

Stellungnahme zur Bedarfsermittlung für den Ausbau digitaler Infrastrukturen bezüglich Industrie 4.0

Inhalt

1. Motivation.....	2
2. Digitale Infrastruktur für Industrie 4.0.....	3
2.1 Ausgangslage	3
2.2 Anwendungsbetrachtungen.....	3
2.3 Anforderungsbetrachtungen.....	7
3. Bedarfserläuterungen zum Eckpunktepapier.....	10
3.1 Zum Verfahrensverlauf im Abschnitt B	10
3.1.1 3,4 – 3,8 GHz	10
3.2 Zu den Eckpunkten im Abschnitt C.....	11
3.2.1 3,4 – 3,8 GHz	11
3.2.2 Frequenzen oberhalb 24 GHz.....	14
4. Zusammenfassung.....	15

1. Motivation

Heutige funkgestützte Industrieanwendungen arbeiten überwiegend in lizenzfreien ISM-Bändern und bieten Vorteile für eine einfache weltweite Inbetriebnahme und Verfügbarkeit. Die in den letzten Jahren in den ISM-Bändern massiv gestiegene Nutzung von W-LAN erfordert einerseits erweiterte Regulierungsmaßnahmen, begrenzt andererseits die anspruchsvollere Ausgestaltung der Nutzungsmöglichkeiten in industriellen Einsatzfeldern. Im Hinblick auf den quantitativ und qualitativ zunehmenden Funkbedarf mit Industrie 4.0 ist eine zentrale Innovationsbarriere absehbar.

Gleichzeitig gehört Deutschland zu den weltweit führenden Industriestandorten und startet deshalb aus der Pole-Position im Wettbewerb um die besten Lösungen für Industrie 4.0. Die industrielle Produktion und produktionsnahe Dienstleistungen in Deutschland erzielen mehr als die Hälfte der gesamten Wirtschaftsleistung. Bei vielen digitalen Innovationen in der Produktionstechnik steht Deutschland an führender Stelle. Der Wettbewerb, insbesondere durch die USA und Südostasien (Japan, Südkorea, China), ist aber stark. Mit Industrie 4.0 werden sich die Vorstellung und die Gestalt von Produktion verändern. Die Grenzen zwischen Industrie und Dienstleistung werden noch durchlässiger, und der globale Wettbewerb wird fortan auch in der Industrie digitalgetrieben beziehungsweise IKT-basiert sein.¹

Daher ist der Bedarf an leistungsfähiger digitaler Infrastruktur von essentieller Bedeutung und erfordert es - neben den technologischen Herausforderungen - auch die notwendigen regulatorischen Rahmenbedingungen zukunftssicher zu gestalten, damit Entfaltungsmöglichkeiten für Innovationen geschaffen werden können. Wir begrüßen den Dialogprozess der Bundesnetzagentur und die im Eckpunktepapier aufgeführten Frequenzbetrachtungen und wollen mit diesem Papier die Sichtweisen der Industrieausrüster und Industrieanlagenbetreiber für das geplante 5G-Frequenzvergabeverfahren kompakt darlegen.

¹ Entnommen aus: „Digitalstrategie 2025“ des BMWi. Mehr unter www.de.digital

2. Digitale Infrastruktur für Industrie 4.0

2.1 Ausgangslage

Industrie 4.0 ist ein deutsches Zukunftsprojekt, das neue automatisierte Fertigungsverfahren für die Industrie in der „vierten industriellen Revolution“ ermöglichen soll. Die vierte industrielle Revolution basiert auf den technischen Möglichkeiten des 21. Jahrhunderts durch den kombinierten Einsatz von moderner Elektronik, Informationstechnologien wie künstlicher Intelligenz und Technologien zur Vernetzung.

Der anhaltende Fortschritt der Informationstechnik mit seiner exponentiellen Zunahme an Rechen- und Speicherkapazität ermöglicht in Kombination mit der Mikrosystemtechnik und Kommunikationstechnik immer leistungsfähigere Systeme zur Kommunikation und Steuerung, die zudem immer stärker miteinander vernetzt werden. Ein grundlegendes Ziel von Industrie 4.0 Projekten ist die Nutzbarmachung der in den Informations- und Kommunikationstechnologien erreichten und in der nahen Zukunft zu erwartenden Fortschritte für industrielle Unternehmen.²

