzzeit im Wesentlichen an Audioanwendungen orientiert. Deshalb weist die heutige Mobilfunkgeneration typischerweise Latenzzeiten zwischen 20 und 80 ms auf. Die künftigen Multimedia- und auch Maschinenanwendungen müssen sich zunehmend an den Anforderungen sowohl des Auges als auch der Berührungssinne orientieren. Die menschliche Reaktionsfähigkeit kann für taktile Interaktionen häufig Latenzzeiten von weniger als 10 ms erfordern. Für reflexähnliche Reaktionen können sogar Latenzzeiten bis hinunter zu 1 ms erforderlich sein. Damit wirkliche Echtzeitanwendungen möglich werden, muss die nächste Mobilfunkgeneration daher Optionen für die Kommunikation mit möglichst geringen Latenzzeiten bereithalten, so dass die reine Nachrichtenübermittlung nicht das limitierende Element für die Reaktionszeit darstellt.

5G verfolgt als ein wesentliches Entwicklungsziel eine möglichst geringe Ende-zu-Ende-Latenz, um auch extrem zeitkritische Kommunikation zwischen Menschen und Maschinen sowie zwischen Maschinen untereinander zu ermöglichen. Ziel ist dabei je nach konkretem Anwendungsfall eine Latenz von nur wenigen Millisekunden.

### 03.3 Optimale Verfügbarkeit

Eine vollständig vernetzte Gesellschaft erfordert immer und überall die Verfügbarkeit möglichst optimaler Kommunikationsdienste für Personen, oder vernetzte Dinge. Insbesondere die Nutzung in der Bewegung – in Autos und Zügen oder Flugzeugen – stellt hohe Anforderungen an das Mobilitätsmanagement in den Netzen. Die Übergabe der Kommunikation von einer zur nächsten Funkzelle muss zuverlässig und mit hoher Geschwindigkeit funktionieren.

5G wird diese Verfügbarkeit ermöglichen und darüber hinaus eine umfassende Konvergenz zwischen allen Netzzugangarten realisieren und die digitale Plattform für alle Kommunikations- und Vernetzungsanwendungen darstellen. Großveranstaltungen mit einer hohen Konzentration von Nutzern auf kleinster Fläche stellen eine weitere Herausforderung an Kommunikationsnetze dar. Während

in der Vergangenheit hauptsächlich eine entsprechende Kapazität für Telefonie bereitgestellt werden musste, hat sich das Nutzerverhalten bereits heute massiv verändert. Neben der Individualkommunikation der Veranstaltungsbesucher, die mehr und mehr auch Videoinhalte beinhaltet, werden zukünftig vom Veranstalter parallel zum Event diverse teilweise datenintensive Zusatzdienste angeboten, welche die Besucher über ihre Eintrittskarte mit gebucht haben. Für jeden Nutzer muss daher ausreichend Kapazität in hoher Qualität vorhanden sein. Diese Kapazität wird aber nur für den Zeitraum der Veranstaltung benötigt. Das Netz muss also flexibel genug sein, um hierauf zu reagieren. Die Abdeckung solcher Räume oder Flächen, die nur temporär von großen Menschenmengen genutzt werden, z. B. bei Festivals, mit einer leistungsfähigen mobilen Breitbandinfrastruktur muss zukünftig einfacher möglich sein, als dies heute der Fall ist.

Ein wichtiges Zukunftsszenario ist die vernetzte Fabrik. Die Digitalisierung der Produktion erfordert neben der Steuerung der eigentlichen Produktionsprozesse eine Vielzahl von Sensoren auf engstem Raum, die zwar jeweils keine hohen Datenraten benötigen, aber zuverlässig und mit kurzen Reaktionszeiten bedient werden müssen. Insgesamt müssen künftige Kommunikationssysteme eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen mit diversesten Anforderungsprofilen befriedigen. Hierbei stehen die einzelnen Parameter wie hoher Durchsatz, geringe Latenzzeit, Zuverlässigkeit, große Anzahl vernetzter Geräte pro Zelle sowie Energieverbrauch und Kosten häufig miteinander im Konflikt. Manche Anwendungsfälle erfordern eine Optimierung in mehreren Dimensionen, bei anderen liegt der Fokus mehr in Richtung eines einzelnen Schlüsselparameters.

