

Goethestrasse 8-10, D-40237 Düsseldorf
Parkring 10/1/10, A-1010 Wien
www.sbr-netconsulting.com

Mobilfunk der 5. Generation vom Hype zur Realität

SBR-Diskussionsbeitrag 24

DI Wolfgang Reichl
Dr. Ernst-Olav Ruhle
Thomas Wimmer, MSc
Dipl.-Wirtschaftsingenieur Stephan Wirsing

März 2018

INHALTSVERZEICHNIS

Executive Summary	3
1 Einleitung	4
2 Vom Hype zur Realität	5
2.1 5G-Standardisierung.....	6
2.2 Spektrum	9
2.2.1 Spektrum für höhere Datenraten.....	9
2.2.2 Spektrum für das Internet der Dinge.....	11
2.2.3 Spektrum für intelligente Transportsysteme	12
2.3 Pilotversuche und Ankündigungen.....	13
3 5G als Treiber von mobilem Breitband	15
3.1 Anforderungen an den Markt betreffend Angebot und Nachfrage.....	15
3.2 Die Strategien der Netzbetreiber.....	15
3.3 Die Rollen der öffentlichen Hand.....	16
4 5G und die vertikalen Industrien	19
4.1 Was bringt 5G für die vertikalen Industrien?.....	19
4.2 Wie werden die vertikalen Industrien 5G einsetzen?	20
4.3 Private Netze	20
4.4 Network Slicing	20
4.5 Spezielle Infrastrukturbetreiber	21
5 Zusammenfassung	22
Literaturverzeichnis	24

Executive Summary

5G – ist doch nur schnelleres mobiles Breitband? Auf den ersten Blick vielleicht, aber bei näherer Betrachtung ist es eine Technologie, die nicht nur für den Mobilfunk interessant ist, sondern für viele Bereiche, in denen wir leben, arbeiten, wirtschaften und kommunizieren. 5G ermöglicht massive Veränderungen im Bereich der Industrie-automatisierung, des Transportes, des Bildungs- und Gesundheitswesens und kann darüber hinaus Basis für das Internet der Dinge werden. Dadurch rücken ganz andere Anwendungsbereiche in den Vordergrund als bei den bisherigen vier Generationen des Mobilfunks.

Während aktuell vor allem die Frequenzvergabe und die dazu notwendigen Verfahren erörtert werden, geht es im Hintergrund, aber nicht weniger dynamisch, um die Entwicklung von (industriellen) Anwendungen. Eine wesentliche Diskussion ist dabei, wie Netzbetreiber sich am Markt positionieren und wie andere Industriesegmente (die vertikalen Industrien) das Thema aufgreifen.

5G wird (bald) kommen, die Rahmenbedingungen werden aktuell geformt. Durch die unterschiedlichen Eigenschaften von 5G gibt es sowohl eine evolutionäre als auch eine revolutionäre Komponente.

Evolution sehen wir bei der Verbesserung von mobilem Breitband. Die Mobilfunkindustrie benötigt diese technologische Verbesserung und vor allem das neue Spektrum, um das exponentiell steigende Datenvolumen bei leicht fallendem ARPU bewältigen zu können.

5G kann aber mehr. Für die vertikalen Industrien, wie Automobilindustrie, Industrieautomatisierung, Energie und Gesundheitswesen – um nur einige zu nennen – stellt 5G hochzuverlässige Verbindungen mit extrem kurzer Latenzzeit bereit. Für das Internet der Dinge unterstützt 5G bis zu 1.000.000 Sensoren pro km². Diese Industriesegmente sind aber traditionell langsamer bei der Adoption neuer Technologien. Alternativen werden evaluiert und man versucht, eine Vielzahl von Technologien zuzulassen, um zu große Abhängigkeiten zu vermeiden. Die vorausgesagten Vorteile für die vertikalen Industrien durch die Skalenvorteile von 5G-Standards sind aber so hoch, dass ein Einsatz sicher sorgfältig untersucht werden wird.

5G beginnt Realität zu werden, zunächst bei schnellerer und besserer mobiler Breitbandversorgung, danach mit hohem Potenzial zur revolutionären Änderung von Produktionsfaktoren in vertikalen Industrien.

1 Einleitung

Fast jeden Tag gibt es Meldungen und Ankündigungen zur neuen Mobilfunktechnologie 5G. Wann wird sie eingeführt? Was können die Nutzer erwarten? Welche Dienste wird es geben? Und: wie hängt das alles mit der Digitalisierung zusammen? Nicht alle diese Fragen können heute sicher beantwortet werden, aber das Bild von der Einführung und den Möglichkeiten sowie auch den Herausforderungen von 5G wird immer deutlicher.