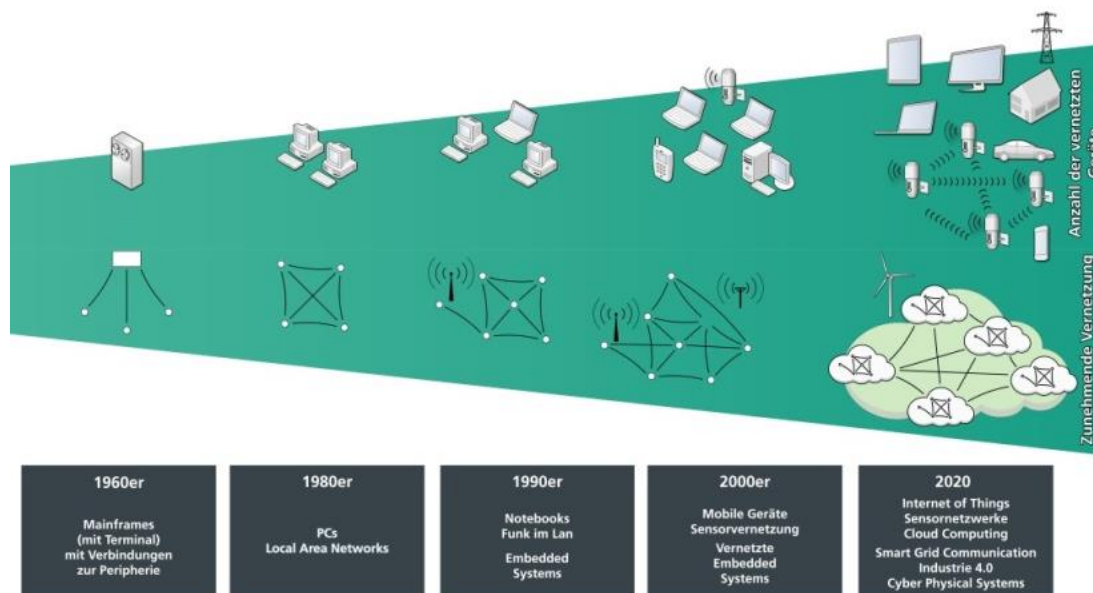


Bild 1: Entwicklung der Informationstechnologie (Quelle: Fraunhofer ESK)

Erst mit der Nutzbarmachung von Kommunikationstechnologien entfalten sich unter Industrie 4.0 große Potenziale im Hinblick auf Flexibilität und Vielseitigkeit der Produktionsabläufe, Ressourceneffizienz, Kosteneffizienz, neue Wege der Mensch-Maschine Kollaboration, sowie der optimierten Verzahnung und Gestaltung von Wertschöpfungsketten.

2.2 Anwendungsbetrachtungen

Nur mit höchster Flexibilität in der Fertigung, beispielsweise durch schnelle Umrüstzeiten und dynamischen Wertschöpfungsketten, kann den zunehmend weltweit volatilen Märkten erfolgreich begegnet werden. Ein wichtiger Faktor sind cyber-physische Produktionssysteme, die auf einer zuverlässigen und leistungsfähigen Konnektivität sowie Recheninfrastruktur basieren, die Menschen,

² Vgl. VDE-Positionspapier: „Funktechnologien Industrie 4.0“, Juni 2017

Maschinen, Produkte und alle Arten von anderen Geräten flexibel, sicher und konsistent miteinander verbinden. Anstelle von statischen sequentiellen Produktionssystemen werden zukünftige intelligente Fabriken durch flexible, modulare Produktionssysteme charakterisiert. Dazu gehören mehr mobile und vielseitige Produktionsanlagen, die eine leistungsfähige und effiziente drahtlose Kommunikation und Lokalisierungsdienste erfordern.

Industrielle Kommunikationstechnologien sind mehrheitlich noch drahtgebunden ausgelegt. Dazu gehören eine Vielzahl von dedizierten Industrial Ethernet-Technologien (z. B. Sercos®, PROFINET® und EtherCAT®) und Feldbusse (z. B. PROFIBUS®, CC-Link® und CAN®). Diese Kommunikationstechnologien werden beispielsweise zum Verbinden von Sensoren, Aktoren und Steuerungen in einem Automatisierungssystem eingesetzt. Heutzutage wird drahtlose Kommunikation vor allem für spezielle Anwendungen und Szenarien, zum Beispiel in der Prozessindustrie oder für den Anschluss von Standard-IT-Hardware an ein Produktionsnetzwerk und ähnliche eher unkritische Anwendungen eingesetzt. Drahtlose Funksysteme spielen daher in heutiger fest installierter und langlebiger Produktionsinfrastruktur aus zwei wesentlichen Gründen nur eine untergeordnete Rolle: Zum einen ist in fest installierten Systemen die drahtgebundene Lösung zweckmäßiger. Außerdem können vorhandene drahtlose Technologien nicht für die anspruchsvollen Anforderungen industrieller Anwendungen, insbesondere im Hinblick auf das Ende-zu-Ende Zeitverhalten, Verfügbarkeit, Jitter und Determinismus eingesetzt werden. Die Umgestaltung industrieller Infrastruktur auf Industrie 4.0 kann nur möglich werden, wenn die drahtlose Konnektivität den Grad der Qualität und Zuverlässigkeit aus der drahtgebundene Kommunikation erreicht. Eine industrielle Infrastruktur ist durch vielseitige Einsatzgebiete geprägt und diese beinhalten zentrale Anwendungsfälle (Use-Cases), welche eine anspruchsvolle Funkkommunikation erfordern.



Bild 2: Industrielle Einsatzgebiete mit Bedarf an anspruchsvoller Funkkommunikation³

Diese Einsatzgebiete werden wie folgt beschrieben:

- (1) **Fabrikautomation:** Die Fabrikautomatisierung befasst sich mit der automatisierten Steuerung, Überwachung und Optimierung von Prozessen und Workflows innerhalb einer Fabrik. Dazu gehören Anwendungen der Regelungstechnik (Antriebsregelung,

³ HMI: Human-Man Interface (Mensch Maschine Schnittstelle)

programmierbare Logik usw.), Robotik sowie Aspekte der computerintegrierten Fertigung. Die Fabrikautomatisierung ist eine zentrale Technologieinfrastruktur zur Umsetzung von industrieller Massenproduktion mit hoher Qualität und Kosteneffizienz. Anwendungsfälle der Fabrikautomation zeichnen sich häufig durch höchste Anforderungen an die zugrunde liegende Konnektivitätsinfrastruktur aus, vor allem in Bezug auf Zeitverhalten, Verfügbarkeit und Determinismus⁴. Mit Industrie 4.0 werden statische sequentielle Produktionssysteme mehr und mehr durch neuartige modulare Produktionssysteme ersetzt, die eine hohe Flexibilität und Vielseitigkeit bieten. Hierbei handelt es sich um eine Vielzahl von zunehmend mobilen Produktionsanlagen, für die leistungsstarke drahtlose Kommunikations- und Lokalisierungsdienste erforderlich sind.