Es ist das Ziel und gleichzeitig eine Herausforderung an 5G, diese sehr diversen Anwendungsprofile mit der nötigen Flexibilität jeweils optimal und zuverlässig zu unterstützen.

## 03.4 Sichere Verfügbarkeit

In einer vollständig vernetzten Gesellschaft wird die Internetverbindung eine ähnlich wichtige Funktion einnehmen wie heute die Stromversorgung. Ein Ausfall hätte enorme wirtschaftliche Folgen.

Eine neue Mobilfunkgeneration muss daher Sicherungsmechanismen implementieren, die eine möglichst umfassende und auch bei sehr hoher Belastung sichere Verfügbarkeit der Netze insgesamt garantiert.

Bei 4G erfolgt die Leistung pro Zelle ohne eine dynamische Anpassung an die Rahmenbedingungen.

5G wird die technologisch bedingten Beschränkungen der bisherigen Systeme (zellulare Netze) durch neue Prinzipien aufheben, und somit einem anderen Anspruch an die Verfügbarkeit gerecht werden.

## 03.5 Sicherheit

In den letzten Jahren sind Kommunikationsnetze zunehmend in den Fokus verschiedener Angreifer gelangt. Das Spektrum reicht dabei heute von einfachem Betrug, z. B. Erschleichen kostenloser Kommunikationsdienste, bis hin zu schwerer Kriminalität, beispielsweise der Erpressung von Netzbetreibern durch Androhung massiver sogenannter Denial of Service Attacks, durch die Netze gezielt „lahmgelegt“ werden können. Auch die Bedrohung durch Cyber-Terrorismus und Cyber-Kriegsführung ist durchaus real. Vergangene Cyber-Angriffe richteten sich bisher häufig gegen Internet-basierte Dienste und weniger gegen Mobilfunknetze. Bereits jetzt ist aber ein zunehmendes Interesse der „Hacker-Community“ an Sicherheitslücken auch im Mobilfunkbereich zu bemerken, und mit der erwarteten Allgegenwärtigkeit von mobilen Diensten in allen Bereichen der Gesellschaft und Wirtschaft wird dieses Interesse noch beflügelt werden.

Es ist also von essentieller Wichtigkeit, bei der Entwicklung der 5G-Netze höchste Widerstandskraft gegen Cyber-Attacken von Anfang an zu berücksichtigen und mit der Netz-Architektur auch eine Sicherheits-Architektur zu schaffen, die die Basis dafür bietet, in hohem Grade sichere 5G-Netze zu implementieren. Wenn etwa in verstärktem Maße Cloud-Umgebungen und „Software Defined Networking“ eingesetzt werden, so müssen diese neuen Technologien auch adäquat abgesichert werden.

Sicherheit bedeutet natürlich neben dem Schutz der Verfügbarkeit der Netze auch den Schutz der Daten, die in diesen Netzen transportiert werden bzw. in den verschiedenen Netzelementen gespeichert sind, und muss auch den Schutz der Endgeräte gegen Angriffe über 5G-Netze umfassen. Die Nutzer müssen die Gewissheit haben, dass sie 5G-Netze auch für sensible Anwendungen sicher nutzen können und dass ihre Privatsphäre stets gewahrt bleibt.

Die Sicherheitsarchitektur bisheriger 3G- und 4G-Netze hat sich als äußerst solide erwiesen und ist daher eine hervorragende Basis, auf der unter Berücksichtigung der neuen, zukünftigen Anwendungsszenarien und Anforderungen die zukünftige 5G-Sicherheitsarchitektur entwickelt werden kann. Zu den neuen Anforderungen wird dabei auch eine erhöhte Flexibilität von Sicherheitsmechanismen zählen, so dass diese beispielsweise nicht nur leistungsfähigen Endgeräten wie Smartphones gerecht werden, sondern auch erlauben, einfache Internet-of-Things-Geräte, wie z. B. Sensoren mit geringem Energie-Budget, sicher zu vernetzen.

## 03.6 Energieeffizienz

Die vollständig vernetzte Gesellschaft wird in einem erheblichen Maße durch die Vernetzung unterschiedlichster Sensoren und die Auswertung der von diesen generierten Daten getrieben.