Was sich zunächst danach anhört, dass es in Zukunft um noch mehr und noch schnelleres mobiles Breitband geht, entpuppt sich bei näherer Betrachtung als Technologie, die nicht nur für den Mobilfunk interessant ist, sondern die viele Bereiche, in denen wir leben, arbeiten, wirtschaften und kommunizieren, verändern könnte. Mit dem Potenzial, erhebliche Veränderungen im Bereich der Industrieautomatisierung und des Transportes, des Bildungs- und Gesundheitswesens sowie dem Internet der Dinge zu ermöglichen, rücken ganz andere Anwendungsbereiche in den Vordergrund, als bei den bisherigen vier Generationen des Mobilfunks.

In unserem Diskussionsbeitrag Nr. 21 hatten wir die Vision 5G dargestellt. Seit Juli 2017 hat die Industrie wesentliche Fortschritte auf dem Weg zur Realisierung dieser 5G-Vision gemacht. Die Frequenzvergabe ist in mehreren europäischen Ländern für 2018 geplant, die Standardisierung der Funkschnittstelle NR (New Radio) ist abgeschlossen, und alle großen Netzbetreiber haben konkrete Einführungspläne genannt. In diesem Diskussionsbeitrag gehen wir auf den aktuellen Stand (März 2018) auf dem Weg vom 5G-Hype zur 5G-Realität ein.

Voraussetzungen für den Einsatz von 5G sind stabile Standards, Zuteilung von Spektrum und marktfähige Produkte. In Kapitel 2 erörtern wir den aktuellen Status dieser Voraussetzungen. Kapitel 3 beschreibt die Voraussetzungen für einen Massenmarkt von 5G und Kapitel 4 geht auf die Anwendung von 5G in anderen Industriesegmenten (vertikalen Industrien) ein.

Mögliche Umwälzungen durch 5G erscheinen heute vielfach so massiv, dass sie schwer vorstellbar sind. Es zeichnet sich allerdings ab, dass zu Beginn eher die evolutionäre Komponente überwiegen wird, trotzdem hat 5G das Potenzial, zum Gamechanger für vertikale Industrien zu werden. Ob und wie das gelingen kann, versuchen wir hier zu beantworten.

2 Vom Hype zur Realität

Seit den 1980er-Jahren kommt etwa alle 10 Jahre eine neue Mobilfunkgeneration auf den Markt. Nach der ersten Generation des analogen Mobilfunks folgte die GSM-Initiative mit Roaming Funktionalitäten und digitaler Technologie. UMTS, die dritte Generation, war der Beginn der Datennutzung und LTE, die vierte Generation, erlaubt heute Datenraten im Mobilfunk von 50 Mbit/s und mehr. Die fünfte Generation des Mobilfunks ist für 2020 angekündigt und soll wieder eine revolutionäre Erneuerung im Mobilfunk bringen. 5G soll Grundlage für das Internet der Dinge, Industrie 4.0 und Datenraten im Gigabit/s-Bereich sein und für beträchtliches Wirtschaftswachstum sorgen.



Abbildung 1: Entwicklung der Mobilfunkgenerationen

Die Standardisierung von 5G ist nahezu abgeschlossen, die Erwartungshaltungen von Industrie und Politik sind hoch.¹ Derzeit werden die Rahmenbedingungen für die 5G-Einführung diskutiert. Um eine Einführung im Jahr 2020 zu erreichen, müssen nun konkrete Schritte gesetzt werden. SBR hat die wesentlichen Rahmenbedingungen für den 5G Roll-out wie Stabilität der Standards, Verfügbarkeit von Spektrum und Strategien der Stakeholder analysiert.

¹ European Commission: 5G für Europa: Ein Aktionsplan. COM(2016) 588 final vom 14.9.2016

2.1 5G-Standardisierung

Wesentliche Grundlage für den Erfolg des Mobilfunks sind standardisierte Schnittstellen und Funktionen, die Größenvorteile auf einem Massenmarkt erreichen lassen.

In den letzten 10 Jahren hat es signifikante Fortschritte bei der Entwicklung von Mobilfunktechnologien gegeben. Die Technologietrends umfassen die verbesserte Ausnutzung des Spektrums, Erweiterung der Benutzererfahrung, Datenschutz und Sicherheit und unterstützen viele neue Anwendungen und verbessern Energieverbrauch und Effizienz der Netze. Die Internationale Fernmeldeunion (ITU) hat die mögliche technische Entwicklung im Mobilfunk für den Zeitrahmen 2015-2020 analysiert.² Auf dieser Basis hat ITU die Anforderungen an eine neue Generation von Mobilfunksystemen zusammengestellt.³ Während der Fokus bisher auf Sprachtelefonie und Internetzugang gelegt war, sollen künftige Mobilfunksysteme neben erweitertem mobilem Breitbandzugang, insbesondere das Internet der Dinge sowie zeit- und unternehmenskritische Anwendungen, unterstützen (siehe Abbildung 2).