- (2) **Prozessautomation:** Prozessautomatisierung bezieht sich auf die Steuerung der Produktion und Handhabung von (Grund-)Stoffen wie Chemikalien, Lebensmittel & Getränke usw. Prozessautomatisierung verbessert die Effizienz von Produktionsprozessen, den Energieverbrauch und die Sicherheit der Anlagen. Sensoren, die Prozesswerte messen, wie z. B. Drücke oder Temperaturen, arbeiten in closed-loop Systemen über zentrale und dezentrale Steuerungen mit Stellgliedern, z. B. Ventilen, Pumpen, Heizungen. Auch die Überwachung von Prozessdaten, beispielsweise die Füllstände von Tanks, die Qualität des Materials oder Umweltdaten sind von hoher Relevanz einschließlich Sicherheitswarnungen oder Betriebsstilllegungen. Bereits heute werden Arbeiter in der Anlage von mobilen Geräten unterstützt. Eine Prozessautomatisierungsanlage kann von wenigen 100 m² bis zu km² reichen oder geografisch über eine bestimmte Region verteilt sein. Je nach Größe kann eine Produktionsanlage mehrere 10 000 Messpunkte und Stellantriebe aufweisen. Geräte mit autarker Stromversorgung über mehrere Jahre werden benötigt, um flexibel zu bleiben und die Gesamtkosten der Anlage niedrig zu halten.
- (3) **HMI und Produktions-IT:** Mensch-Maschine-Schnittstellen (HMIs) umfassen alle Arten von Geräten für die Interaktion zwischen Personen und Produktionsanlagen, beispielsweise dem Touch-Panel einer Maschine oder Produktionslinie aber auch eingebundene Standard-IT-Geräte wie Laptops, Tablet-PCs, Smartphones. Darüber hinaus werden die Virtualisierung und die Ausgabe über AR/VR-Technologien in Zukunft eine zunehmend wichtige Rolle spielen und kabellose Kommunikation erfordern. Dies beinhaltet auch standardisierte Produkte aus der Consumer Electronics Industrie, wie Tablet-PCs oder dergleichen. Die Produktions-IT umfasst dagegen IT-basierte Anwendungen zur Betriebssteuerung (ERP, Enterprise Resource Planning) und zum Fertigungsmanagement (MES, Manufacturing Execution System). Ein MES-System beispielsweise überwacht und dokumentiert, wie Rohstoffe und/oder Basiskomponenten verarbeitet werden, während ein ERP-System in der Regel eine integrierte und kontinuierlich aktualisierte Sicht auf wichtige Geschäftsprozesse bietet. Beide Systeme verlassen sich auf die rechtzeitige Verfügbarkeit großer Datenmengen aus dem Produktionsprozess. Sowohl HMIs als auch Produktions-IT arbeiten überwiegend mit herkömmlichen IT-Systemen und sind daher zusammenfassend zu betrachten.
- (4) **Logistik und Lagerung:** Logistik und Lagerung beziehen sich auf die Organisation und Kontrolle der Bewegung und Lagerung von Materialien und Gütern in der Produktion. Zum einen handelt es sich bei der Intra-Logistik um Materialbewegungen

⁴ Vgl. S. Willmann et al., "Anforderungsprofile im ZDKI", Fachgruppe "Aspekte der Zuverlässigkeitsbewertung in ZDKI" im BMBF-Förderprogramm „IKT 2020 – Zuverlässige drahtlose Kommunikation in der Industrie“ (BZKI), Juni 2017

innerhalb eines Fabrikgeländes beziehungsweise innerhalb eines Gebäudes. Dies erfolgt in der Fertigung beispielsweise mit automatisierten Transportfahrzeugen (AGV, Automated Guided Vehicle). Die standortübergreifende Logistik dagegen, umfasst den Transport von Gütern von einem Lieferanten zu einer Fabrik oder von einer Fabrik bis zum Endkunden. Die Lagerung bezieht sich insbesondere auf die zunehmend automatisierte Bevorratung von Materialien und Gütern zum Beispiel auf Förderbändern, Kränen und automatischen Lager- und Abrufsystemen. Für alle Arten von Logistikanwendungen ist in der Regel auch die Lokalisierung, Verfolgung und Überwachung der Ware von großer Bedeutung.

- (5) **Überwachung und Instandhaltung:** Überwachung und Instandhaltung bezieht sich auf die Überwachung bestimmter Prozesse und/oder Anlagen ohne unmittelbare Auswirkungen auf die Prozesse selbst (im Gegensatz zu einem typischen Regelungssystem in der Fabrikautomatisierung). Dazu gehören insbesondere Anwendungen wie Zustandsüberwachung und prädiktive Wartung auf Basis von Sensordaten, aber auch große Datenanalytik zur Optimierung zukünftiger Parametersätze eines bestimmten Prozesses. Für diese Anwendungsfälle ist der Datenerfassungsprozess typischerweise nicht latenzkritisch, aber eine große Anzahl von Sensoren müssen effizient miteinander verbunden sein, zumal viele dieser Sensoren auch batteriebetrieben sein können.