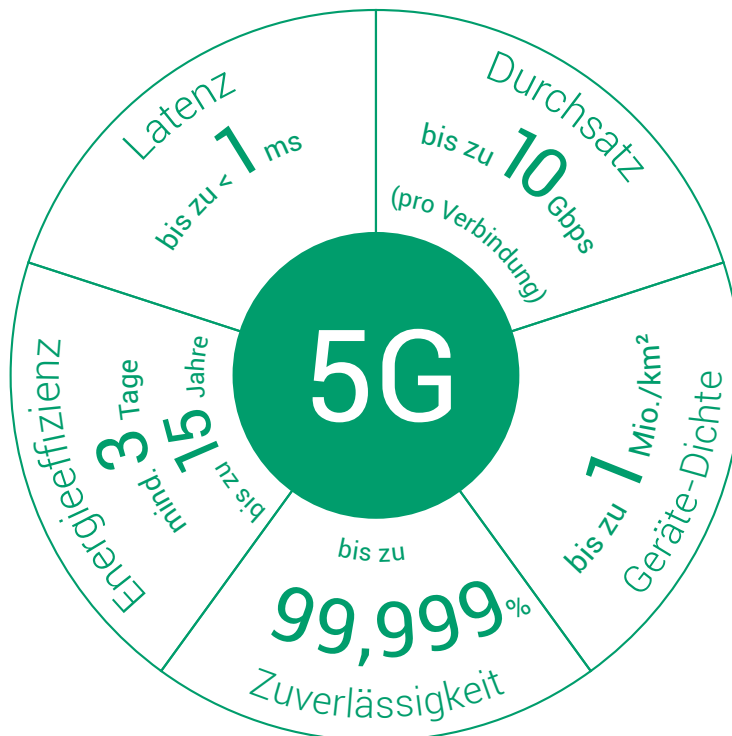
Viele Sensoren werden nicht dauerhaft mit einer Stromquelle verbunden sein können. Die Anbindung mobiler und fest installierter Sensoren muss daher mit einem möglichst geringen Energiebedarf erfolgen können.

Die heutige Anbindung geschieht noch meist über 2,5G (GPRS), da 4G-Geräte für viele Sensoranwendungen einen viel zu hohen Energiebedarf und zu hohe Gerätekosten haben.

Mit 5G wird es möglich sein, eine bis zu zehnmal längere Laufzeit solcher Niedrigenergie-Sensoren zu erzielen. Kandidatentechnologien versprechen bereits heute eine Batterielaufzeit von bis zu 15 Jahren für diese Art von Niedrigenergie-Sensoren.

Für die kommenden Jahre wird ein weiterer rasanter Anstieg der jährlich transportierten Daten erwartet. Mit der derzeitigen jährlichen Zunahme von etwa 60 % wird die zu übertragende Datenmenge in zehn Jahren das Hundertfache der heutigen Datenmenge betragen. Dies ist nur realisierbar, wenn gleichzeitig die Energieeffizienz der gesamten Kommunikationsnetze entsprechend gesteigert wird.

### Charakteristika von 5G



## 04

# Technologische und regulatorische Anforderungen an 5G

Im Kapitel „Vision 5G“ wurde dargelegt, dass ultraschnelle Datenraten, Echtzeit-Reaktionsfähigkeit, optimale und sichere Verfügbarkeit sowie Energieeffizienz wichtige Zielgrößen für 5G darstellen. Die Erreichung dieser Zielgrößen erfordert neben Forschung an und Entwicklung von neuen Funkübertragungstechniken auch intensive Analysen und Entwicklungen der Netzwerkarchitektur für Kommunikationsnetze. Zur erfolgreichen Umsetzung und Einführung von 5G-Systemen sind globale Standards und geeignete internationale und nationale regulatorische Rahmenbedingungen unabdingbare Voraussetzungen.