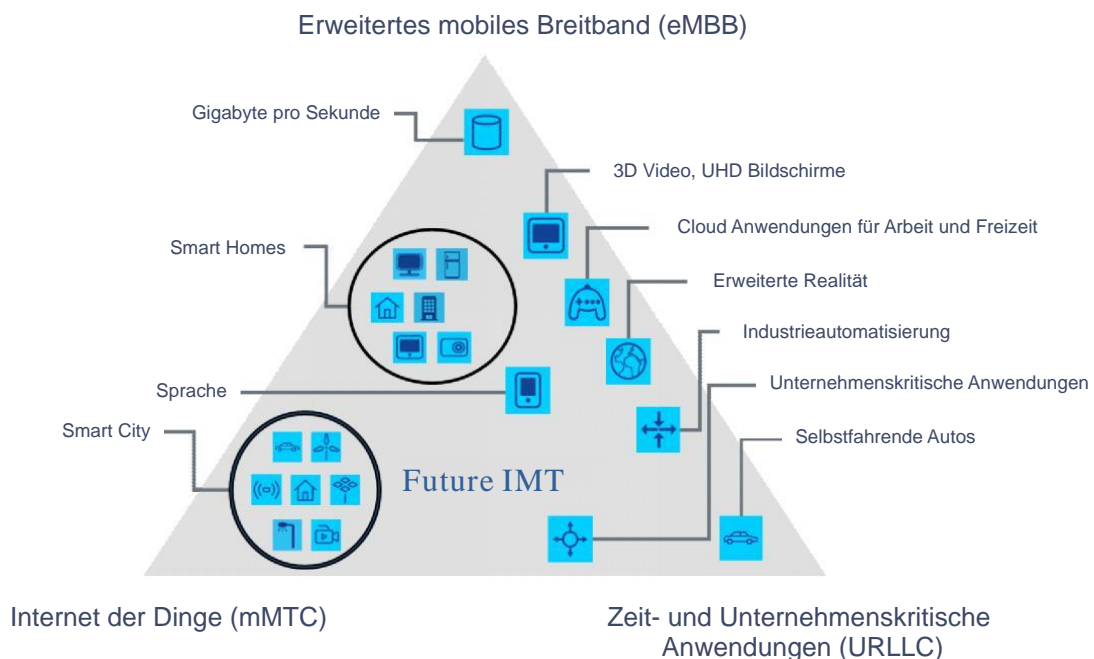


Abbildung 2: Szenarien für IMT „2020 and beyond“ (Quelle: ITU-R)⁴

² ITU-R Report M.2320-0: Future Trends of terrestrial IMT systems (11/2014)

³ ITU-R Recommendation M.2083-0: IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond (09/2015) und ITU-R Report M.2410-0 (11/2017): Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)

⁴ eMBB enhanced Mobile Broadband
mMTC massive Machine Type Communications
URLLC ... Ultra-Reliable Low Latency Communications

Nach Analyse der technischen Möglichkeiten hat die ITU-R folgende Schlüsselanforderungen für die IMT 2020 Szenarien festgelegt (ITU-R Report M.2410-0):

Anforderung	Szenario	Titel	Wert
Maximale Datenrate unter idealen Bedingungen	eMBB	Download Upload	20 Gbit/s 10 Gbit/s
Maximale spektrale Effizienz unter idealen Bedingungen	eMBB	Downlink Uplink	30 bit/s/Hz 15 bit/s/Hz
Erwartete Datenrate (in 95 % aller Fälle)	eMBB (dense urban)	Downlink Uplink	100 Mbit/s 50 Mbit/s
Spektrale Effizienz (in 95 % aller Fälle)	eMBB In-door hotspot	Downlink Uplink	0,3 bit/s/Hz 0,21 bit/s/Hz
Durchschnittliche spektrale Effizienz	eMBB In-door hotspot	Downlink Uplink	9 bit/s/Hz 6,75 bit/s/Hz
Verkehrskapazität pro Fläche	eMBB In-door hotspot		10 Mbit/s/m ²
Verzögerung	Benutzerdaten eMBB Benutzerdaten URLLC Zeichengabe		4 ms 1 ms 20 ms
Dichte der Verbindungen	mMTC		10 ⁶ / km ²
Energieeffizienz	Alle	Wesentliche Verbesserungen	
Verfügbarkeit	Layer 2		10 ⁻⁵
Mobilität	Ländliche Gebiete		bis 500 km/h
Bandbreite	Bis 6 GHz Band über 6 GHz Band		100 MHz 1 GHz