Für jedes industrielle Einsatzgebiet gibt es eine Vielzahl von Anwendungsfällen (Use-Cases), von denen einige sehr detailliert derzeit in der 3GPP TR 22.804 V0.2.0 | Study on Communication for Automation in Vertical Domains⁵ bearbeitet werden.

Einsatz-Gebiete \ Anwendungs-fälle	Motion Control	Control-to-control	Mobile control panels with safety	Mobile robots	Massive wireless sensor networks	Remote access and maintenance	Augmented Reality	Closed-loop process control	Process monitoring	Plant asset management
Fabrik-Automation	X	X		X	X					
Prozess-automation				X	X			X	X	X
HMI und Produktions IT			X				X			
Logistik und Lagerhaltung		X		X						
Überwachung und Wartung					X	X				

Bild 3: Verknüpfung von Anwendungsfällen in industriellen Einsatzgebieten

Detaillierte Parameter zur Definition von Anforderungsprofilen sowie konkrete Profile der Fertigungsindustrie sind im BZKI-Dokument „Anforderungsprofile im ZDKI“

⁵ Vgl.

<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3107>

beschrieben⁶. Im Hinblick auf eine leistungsfähige digitale Infrastruktur lassen sich die Anforderungen wie folgt zusammenfassen.

2.3 Anforderungsbetrachtungen

Zusammenfassend werden zentrale Anforderungen für eine leistungsfähige digitale Infrastruktur bezüglich Industrie 4.0 aufgeführt⁷:

(1) Additives Spektrum für anspruchsvolle industrielle Anwendungen⁸

In der Fabrik sind im Regelfall mehrere Funknetze parallel in Betrieb, die sich nicht gegenseitig beeinflussen dürfen. Die Anforderungen an die Netze sind unterschiedlich: geringe Latenz oder hoher Datendurchsatz, hohe Übertragungszuverlässigkeit, begrenzte Netzwerke oder große Reichweite. Diese speziellen Anforderungen können die üblicherweise verwendeten Kurzstreckenfunkbänder (ISM-Band) nur bedingt leisten, da sich dort auch IT und Office Anwendungen befinden. Daher wird neben dem weiteren Einsatz und wachsenden Bedarf von weniger kritischen Anwendungen in ISM-Bändern, additives Spektrum für anspruchsvolle Anwendungen in der Industrieautomation benötigt. Notwendige Anforderungen für anspruchsvolle Anwendungen sind in folgenden Standards beschrieben:

- ETSI TR 102 889-2 (general)
- EN IEC 61784-2 (Determinism with low latency)
- EN IEC 62439 (high availability and multiple channels)
- IEC 62657 (high QoS)
- EN IEC 61784-5 (functional safety)
- EN IEC 62443 (cyber-security)
- EN IEC 61804-2 (predictive maintenance)

(2) Ausreichendes additives Spektrum

Anwendungen in der Automatisierung im Bereich Sensorik/Aktorik sind im Regelfall durch geringe Datenmengen (pro Feldgerät) bei geringer Zykluszeit und hoher Knotenanzahl gekennzeichnet. Neue Anwendungen ergeben sich im Bereich komplexer Sensoren mit höheren Datenraten, z. B. IR-Kameras, Mensch-Maschine Kollaboration, Augmented Reality. Dafür wird ein Spektrum von mindestens 200 MHz benötigt.

(3) Physikalisch geeignete Spektrumsbereiche für Industrie 4.0 *1,5 GHz – ca. 6 GHz*

Für eine industrielle Nutzung ist ein Spektrumsbereich mit einer unteren Grenze von 1,5 GHz notwendig, um Interferenzen mit Funkenerzeugern wie Schweißmaschinen zu vermeiden. Eine obere Grenze von ca. 6 GHz garantiert noch ausreichend gute Ausbreitungseigenschaften auch außerhalb des Sichtbereichs.

⁶ Vgl. L. Rauchhaupt et al., "Anforderungsprofile im ZDKI", Fachgruppe "Anwendungen, Anforderungen und Validierung" im BMBF-Förderprogramm „IKT 2020 – Zuverlässige drahtlose Kommunikation in der Industrie“ (BZKI), Oktober 2016

⁷ Vgl. ZVEI Fachverband Automation: Funkanwendungen in der Industrieautomation – Anforderungen und Frequenzbedarf, Juni 2015

⁸ Vgl. CEPT Workshop on Machine-to-Machine Communications (M2M) ---Future Wireless Industrial Applications as part of the Industrie4.0/Smart Manufacturing and IoT. ZVEI, Ludwig Winkel; März 2016

24 GHz, 26 GHz

Sicherheits-/safetykritische Anwendungsfälle erfordern hochpräzise Lokalisierungen von mobilen Robotern, automatischen Transportfahrssystemen und sonstigen Mensch-Maschine-Kollaborationen im Allgemeinen. Die Frequenzbänder 24 GHz und 26 GHz bieten für 5G in Industrie 4.0 Szenarien physikalisch optimale Einsatzbedingungen für eine hohe UE-Dichte, intrinsische Sicherheit und potenziell hohe Lokalisierungsgenauigkeit.