## 04.1 Spektrumsbedarf

Zur Erreichung der für 5G avisierten Datenraten pro individueller Verbindung, auch bis an die Zellränder, und für die Bereitstellung hoher Zellkapazitäten sind große zusammenhängende Frequenzbereiche notwendig, die in den heute identifizierten und zugeteilten Frequenzbändern für Mobilfunk nicht verfügbar sind. Selbstverständlich werden die heutigen Mobilfunkbänder weiter intensiv genutzt und künftig flexibel für 5G-Dienste eingesetzt werden. Darüber hinaus ist jedoch in erheblichem Maße zusätzliches Spektrum erforderlich. Neben dem kurzfristigen Bedarf für zusätzliches Mobilfunkspektrum im Frequenzbereich bis 6 GHz, der im Rahmen der Weltfunkkonferenz 2015 (WRC-15) diskutiert werden wird, besteht längerfristiger Bedarf nach neuem Spektrum auch oberhalb von 6 GHz. Für Datenraten von bis zu 10 Gbps sind mehrere hundert MHz bis hin zu einigen GHz je Netzbetreiber notwendig. Derartige zusammenhängende Frequenzbereiche sind auf Grund der begrenzt verfügbaren Ressourcen im bislang für Mobilfunk bevorzugten Frequenzbereich von bis zu 6 GHz heute nicht verfügbar. Für die Bereitstellung entsprechender Frequenzbereiche

oberhalb von 6 GHz müssen bereits auf der WRC-15 die Weichen gestellt werden, indem für die darauffolgende Konferenz (voraussichtlich in 2019) ein entsprechender Tagesordnungspunkt beschlossen wird. Nur dann ist es möglich, im Zeitraum zwischen beiden Konferenzen entsprechende Studien durchzuführen und das benötigte Spektrum im Bereich 6 GHz bis etwa 100 GHz zu identifizieren und letztendlich in 2019 für 5G zuzuweisen. Hierbei sind die Interessen heutiger Spektrumsnutzer in diesem Bereich zu berücksichtigen. Dennoch sollten nicht schon im Vorfeld große Bandbereiche ausgeschlossen werden. Vielmehr ist davon auszugehen, dass sowohl im cm-Wellenbereich bis 30 GHz als auch im mm-Wellenbereich darüber Frequenzbänder gefunden werden müssen, um 5G adäquat bezüglich Versorgungsbereich und Kapazität aufbauen zu können. Mit Stand Oktober 2015 der regionalen Vorschläge zu WRC-15 findet sich breite Unterstützung für einen WRC-19 Tagesordnungspunkt zu 5G Spektrum und hinreichend Vorschläge zur Studie von Bandbereichen für 5G oberhalb von 30 GHz, sowie zwischen 24.5 und 30 GHz, einige davon mit Potential für weitreichende Harmonisierung. Allerdings fehlen (insbesondere im Beschluss der europäischen Vorbereitungsgruppe CPG) weitestgehend Bandbereiche zwischen 6 und 24 GHz, die aufgrund ihrer günstigeren Ausbreitungsbedingungen einen kostengünstigeren und schnelleren Aufbau von 5G-Netzen erlauben würden als in den derzeit vorgeschlagenen höheren Bandbereichen. Diese Bereiche sollten nach Ansicht der Fokusgruppe 5G nicht von vorneherein von Studien ausgeschlossen werden. Bei der Identifizierung neuer Spektrumsbereiche kann Deutschland seine Vorreiterrolle unterstreichen und aktiv auf eine gemeinsame europäische Position hinarbeiten.

## 04.2 Spektrumsmanagement

Auch für 5G sind exklusive Frequenzzuteilungen je Netzbetreiber ein wichtiges Element, um dem Kunden garantierte Qualitätsparameter, sog. Quality of Service (QoS), anbieten zu können. Durch lange Laufzeiten dieser Zuteilungen können eine langfristige Stabilität für die Kunden und Investitionsanreize für die Netzbetreiber geschaffen werden. Darüber hinaus muss es europaweite Richtlinien geben, um potentiellen Inhabern von Frequenznutzungsrechten Investitionssicherheit zu geben und eine Amortisation dieser Investitionen über einen langen Zeitraum zu ermöglichen.