Tabelle 1: Schlüsselanforderungen für IMT 2020

Die ITU-Anforderungen wurden gemeinsam mit der Industrie festgelegt und sind ehrgeizig, aber erreichbar, wie auch die bisherigen Vorgaben von ITU für IMT (dritte Generation) und IMT advanced (vierte Generation) gezeigt haben. International werden Systeme, welche die Anforderungen von „IMT 2020 and beyond“ erfüllen, als Mobilfunk der 5. Generation bezeichnet.

Sieben Standardisierungsorganisationen aus allen Teilen der Welt arbeiten gemeinsam im 3GPP (Third Generation Partnership Project) an der Umsetzung der ITU-Anforderungen. Die implementierbaren Bausteine der Standard-Entwicklung bei 3GPP sind die sogenannten „Releases“. Jede Release umfasst eine bestimmte, ausdefinierte Anzahl von Funktionen. Die Standardisierung einer Release dauert etwa 2 Jahre, ebenso lange wie die anschließende Umsetzung durch die Industrie. Die erste 5G Release ist Release 15. 3GPP hat entschieden, den Funktionsumfang von Release 15 in zwei Schritten fertigzustellen. Der erste Teil wurde bereits im Dezember 2017 abgeschlossen und als „non-standalone“ Standard bezeichnet. Damit ist zunächst ein neuer Standard der Funkschnittstelle (NR New Radio) definiert, der mit dem 4G Kernnetz zusammen-arbeitet. Mitte 2018 soll auch der

„standalone Standard“ vorliegen, der dann auch die neuen Funktionalitäten im Kernnetz vorsieht.

Wie auch bei früheren Releases erfolgt die Entwicklung der Funktionen schrittweise. Nach dem Testen und der Einführung von Funktionen gibt es Rückmeldungen vom Markt und in folgenden Releases werden Erweiterungen, Anpassungen und Verbesserungen vorgenommen.

Die Industrie beginnt bereits, die im Dezember 2017 abgeschlossenen Standards umzusetzen. Teilweise hatten Industriekonsortien schon vor der endgültigen Fertigstellung der Standards mit Implementierungen von sogenannten „Pre-Releases“ begonnen. Dies erlaubt einerseits, frühzeitig Erfahrungen zu gewinnen, bedeutet aber zusätzlichen Aufwand zur Implementierung der endgültigen Standards. Die Netzbetreiber, und auch die Politik, setzen große Hoffnungen in den neuen 5G-Standard. Daher geht man allgemein davon aus, dass die Einführung von 5G noch schneller erfolgen wird, als die Einführung des 4G-Standards. Ericsson schätzt, dass es bereits 2023 etwa eine Milliarde 5G-Teilnehmer geben wird (siehe Abbildung 3). Insbesondere China und Japan sind Vorreiter der 5G-Entwicklung und haben ehrgeizige Roll-out Pläne.