(4) Innovative und technologie neutrale Nutzung des Spektrums

Für die neuen Übertragungsverfahren und Schnittstellenprotokolle hat sich bislang die weitest gehende Unabhängigkeit von einem bestimmten Hersteller nützlich erwiesen. Eine innovative und technologie neutrale Nutzung des Spektrums ist daher sicherzustellen. Das ermöglicht auch eine agile technologische Weiterentwicklung unter Beteiligung neuer Anbieter, KMUs und Startups.

(5) Anbindung an vorhandene Infrastruktur und 5G

Das 5G-System muss eine nahtlose Integration in die bestehende (vorwiegend drahtgebundene) Konnektivitätsinfrastruktur unterstützen. Zum Beispiel, das 5G-System flexibel mit anderen (drahtgebundenen) Technologien in der gleichen Maschine oder Produktionslinie zu kombinieren⁹.

(6) Langfristige Planbarkeit von Spektrumszuteilung für Anlagen

Industrieanlagen sind nicht selten länger als 30 Jahre in Betrieb, werden in dieser Zeit aber auch mehrfach modernisiert. Da sich Sensorik und Aktorik durch eine hohe Anzahl und Verteilung kleiner Geräte auszeichnet, ist ein kompletter Ersatz - wie er durch das Auslaufen von lizenzierten Spektren erforderlich würde, ein hohes finanzielles Risiko für den Anwender. Er muss sich darauf verlassen, dass einmal installierte Geräte mindestens 25 Jahre im Netz mit weitestgehend konstanten Bedingungen betrieben werden können. Sowohl bundesweite, als auch regionale Spektrumszuteilungen müssen für Anbieter und Anwender langfristig planbar sein. Nicht nur bei schlüsselfertigen Projekten ist die termingerechte Fertigstellung und Inbetriebnahme wichtig für den Geschäftserfolg.

⁹ Vgl. ZVEI Positionspapier 5G im industriellen Einsatz, November 2016

(7) Erweiterte Betreibermodelle für wechselseitigen Betrieb mit öffentlichen Netzbetreibern und Privatbetrieb

5G-Systeme müssen den privaten Betrieb in einer Fabrik oder Anlage, die von Public Land Mobile Networks (PLMN¹⁰s) isoliert sind, unterstützen. Dies ist von vielen Fabrik-/Werkseinhabern aus Sicherheits-, Haftungs-, Verfügbarkeits- und Geschäftsgründen erforderlich. Dennoch sollen standardisierte und flexible Schnittstellen für nahtlose Interoperabilität und nahtlose Übergabe von 5G PLMNs und privaten 5G-Systemen unterstützt werden. Das heutige Betreibermodell ist für die steigenden Anforderungen und Einsatzgebiete von Industrie 4.0 nicht ausreichend. Es sind daher Erweiterungen notwendig, um die erforderliche Flexibilität aus Spektrum, Infrastruktur und Eigentümer zu gewährleisten.

Szenario Bereich	Heute	Bedarf an erweiterten Betreibermodellen		
	Öffentlicher Netzbetrieb	Wechselseitiger Betrieb		Private Industrienetze
		z. B. Network-Slicing	Regionale Frequenznutzung	
Spektrum (Lizenzhalter und/oder Manager)	PLMN	PLMN	z.B. PLMN oder 3rd party	z.B. 3.7-3.8 GHz
Funknetz		Industrie-Netz u. Service	Industrie-Netz	Industrie-Netz
Netzmanagement				
Nutzer	Endkunde	Geräte	Geräte	Geräte

Bild 4: Erweiterte Betreibermodelle basierend auf dem PMSE-Forschungsprojekt¹¹

Die technischen Grundlagen zu erweiterten Betreibermodellen werden derzeit in mehreren Spezifikationen erarbeitet, daher sind insbesondere folgende Dokumente zu berücksichtigen:

- 3GPP TS 22.261 Rel. 15 - Network Slice Description and related requirements
- 3GPP Feasibility Study on Business Role Models for Network Slicing
- Internal TR, Series 22.8xx for Info at SA#80 (27 Nov-1 Dec 2017), for approval at SA#81 (5 -11 Feb 2018)
- GSMA NEXT Study on network slice business models
- GSMA FSAG Study on 5G Trust Models

¹⁰ PLMN: Public Land Mobile Network

¹¹ Siehe auch: BMVI gefördertes Forschungsprojekt. www.pmse-xg.research-project.de/

3. Bedarfserläuterungen zum Eckpunktepapier

Im Folgenden wird zum Dokument "Eckpunkte für den Ausbau digitaler Infrastrukturen und Bedarfsermittlung für die bundesweite Zuteilungen in den Bereichen 2 GHz und 3,6 GHz" Bezug genommen.

3.1 Zum Verfahrensverlauf im Abschnitt B

3.1.1 3,4 – 3,8 GHz

(11) Objektives, transparentes und diskriminierungsfreies Verfahren

Die Frequenznutzungsrechte im Bereich 3,4 – 3,8 GHz laufen zum 31. Dezember 2021 bzw. 31. Dezember 2022 aus. Sie sind in einem objektiven, transparenten und diskriminierungsfreien Verfahren bereitzustellen.