Komplementär zu einer exklusiven Lizenzierung wird es auch im Interesse besserer Spektrumseffizienz zunehmend Modelle der gemeinsamen Nutzung von Spektrum geben, z. B. zwischen Netzbetreibern, aber auch zwischen unterschiedlichen Diensten, z. B. zwischen Satellitendiensten und Mobilfunk. Dies wird insbesondere dort möglich, wo die Spektrumsbedarfe der jeweiligen Dienste örtlich oder zeitlich unterschiedlich sind und somit eine geteilte Nutzung der Ressource Frequenz möglich ist. Die regulatorischen Rahmenbedingungen für gemeinsame Spektrumsnutzung müssen jedoch die notwendige Flexibilität bieten, um diese Modelle in der Praxis einfach umsetzen zu können.

Mobile Anbindungen spielen in 5G eine wesentliche Rolle und benötigen für die Erfüllung der Anforderungen ausreichende Frequenzressourcen, die in einem investitionsfreundlichen regulatorischen Umfeld genutzt werden können. Die deutsche Politik kann durch eine aktive Teilnahme an der Erarbeitung dieses regulatorischen Rahmens die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Einführung von 5G schaffen.

## 04.3 Funkübertragungstechnik

5G stellt auch an die Funkübertragungstechnik besondere Anforderungen. Gerade die neuen, für 5G benötigten Frequenzen oberhalb von 6 GHz (bis hin zu 100 GHz) haben physikalisch andere Eigenschaften als die heute genutzten Mobilfunkbänder. Je höher die Frequenz, desto geringer ist zwar die Reichweite, jedoch reduziert sich auch die gegenseitige Störwirkung zwischen Mobilfunkzellen. Eine weitere Herausforderung ist, dass Effekte wie Gebäudedurchdringung, Beugung und Streuung, die eigentlich eine Ausbreitung auch ohne direkte Sichtverbindung erlauben, sich in höheren Frequenzbereichen stark verändern und nicht mehr positiv zur Ausbreitung der Funkwellen beitragen. Der großen Chance bezüglich hoher realisierbarer Bandbreiten oberhalb von 6 GHz stehen somit technische Herausforderungen gegenüber. Aus heutiger Sicht stellen z. B. der Einsatz von verteilten Antennen, Mehrantennensysteme und die präzise Ausrichtung der Abstrahlung auf den jeweiligen Nutzer hilfreiche Elemente dar, um die physikalischen Eigenschaften höherer Frequenzen bestmöglich zu nutzen. Zur Umsetzung derartiger Konzepte sind jedoch Forschung an und Entwicklung von neuen hochleistungsfähigen Algorithmen und passender Hardware erforderlich. Diese Aufgaben werden heute im europäischen Rahmen u. a. mittels gemeinsamer Forschung im 5G Infrastructure Public Private Partnership (5G-PPP) schon adressiert. Diese Aktivitäten müssen fortgesetzt werden. Auch die zugehörigen Forschungs- und Standardisierungsaktivitäten benötigen entsprechende politische Unterstützung, damit letztendlich bezahlbare 5G-Netze implementiert werden können.



## 04.4 Netzarchitektur

Bereits heute ist bei LTE-Systemen die Funkübertragung zwischen Basisstation und Endgerät in den meisten Fällen nicht mehr der dominierende Beitrag zur Latenzzeit. LTE benötigt zwischen 10 und 20 ms für Hin- und Rückübertragung kleiner Datenpakete über die Funkstrecke, während typische messbare „Ping“-Zeiten durchaus 50 ms und mehr aufweisen können. Somit erfordert die Bereitstellung von Ende-zu-Ende-Latenzzeiten in 5G von < 1 ms neben Verbesserungen in der reinen Funkübertragung auch erhebliche Eingriffe und Fortentwicklungen in der Netzarchitektur. So können echtzeitkritische Applikationen nicht von wenigen konzentrierten Servern oder Datenzentren für ganz Deutschland bereitgestellt werden, sondern erfordern Techniken wie Mobile Edge Computing (MEC), d. h. verteilte Bearbeitung und Beantwortung aller Anfragen so nah am Endgerät wie möglich und erforderlich. Die verschiedenen physikalischen und logischen Verbindungen zum Transport der Daten von der Basisstation über das Kernnetz des Mobilfunkbetreibers zu den Servern im Internet und zurück müssen ganzheitlich optimiert und aufeinander abgestimmt werden, um die geforderten Antwortzeiten leisten zu können. Ebenso ist es wichtig, eine enge Interaktion zwischen den sich weiterentwickelnden LTE-Netzen und neuer 5G-Technologie sicherzustellen, da zukünftige leistungsfähige LTE-Netze im Zeitraum um 2020 eine breite Verfügbarkeit aufweisen werden. Es erscheint daher effizient, 5G-Architekturen nicht isoliert von LTE zu entwickeln. Auch aus den Ansprüchen an hohe Verfügbarkeit der Netze werden zusätzliche Anforderungen an die Netzarchitektur abzuleiten sein. Somit gehen die Anforderungen an 5G weit über das hinaus, was neue Funkübertragungstechnologien alleine leisten können und machen grundsätzliche Änderungen und Fortentwicklungen der Netzarchitektur erforderlich. Auch dies ist Gegenstand der Forschung im europäischen 5G-PPP.