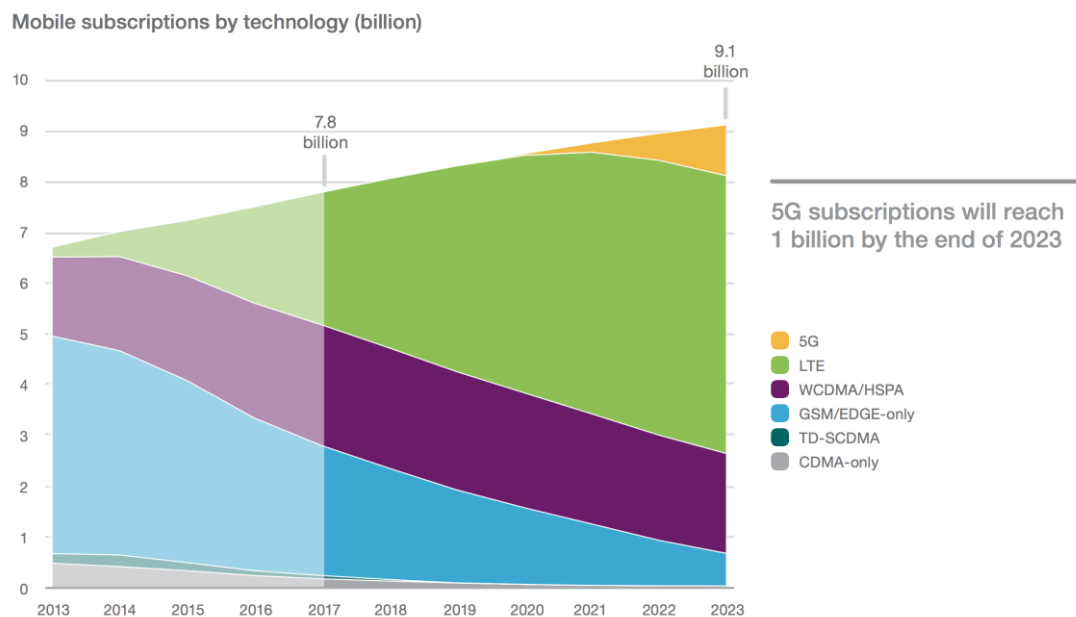


Abbildung 3: Entwicklung der Mobilfunkteilnehmer nach Technologien (Quelle Ericsson⁵)

⁵ Ericsson Mobility Report November 2017

2.2 Spektrum

Wie schon 4G, wird auch Mobilfunk der 5. Generation in vielen Frequenzbändern eingesetzt werden. Die drei Szenarien von 5G haben unterschiedliche Anforderungen an den Spektrumsbedarf, so dass in Zukunft heterogene Netze entstehen werden. GSMA sieht im Wesentlichen drei Frequenzbereiche für 5G⁶:

- **< 1 GHz:** Spektrum unter ein Gigahertz wird auch als Flächenspektrum bezeichnet und hat den Vorteil guter Ausbreitungsbedingungen. Für hohe Bitraten ist dieses Spektrum allerdings nicht geeignet. Bei 5G wird Spektrum unter 1 GHz für das Internet der Dinge und alle jene Anwendungen, die keine hohen Datenraten benötigen, zum Einsatz kommen.
- **> 1GHz und < 6 GHz:** Spektrum zwischen 1 und 6 GHz wird als Grundlage für die Einführung von 5G-Diensten gesehen. In Europa liegt derzeit der Schwerpunkt auf der harmonisierten Vergabe des 3,6 GHz Bandes.
- **> 6 GHz:** Für hohe Datenraten soll Spektrum im Bereich der mm-Wellen zum Einsatz kommen.

2.2.1 Spektrum für höhere Datenraten

Mobilfunk der 5. Generation soll höhere Datenraten und höhere Kapazität ermöglichen. Um dies zu erreichen sind technologische Verbesserungen, eine Verdichtung der Zellen und aber vor allem mehr Spektrum, notwendig.

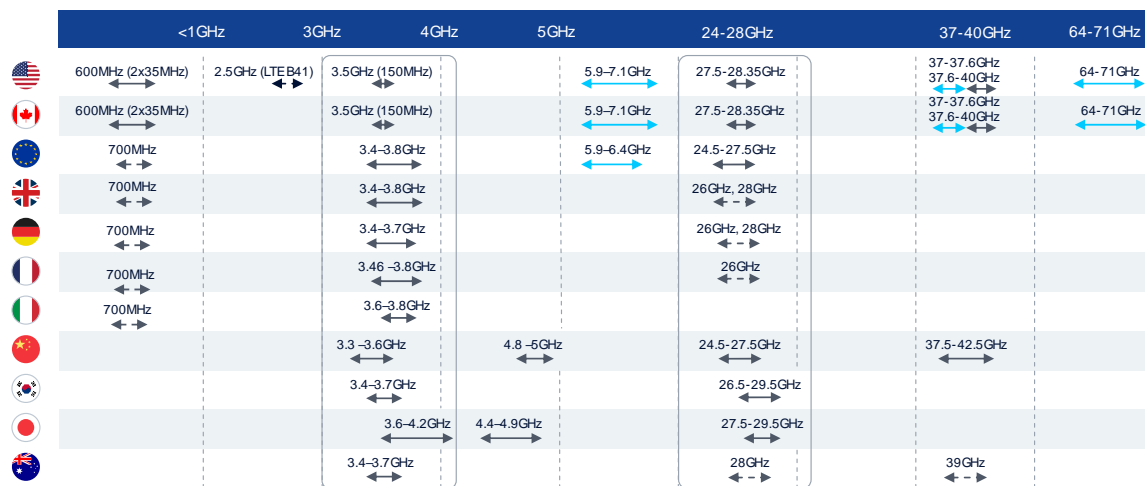


Abbildung 4: Spektrum für 5G – globale Sicht (Quelle: Nokia)

⁶ GSMA: 5G Spectrum – Public Policy Position, November 2016

Man erkennt zwei Schwerpunkte:

- **3,4 – 3,8 GHz Band:** Dieses Frequenzband soll in Europa harmonisiert für 5G verwendet werden. Dafür sprechen im Wesentlichen zwei Eigenschaften: erstens sind die Ausbreitungsbedingungen in diesem Frequenzband nur geringfügig schlechter als für das bereits für Mobilfunk in Verwendung stehende 2,6 GHz Band. Zweitens stehen in diesem Bereich 400 MHz an Spektrum zur Verfügung. Daher kann ein Netzbetreiber mit etwa 100 MHz zusätzlichem Spektrum rechnen und damit eine signifikante Kapazitätserhöhung erreichen. Durch Verwendung der bestehenden Basisstationen bei späterer Verdichtung, kann dieses Spektrum sehr ökonomisch für 5G eingesetzt werden.
- **26 und 28 GHz Band:** Die USA und auch Fernost setzen auf Frequenzen im mm-Band⁷. Hier sind die Reichweiten geringer, aber es ist weitaus mehr Spektrum verfügbar. Es wird erwartet, dass diese Frequenzen in Bereichen mit besonders hohem Bedarf oder auch als Festnetzersatz eingesetzt werden.

In Europa liegt der Schwerpunkt auf der harmonisierten Einführung des 3,6 GHz Bandes. Dieses Spektrum ist zumindest teilweise noch für Nutzungen von FWA (Fixed Wireless Access) oder Satellitenanwendungen zugeteilt. CEPT/ECC PT1 bereitet Richtlinien für eine harmonisierte Einführung dieses Frequenzbandes vor.⁸ Der konkrete Nutzungstermin in den Mitgliedstaaten der EU ist daher unterschiedlich.

In Deutschland und auch in Österreich wird die Vergabe der Frequenzen im 3,6 GHz Band derzeit von den jeweiligen nationalen Regulierungsbehörden vorbereitet.

In **Österreich** soll die Auktion im Herbst 2018 stattfinden. Der Frequenzbereich 3,6 bis 3,8 GHz ist ab rechtskräftiger Zuteilung nutzbar, der Frequenzbereich 3,4 bis 3,6 GHz nach Auslauf der aktuell vergebenen Nutzungsrechte ab 1. Januar 2020. In einer Konsultation im Herbst 2017 hat die Regulierungsbehörde die Stellungnahmen zu den Rahmenbedingungen der Auktion abgefragt. Insbesondere bei der geografischen Gliederung gab es unterschiedliche Stellungnahmen. Die bestehenden Mobilfunkbetreiber präferieren eine nationale Vergabe, während die anderen Marktteilnehmer in ihren Stellungnahmen deutlich gemacht haben, eine regionale Vergabe zu bevorzugen. Laufzeit der Frequenzzuteilung soll zumindest 20 Jahre sein.⁹ Im Februar 2018 wurde eine weitere Konsultation über die konkreten Auktionsbedingungen veröffentlicht. Schwerpunkte waren

⁷ Als mm-Band bezeichnet man Frequenzen zwischen 30 und 300 GHz. Das sind Funkwellen mit Wellenlängen von 1 bis 10 mm.

⁸ ... the European Commission issued its Mandate requiring CEPT to perform the following task: *“Review the harmonised technical conditions applicable to the 3.4-3.8 GHz (‘3.6 GHz’) frequency band, as a 5G pioneer band, with view to their suitability for 5G terrestrial wireless systems and amend these, if necessary”*. The Draft CEPT Report in response to the European Commission is due by March 2018 while its final version is due by June 2018, taking into account the outcome of the public consultation.

⁹ RTR: Zusammenfassung der Stellungnahmen zur Konsultation zur Frequenzvergabe im Bereich 3,4-3,8 GHz. 28. November 2017

die Festlegung zur Frage der nationalen oder regionalen Vergabe, das Auktionsdesign (Clockauktion), Mindestpreise und Spektrumskappen. Parallel gab es eine weitere Konsultation zum Infrastructure Sharing.

In **Deutschland** wird das 3,6 GHz Band gemeinsam mit der Neuvergabe des 2 GHz Bandes im zweiten Halbjahr 2018 zur Ausschreibung kommen. Die letzte Konsultation (es gab eine Abfolge mehrerer Konsultationen und Abfragen nach Frequenzbedarf) der BNetzA lief bis zum 28. Februar 2018. Die aktuelle Vergabe der 3,6 GHz Frequenzen sieht eine Nutzung erst ab 2021/2022 vor, die BNetzA strebt aber an, alle Beschleunigungspotenziale für eine frühzeitige Bereitstellung zu nutzen. Hierdurch soll es den zukünftigen Zuteilungsinhabern ermöglicht werden, möglichst schon im Jahr 2019 den Netzaufbau für 5G mit den neuen Frequenzausstattungen zu planen oder zu beginnen.¹⁰ In Deutschland ist eine Trennung zwischen nationaler Vergabe von 300 MHz (vss. mittels Auktionsverfahren) und regionaler Vergabe von 100 MHz (mittels Antragsverfahren) vorgesehen.