Industrie 4.0 Bedarfserläuterungen

- (1) Für das regionale Frequenzvergabeverfahren ist ein unbürokratisches, automatisches Verfahren zur Verfügung zu stellen, welches ein schnelles und einfaches Zuweisen an Spektrum ermöglicht und folgende Aspekte beinhalten:
 - Feingranulierte Bandbreite von mindestens 5 MHz Blöcken
 - Flexibel aggregierbare Bandbreite bis mindestens 100 MHz
 - Zeitliche Nutzung von kurzfristigem Bedarf (Tage) bis langfristig (Jahre)
 - Räumliche Nutzung von kleinen Geländeflächen (wenige 100 m²) bis zu großflächigen Anlagen (mehrere km²).
- (2) Vergebene und zu vergebende Frequenzblöcke im Bereich sind in einer Datenbank zu erfassen und Nutzern sowie potenziellen Nutzern einfach zugänglich zu machen.
- (3) Der Vergabeprozess muss transparent sein. Es müssen Regeln für den Fall von mehreren (potenziellen) Nutzern pro Region geschaffen werden. Ein ungenutztes Reservieren der kompletten 100 MHz durch einen Nutzer oder Dienstleister darf nicht möglich sein.
- (4) Sollte ein Spektrumsblock innerhalb einer angemessenen Zeiteinheit entsprechend zu Punkt (1) von einem Nutzer nicht angemessen genutzt werden, so ist dieses Spektrum wieder in das Vergabeverfahren zu überführen.
- (5) Das Kostenmodell zur regionalen Frequenzvergabe muss transparent sein.
- (6) Es ist eine Roadmap für die Vergabe von Spektrum im Bereich 3,7 – 3,8 GHz sowie für die Entwicklung der notwendigen Rahmenbedingungen und die Bereitstellung der erforderlichen Tools zu entwickeln.

3.2 Zu den Eckpunkten im Abschnitt C

3.2.1 3,4 – 3,8 GHz

(6) Bereitstellung des 3,6 GHz-Bereichs

Sämtliche 3,6-GHz-Frequenzen im Bereich 3400 – 3800 MHz werden rechtzeitig vor dem 31. Dezember 2021 bereitgestellt. Damit stehen insgesamt 400 MHz (ungepaart) zur Verfügung. Der Teilbereich 3400 – 3700 MHz wird für bundesweite Frequenzzuteilungen und der Teilbereich 3700 – 3800 MHz für regionale Zuteilungen bereitgestellt.

Industrie 4.0 Bedarfserläuterungen

Privater Betrieb von 5G-Netzen

- (1) Für viele vertikale Branchen im Allgemeinen und für Industrie 4.0 ist insbesondere die Fähigkeit, private 5G-Netze in einem klar definierten geographischen Gebiet zu betreiben von zentraler Bedeutung, insbesondere:
 - a) Betrieb eines privaten 5G-Netzes in einer Produktionsanlage zur Befähigung beziehungsweise das Nachrüsten der Infrastruktur für erweiterte Industrie 4.0 Anwendungsfälle.
 - b) Betrieb eines privaten 5G-Netzes in einem abgelegenen Gebiet mit ansonsten fehlender adäquater zellularer Abdeckung (z. B. hochspezialisierter mittelständischer Betrieb abseits einer Metropolregion und abhängig von leistungsfähiger digitaler Infrastruktur).
 - c) Betrieb eines privaten 5G-Netzes für anspruchsvolle Anwendungen, welche Qualitäts-spektrum benötigen und nicht in ISM-Bändern durchgeführt werden können. In diesem Fall besteht die Notwendigkeit für eine Installation und den Betrieb eines privaten 5G-Netzes.
- (2) 5G ist eine sehr attraktive Technologie für den industriellen Einsatz, da es leistungsstarke und flexible Konnektivitätslösungen ins Ökosystem einbindet und somit die erforderliche Quality-of-Service (QoS) ermöglicht. Darüber hinaus sind Komponenten über Skaleneffekte preislich attraktiv verfügbar.
- (3) Der private Betrieb eines 5G-Netzes (insbesondere in der Industrie, aber auch in anderen Bereichen) ist aus folgenden Gründen zusätzlich notwendig:
 - a) Betriebssicherheit & Datenschutz: Aus Haftungsgründen ist die volle Kontrolle über die Daten und den Zugriff auf Sensoren & Aktoren sowie die volle Kontrolle über die umgesetzten Sicherheits- und Datenschutzmaßnahmen zwingend notwendig. Darüber hinaus stellen Techniker etc. von öffentlichen Netzbetreibern, die beispielsweise Netzwerkinfrastrukturkomponenten warten müssen, in bestimmten Firmenbereichen eine potenzielle Sicherheitsbedrohung dar, zum Beispiel in Bezug auf Industriespionage.
 - b) Entkopplung vom Weitverkehrsnetz: In einer Fabrikumgebung ist z. B. die Entkopplung von Fertigungsstraßen ein wichtiges Designparadigma. Das garantiert eine Fortsetzung der Produktion auch nach einem Verbindungsabbruch zur Außenwelt. So ist die Abhängigkeit von einem 5G WAN (beziehungsweise ein Kernnetz eines öffentlichen Netzbetreibers) reduziert.

- c) Wirtschaftliche Aspekte: Die Durchführung der Anwendungsfälle über ein öffentliches Netz wird aufgrund nicht optimal abzudeckender Versorgung im industriellen Indoor-Betrieb zu höheren Gesamtkosten führen. Außerdem ist man von der Infrastruktur eines bestimmten Netzbetreibers am Ort abhängig und es kann somit ein entscheidender Faktor für den Wettbewerb zwischen verschiedenen Produktionsbetrieben werden, ohne dem entgegenwirken zu können. Insbesondere KMUs im ländlichen Raum, mit zeitlich verzögertem 5G-Netzausbau, wären davon betroffen.