## 04.5 Backhaul

Um die hohen Anforderungen an die Latenzzeit, Bandbreite und Zuverlässigkeit zu erfüllen, müssen die Basisstationen der 5G-Mobilfunknetze mit hochleistungsfähigem Backhaul, typischerweise auf Basis von Glasfaser, an die Backbones angeschlossen werden. Aufgrund der kurzen Wellenlängen sind die Reichweiten der 5G-Basisstationen vergleichsweise klein und können im Bereich weniger Dutzend Meter liegen. Bis die 5G-Mobilfunknetze um 2020 ihren Betrieb aufnehmen, wird eine erhebliche Verdichtung der Glasfaserinfrastruktur in Deutschland erwartet. Da sich der Trend zur Konvergenz von festen und mobilen Zugangsnetzen fortsetzt, können diese Glasfasernetze neben dem erforderlichen Backhaul für Mobilfunk auch sehr hohe Datenraten für den festnetz-basierten Internetzugang in Gewerbe und Haushalten zur Verfügung stehen. Wettbewerbsorientierte und investitionsfreundliche regulatorische Rahmenbedingungen sind dafür eine Voraussetzung.

## 04.6 Berücksichtigung der Anforderungen der Übertragung von Rundfunkinhalten

Eine Besonderheit bei der Übertragung von Rundfunkinhalten besteht darin, dass derselbe Inhalt zeitgleich an viele Nutzer übertragen wird. Heutige Mobilfunknetze, die auf individuelle Kommunikation ausgerichtet sind, stoßen an Kapazitätsgrenzen, wenn sehr viele Nutzer gleichzeitig Inhalte nachfragen, z. B. bei großen Sportereignissen, und jeder Nutzer einen eigenen Datenkanal belegt, obwohl alle denselben Inhalt empfangen. Das Problem wurde erkannt und so wurde schon in den 3G- und 4G-Standards ein Broadcast-Modus eingeführt, der den gleichzeitigen Empfang eines einzigen Datenstroms durch viele Nutzer erlaubt. Dieser Broadcast-Modus eignet sich z. B. für die Übertragung von Videoaufnahmen aus unterschiedlichen Perspektiven bei Sportereignissen an viele Nutzer

in einem Stadion und könnte auch zur Verbreitung von TV-Programmen zur mobilen Nutzung eingesetzt werden. Im Prinzip kommt für die Verbreitung der linearen TV-Programme schon der heutige 4G-Standard im Broadcast-Modus (evolved Multimedia Broadcast / Multicast Service, eMBMS) in Frage, allerdings ist eine Anwendbarkeit, vergleichbar mit der aktuellen Verbreitung der Rundfunkinhalte über digitale terrestrische TV-Netzwerke, noch nicht gegeben. Dies betrifft sowohl technische als auch medienrechtliche Fragen, wie z. B. die Umsetzung des Free-to-Air Prinzips. Neben der Übertragung von konventionellen Rundfunkinhalten – sog. lineares Fernsehen – gewinnt die Übertragung nichtlinearer Inhalte, wie z. B. Mediathekeninhalte oder Video-on-Demand (VoD) zunehmend an Bedeutung. Daher liegt die Überlegung nahe, nur einen Standard für die terrestrische Ausstrahlung linearer und nichtlinearer Inhalte zu verwenden, der zusätzliche Elemente, z. B. Interaktivität, beinhaltet. Es kann davon ausgegangen werden, dass die mobile Mediennutzung in Zukunft eine wesentlich größere Rolle als heute spielen wird. Daher sollte 5G sowohl die Verbreitung von linearen als auch nichtlinearen Inhalten adäquat unterstützen. Es werden flexible Strukturen benötigt, die eine bedarfsgerechte Verteilung von Rundfunkinhalten ermöglichen. So sollte es möglich sein, je nach Bedarf klein- und großzellige Strukturen zur Rundfunk-Versorgung zu verwenden. Langfristiges Ziel ist die technische Ermöglichung der Konvergenz von Mobilfunk- und Rundfunk.