2.2.2 Spektrum für das Internet der Dinge

5G soll aber auch Grundlage für das Internet der Dinge sein. Der Einsatz von Funktechnologien für das Internet der Dinge (IoT) benötigt keine hohen Bandbreiten. Wichtiger sind geringe Komplexität, geringer Stromverbrauch und Unterstützung einer hohen Anzahl von Endgeräten, die in Dinge des täglichen Bedarfs integriert sein können. Da die Anwendungen von IoT sehr heterogen sind, sieht RSPG¹¹, die zuständige Gruppe für Frequenzpolitik in der Europäischen Union, keine einheitliche Lösung für ein Frequenzband. Abbildung 5 zeigt die Vielfalt der für IoT eingesetzten Technologien und die eingesetzten Frequenzbänder.

¹⁰ BNetzA: Konsultationsentwurf zur Anordnung und Wahl des Verfahrens zur Vergabe von Frequenzen in den Bereichen 2 GHz und 3,6 GHz für den drahtlosen Netzzugang. Aktenzeichen BK1-17/001.

¹¹ RSPG – Radio Spectrum Policy Group – is a high-level advisory group that assists the European Commission in the development of radio spectrum policy

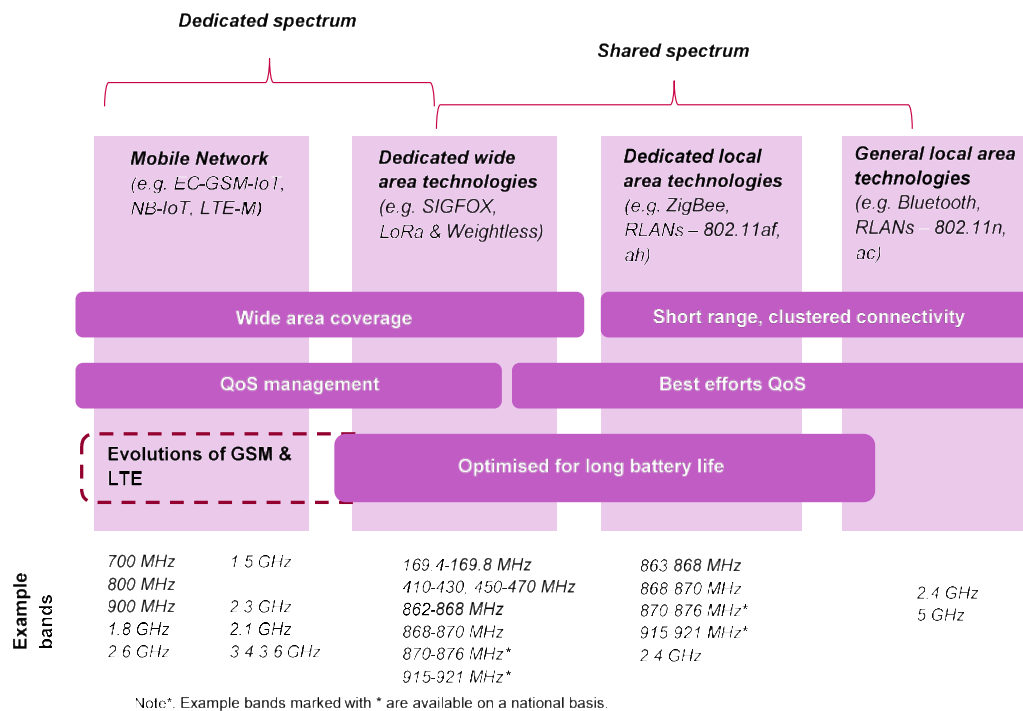


Abbildung 5: RSPG Roadmap für IoT Spektrum¹²

Für höhere Reichweite (wide area coverage) ist es zweckmäßig, Frequenzen unter 1 GHz einzusetzen. Mobilfunkbetreiber sind hier im Vorteil, da diese ihre bestehenden Basisstationen mit geringem Aufwand aufrüsten können. Es gibt aber auch alternative Technologien und Infrastrukturen (z.B. LoRa, sigfox).