Regionale Zuteilung 3,7-3,8 GHz

Regionale Zuteilung wird für die Umsetzung von anspruchsvoller industrieller Kommunikation für eine Vielzahl an Anwendungen aus Bild 3 zwingend benötigt. Darüber hinaus sind folgende Rahmenbedingungen essentiell:

- (1) Es ist ein technisch sehr attraktives Band, da das 3,6 GHz Band als eines der Hauptbänder für 5G gilt und somit die Verfügbarkeit von adäquater Hardware sicherstellen wird. CBRS¹²-basierte Hardware kann in diesem Band weiterhin verwendet werden, so dass es noch attraktiver ist auch potenzielle lokale 4G-Netze als Migrationstechnologie zu 5G aufzubauen.
- (2) 100 MHz sind für regionale Zuteilungen zu gering, da in großen Industrieparks viele Anwendungen an Spektrumsressourcen angewiesen sind. Beispielsweise erfordert alleine die Umsetzung von AGV (Automated Guided Vehicle) auf einem Werksgelände mindestens 40 MHz an Ressourcen und kann im Endausbau vermutlich 60 MHz an Spektrum benötigen. Gleichzeitig sind in der Regel große Industrieparks (zum Beispiel BASF) in Metropolregionen angesiedelt und werden von den zusätzlichen Kapazitäten aus den bundesweiten Zuteilungen nicht partizipieren. Daher schlagen wir vor, den Bereich der Regionalzuteilungen von 3.6 - 3.8 GHz festzulegen und somit 200 MHz für die regionale Zuteilung zu vergeben.
- (3) Wichtige, zu berücksichtigende Aspekte:
 - a) Die Granularität sollte so beschaffen sein, dass eine Lizenz auch für eine kleine Produktionsstätte eines KMU gewährt werden kann. Andernfalls besteht die Gefahr, dass die Verfügbarkeit von Spektrum zu einem entscheidenden Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens sein wird.
 - b) Ein Handel von Spektrumsressourcen, beispielsweise durch Zwischenhändler, muss unterbunden werden.
 - c) Regionale Zuschnitte an Spektrum sollten nicht den tatsächlichen geographischen Bedarf übersteigen, um beispielsweise einer Firma A eine Lizenz zu vergeben, welche ein geographisches Gebiet von Firma B abdeckt.
 - d) In hochverdichteten Industriegebieten sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die einen diskriminierungsfreien und transparenten Zugang zum Spektrum für alle Beteiligten sicherstellen.
- (4) Wenn ein zweistufiger Lizenzansatz in Betracht gezogen wird (z.B. BNetzA an Firma A, Firma A an Unternehmen B, C, D usw. mit kleineren regionalen Granularitäten), muss sichergestellt werden, dass die Firma A die Unterlizenzierung nach fairen und transparenten Regeln durchführt.

¹² CBRS: Citizens Broadband Radio Service

(7) Wechselseitige Mitnutzung als Zusatzkapazität

Die für bundesweite und regionale Zuteilungen bereitgestellten 3,6-GHz-Frequenzen können wechselseitig mitgenutzt werden. Inhaber regionaler Zuteilungen im Bereich 3,6 GHz können ungenutzte, bundesweit bereitgestellte Frequenzen im Bereich 3,6 GHz als temporäre Zusatzkapazität mitnutzen. Inhaber bundesweiter Zuteilungen im Bereich 3,6 GHz können ungenutzte, regional bereitgestellte Frequenzen im Bereich 3,6 GHz als temporäre Zusatzkapazität mitnutzen.

Industrie 4.0 Bedarfserläuterungen

- (1) Die 100 MHz als regional zugeteiltes Spektrum reichen für industrielle Anwendungen nicht aus, insbesondere in Regionen mit starker industrieller Basis. Beispielsweise übersteigt der alleinige Anwendungsfall „Augmented Reality“ durchschnittliche Datenraten von mehreren Gbit/s und aufgrund einer hohen UE-Dichte zusammen mit hochzuverlässigen Anforderungen können die aggregierten Datenraten in einer typischen Fabrikumgebung 100 MHz weit übersteigen. Daher besteht der Bedarf an optimaler Ausschöpfung von weiteren Spektrumsressourcen als Zusatzkapazität. Siehe auch: 3GPP TS 22.2621 Service requirements for next generation new services and markets.
- (2) Für viele vertikale Industrien, insbesondere für die industrielle Fertigung, ist es erforderlich, dass ein zusätzliches Spektrum im 3,4 - 3,7 GHz für eine angemessene Zeitspanne genutzt werden kann, um Planungssicherheit für eine Anlage zu gewährleisten.

(8) Nachfragegerechte Versorgung mit 5G

Inhaber von bundesweiten Zuteilungen sollen die Versorgung in Gebieten, in denen eine Nachfrage nach 5G besteht, nach Ablauf einer angemessenen Zeit nach Zuteilung unter diskriminierungsfreien Bedingungen ermöglichen.

Industrie 4.0 Bedarfserläuterungen

- (1) Eine auktionenbasierte lokale Zuteilung an Spektrum sollte vermieden werden. Stattdessen ist die Überführung in ein geordnetes Frequenzvergabeverfahren wie im Bereich 3,7-3,8 GHz für den Regionalbetrieb sinnvoll.
- (2) Es besteht Bedarf an weiteren Regelungen für zukünftige Szenarien, wo beispielsweise das Unternehmen A eine Lizenz für sein Werk B erworben hat und dann dieses Werk B an die Firma C verkauft. Insbesondere sollte es eine Möglichkeit geben, dann auch die entsprechende Lizenz für das Werk B mit zu übertragen von Firma A zur Firma C.
- (3) Bei der lokalen Zuteilung im Bereich 3,7 - 3,8 GHz soll der Bedarf dort ansässiger Endnutzer (z. B. lokale Firmen) angemessen berücksichtigt werden.