## 04.7 Testfrequenzen und Modellregionen

Die frühzeitige Verfügbarkeit von Testfrequenzen, die in ausgewiesenen Modellregionen zum Einsatz kommen können, um zum einen neue Technologie zu erproben und zu verbessern und zum anderen Anwendern die Möglichkeiten zu bieten, ihre Applikationen demonstrieren, testen und weiterentwickeln zu können, leistet

einen wesentlichen Beitrag für eine erfolgreiche Markteinführung von 5G. Nachdem 5G nicht nur die heutige Mobilfunknutzung für Sprache und Daten erweitern wird, sondern die wesentliche Voraussetzung für den Erfolg angrenzender Sektoren wie der intelligenten Mobilität mit dem hochautomatisierten Fahren sowie der Industrie 4.0 mit hochgradig vernetzten Produktions- und Logistikketten sein wird, kommt der frühzeitigen Verfügbarkeit für die neuen Anwendergruppen gesteigerte Bedeutung zu. Die Wettbewerbsfähigkeit wichtiger deutscher Industriezweige profitiert somit von einer vorausschauenden Planung und Bereitstellung von Ressourcen.

## 04.8 Internationale Standardisierung

In der stark globalisierten Informations- und Kommunikationsindustrie (IK) können nur globale Standards Erfolg haben. Europäische oder gar deutsche Sonderwege verbieten sich somit von selbst. Die Standardisierung von 5G wird im bewährten Rahmen von 3GPP<sup>4</sup> erfolgen, das mit LTE und LTE-Advanced heute den einzigen relevanten Standard weltweit weiterentwickelt. Die harmonisierte Identifikation und Allokation von Spektrum wird durch Arbeitsgruppen bei der ITU mit globalem Blickwinkel und bei CEPT für den erweiterten europäischen Raum vorbereitet. Im Rahmen der globalen Standardisierung von 5G in 3GPP und der Bereitstellung von Spektrum in ITU und CEPT können Europa und Deutschland über starke Unternehmen, spezifisches Anwendungs-Know-how sowie eine vorausschauende und im europäischen Rahmen gut abgestimmte Frequenzpolitik erheblich Einfluss nehmen.

## 04.9 Netzneutralität – Priorisierung von Diensten

Die zunehmende Vernetzung und Digitalisierung breiter Wirtschaftszweige und die dabei entstehenden Dienste mit spezifischen Qualitätsanforderungen stellen neue Anforderungen an ein effizientes und effektives Netzwerkmanagement. Der heute übliche Netzzugang nach dem Best-Effort-Grundsatz muss durch qualitätsgesicherte Dienste für professionelle Anwendungen ergänzt werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass Infrastrukturen effizient durch eine dynamische Allokation genutzt werden können und ein ineffizienter, da äußerst kostenintensiver Aufbau paralleler Infrastrukturen vermieden werden kann. Dies setzt voraus, dass die Netze so betrieben werden können, dass die Anforderungen spezifischer Dienste realisiert werden können. Eine zu enge gesetzliche Ausgestaltung der Netzneutralität liefe diesem volkswirtschaftlich sinnvollen Ansatz entgegen. Vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Kritikalität von Daten kann es nicht darum gehen, jedes Datenpaket grundsätzlich gleich zu behandeln. So werden beispielsweise Echtzeitübertragungsdienste mit extrem geringen Latenzzeiten nicht per se für alle Dienste zur Verfügung stehen müssen. Bei der nationalen Anwendung der jüngsten europäischen Entscheidungen muss es daher darum gehen, das enorme Innovationspotential zu erhalten sowie Differenzierungsmöglichkeiten und Netzwerkmanagement weiter zu ermöglichen.

## 04.10 Erfolgreiche Geschäftsmodelle ermöglichen – 5G Investitionen fördern

Deutschland und Europa stehen in einem globalen Wettbewerb als Industrie-, Dienstleistungs- und Technologiestandort. Eine leistungsfähige Telekommunikationsinfrastruktur ist in zunehmendem Maße eine Voraussetzung für den gesamtwirtschaftlichen Erfolg. Netzbetreiber in USA, Korea und Japan konnten LTE wesentlich schneller dem Markt zur Verfügung stellen als in Europa. Die dafür erforderlichen Investitionen können schneller und besser amortisiert werden, was weitere Investitionen in die Netze ermöglicht. In Europa hingegen zielen Politik und Regulierung aktuell aus Verbraucherschutz-Orientierung heraus auf Beschränkung der monatlichen Ausgaben je Vertrag oder Haushalt. Langfristig wird sowohl dem Interesse der Verbraucher als auch der Gesamtwirtschaft hingegen eher Rechnung getragen, indem Innovation und Investitionen in leistungsfähige digitale Infrastrukturen durch eine Regulierung, die die Belange der Verbraucher und der in den Ausbau investierenden Netzbetreiber besser austariert, stärker gefördert werden.

Für den Markterfolg von 5G und seiner positiven Wirkung auf andere Industriesektoren wie z. B. Produktion, Mobilitätsbranche und Logistik ist ein investitionsfördernder regulatorischer Rahmen zwingend erforderlich. Dieser muss folgendes gewährleisten:

- Bereitstellung von ausreichend geeignetem Mobilfunkspektrum für 5G
- Flexibilität für eine einfache Umsetzung von gemeinsamer Spektrumsnutzung in der Praxis
- Fortsetzung der Unterstützung der 5G-Forschungs- und Standardisierungsaktivitäten
- Ausgewogene Regelungen zur Netzneutralität, die eine technisch notwendige und wirtschaftlich sinnvolle Differenzierung von Diensten erlauben
- Rechts- und Planungssicherheit

## 05

# Die Partner

Der Dialog über die Chancen und Entwicklungen der 5G-Technologie in Deutschland wird im Rahmen des Nationalen IT-Gipfels geführt von:

BMW AG

Breitbandbüro des Bundes

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas,  
Telekommunikation, Post und Eisenbahnen

Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.

Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und neue Medien e.V. (Bitkom)

Daimler Center for Automotive IT Innovations (DCAITI)

Deutsche Bahn AG

Deutsche Telekom AG

E.ON SE

Ericsson GmbH

Fraunhofer FOKUS

Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut

Huawei Technologies Co., Ltd.

Institut für Rundfunktechnik GmbH

Intel Corporation

Nokia Networks

Robert Bosch GmbH

Samsung Electronics GmbH

Siemens AG

Telefonica Germany GmbH & Co. OHG

Telekom Deutschland GmbH

Technische Universität Dresden / 5G Lab

Verband der Anbieter von Telekommunikations- und  
Mehrwertdiensten e.V. (VATM)

Verband der Automobilindustrie e.V.

Vodafone GmbH

Vodafone Kabel Deutschland GmbH

Volkswagen AG

## Kontakt / Ansprechpartner

Wenn Sie weitere Informationen benötigen oder an der Entwicklung der 5G-Technologie in Deutschland mitwirken möchten, stehen Ihnen folgende Ansprechpartner gern zur Verfügung.

**Olaf Reus**

Leiter der Fokusgruppe 5G  
olaf.reus@ericsson.com

**Nick Kriegeskotte**

Leiter der Projektgruppe  
„Kommunikation und Anwendungen“  
n.kriegeskotte@bitkom.org

**Ulrich Rehfueß**

Leiter der Projektgruppe  
„Technologische und regulatorische  
Rahmenbedingungen“  
ulrich.rehfuess@nokia.com









Ergebnisdokument der Fokusgruppe 5G

Oktober 2015

Herausgeber:

Nationaler IT-Gipfel Berlin 2015

Plattform „Digitale Netze und Mobilität“