(9) Verwendungszweck

Die 3,6-GHz-Frequenzen werden für den Drahtlosen Netzzugang zur Verfügung gestellt.

Industrie 4.0 Bedarfserläuterungen

- (1) Es ist eine technologieneutrale Nutzung des 3,6 GHz Bandes erforderlich, da es erst Flexibilität für private 5G-Netze ermöglicht und den Wettbewerb zwischen verschiedenen Technologien erhöht zum Nutzen aller.
- (2) Im Bereich 3,7 - 3,8 GHz ist industriellen Anwendungen und Infrastruktur-anwendungen Vorrang gegenüber öffentlichen Anwendungen einzuräumen.

(12) Befristung

Die 3,6-GHz-Frequenzen werden maximal bis zum 31. Dezember 2040 zugeteilt.

Industrie 4.0 Bedarfserläuterungen

- (1) Industrielle Anlagen unterliegen einer langen Nutzungsdauer und daher ist zum Investitionsschutz von installierter Infrastruktur eine lange Laufzeit von mehreren Jahrzehnten notwendig. Insbesondere die potenziell lange Lebensdauer von Geräten in der Fertigung, die typischerweise zwischen 10 und 20 Jahre liegen kann, ist dabei zu berücksichtigen.
- (2) Eine Verlängerung der Lizenzen für industrielle Anwendungen nach 2040 ist deshalb zu berücksichtigen.

(13) Mitnutzung von Kapazitäten und Diensten

Die Inhaber bundesweiter Zuteilungen haben die Mitnutzung von Kapazitäten und Diensten zur Bereitstellung möglichst vielfältiger Geschäftsmodelle diskriminierungsfrei zu ermöglichen.

Industrie 4.0 Bedarfserläuterungen

- (1) Es besteht der Bedarf an zusätzlichen Spektrumsressourcen, insbesondere in Industriegebieten. Daher ist eine Mitnutzung von Zusatzkapazitäten erforderlich.

3.2.2 Frequenzen oberhalb 24 GHz

(15) Frequenzen oberhalb 24 GHz

Frequenzen oberhalb 24 GHz – insbesondere 26 GHz – sollen unter Beachtung bestehender Nutzungen bedarfsgerecht für 5G bereitgestellt werden.

Industrie 4.0 Bedarfserläuterungen

- (1) Dieser Frequenzbereich ist für verschiedene 5G-Anwendungsfälle im Allgemeinen und in Verbindung mit Industrie 4.0 Anwendungsfälle aus Bild 3 besonders wichtig.
- (2) Eine regionale Zuordnung, ähnlich den aktuellen Betrachtungen für das Band zwischen 3,7 und 3,8 GHz sind erforderlich, um in einer Fabrikumgebung hohe UE-Dichte, intrinsische Sicherheit, erweiterte Datensicherheitsmechanismen und eine potenziell hohe Lokalisierungsgenauigkeit umzusetzen.

- (3) Es ist daher zweckmäßig, diese Bänder in einem regionalen Frequenzvergabeverfahren zu vergeben.
- (4) Eine technologieneutrale Nutzung dieses Frequenzbereiches ist notwendig

4. Zusammenfassung

Deutschland soll Leitmarkt für 5G-Anwendungen werden, gemäß der 5G-Strategie für Deutschland¹³. Bis spätestens Ende 2020 sollen die Voraussetzungen für den Rollout 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 nutzergerechte Dienste- und Angebotsvielfalt.

Aus diesem Grund begrüßen wir die in den Eckpunkten vorgesehenen Verfahren und Zuweisungen zur Umsetzung der 5G-Strategie für Deutschland. Mit der regulatorischen Ausgestaltung der aufgeführten Industrie 4.0 Bedarfe wird die Basis für eine breite wirtschaftliche Entfaltung von Industrie 4.0 Lösungen in Deutschland gelegt. Dies ermöglicht auch eine schnelle Einführung von 5G-Technologie in den industriellen Wirkbetrieb und damit die Steigerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit. Für eine erfolgreiche Internationalisierung der deutschen Industrie 4.0 Lösungen sind parallele Internationalisierungsbemühungen auf Seiten der ECC/CEPT und ITU-R aus dem Eckpunktepapier anzustreben

Diese Stellungnahme ist im ZVEI Fachverband Automation in der Task Force 5G entstanden und wird von folgenden Firmen und Organisationen unterstützt:

- ABB
- Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
- Endress+Hauser GmbH & Co. KG
- Festo AG & Co. KG
- Hirschmann Automation and Control GmbH
- Phoenix Contact GmbH & Co. KG
- Robert Bosch GmbH
- Siemens AG
- Standardization Council Industrie 4.0
- Task Force 5G des ZVEI Fachverbandes Automation
- VEGA Grieshaber KG
- Yokogawa

Die Industrie steht für Rückfragen und den intensiven Austausch für den Dialogprozess mit der BNetzA sehr gerne zur Verfügung.

¹³ Vgl. 5G-Strategie für Deutschland| Eine Offensive für die Entwicklung Deutschlands zum Leitmarkt für 5G-Netze und –Anwendungen; BMVI Juli 2017