2.2.3 Spektrum für intelligente Transportsysteme

Insbesondere vom Einsatz von 5G für intelligente Transportsysteme erwartet man sich erhebliche soziale und ökonomische Vorteile und Entwicklungen. Automationsunterstützung soll den Transport sicherer und effizienter machen. RSPG schlägt vor, das Frequenzband von 5,875-5,905 GHz für Sicherheitssysteme im Transport zu reservieren¹³. Eine europäische Harmonisierung wird als fundamentale Rahmenbedingung für die Entwicklung und den Einsatz von sicherheitsrelevanten Anwendungen bei intelligenten Transportsystemen in Europa gesehen.

¹² RSPG: A spectrum roadmap for IoT – Opinion on the Spectrum Aspects of the Internet-of-Things (IoT) including M2M. RSPG17-006 FINAL vom 9. November 2016.

¹³ RSPG: Opinion on Spectrum Aspects of Intelligent Transport Systems. RSPG17-008 FINAL vom 7. Februar 2017.

2.3 Pilotversuche und Ankündigungen

Die Olympischen Winterspiele im Februar 2018 in Südkorea waren der erste große Feldversuch von 5G. Die koreanische Telecom (KT) und Intel haben auf dem Mobile World Congress über die Erfahrungen aus diesem Feldversuch berichtet¹⁴:

- KT hat mit den Herstellern Samsung und Ericsson ein „pre-Standard“ 5G Netz unter Verwendung von Spektrum im 28 GHz Bereich errichtet. Insgesamt wurden 22 5G-Links an 10 verschiedenen Standorten aufgebaut.
- Über die Funkschnittstellen wurden bei den Winterspielen insgesamt 3,800 Terabyte Daten übertragen. Die Spitzendatenraten lagen bei 3,5 Gbps.
- Im Eiskunstlaufstadion wurden 100 Kameras aufgebaut, die es erlauben, alle Daten für eine online Darstellung in virtueller Realität zu übermitteln.
- Andere Tests umfassten Übertragung vom Bobschlitten, Schilanglauf und automatisierte Fahrzeuge.
- Am eindrucksvollsten waren aber vermutlich die 300 Drohnen, die bei der Eröffnungs- und Schlusszeremonie einen Formationsflug zeigten.

Auf dem Mobile World Congress Ende Februar in Barcelona war 5G eines der zentralen Themen. Nahezu alle großen Netzbetreiber haben gemeinsam mit der Mobilfunkindustrie 5G-Versuche für das Jahr 2018 oder spätestens 2019 angekündigt:

- Die **Deutsche Telekom** wird 5G ab 2020 anbieten. Ein erster Praxis-Großversuch läuft bereits im Hafen von Hamburg, ein weiterer in Dresden.
- **Swisscom** hat angekündigt, 5G in ausgewählten Städten in der Schweiz noch im Jahr 2018 einzusetzen.¹⁵
- **T-Mobile** wird noch 2018 mit einem 5G-Ausbau in 30 Städten in den USA beginnen. Dazu wird Spektrum im 600 MHz Band (für IoT) und mm-Band verwendet.
- **Sprint** wird „5G ähnliche Funktionen“ bereits im April 2018 in Los Angeles, Washington DC, Atlanta, Chicago, Dallas, und Houston verfügbar machen. Das 5G-Netz wird im ersten Halbjahr 2019 mit Frequenzen im 2,5 GHz Band errichtet. Zusätzlich wird Sprint 55.000 outdoor small cell Lösungen und 1 Million Relay Zellen¹⁶ einsetzen. Die Relay Funktion – genannt „Sprint magic box“ – sind mit einem LTE-Backhaul verbunden und erlauben eine Verdichtung des Netzes ohne Aufwände bei der TK-Versorgung.
- **China Mobile** wird noch im ersten Halbjahr 2018 mit groß angelegten Versuchsaufbauten in Shanghai, Hangzhou und drei anderen Städten beginnen. Zumindest 100 Basisstationen sollen in jeder Stadt aufgebaut werden. Als Frequenzband werden 3,5 GHz und 4,9 GHz eingesetzt.¹⁷

¹⁴ <https://www.fiercewireless.com/5g/kt-s-millimeter-wave-5g-network-transmitted-3-800-tb-data-during-winter-olympics>

¹⁵ <https://www.swisscom.ch/en/about/medien/press-releases/2018/02/20180222-mm-5G-2018.html>

¹⁶ <http://www.zdnet.com/article/sprint-launches-magic-box-an-lte-small-cell-to-boost-coverage-network/>

¹⁷ <https://www.lightreading.com/mobile/5g/china-mobile-confirms-aggressive-5g-standalone-plan/d-d-id/741013>

Alle großen Hersteller haben beim Mobile World Congress Prototypen für Basisstationen, Antennen und Kernnetzkomponenten vorgestellt. Die erforderlichen Mikroelektronik-Bauteile sind bereits vorhanden.

3 5G als Treiber von mobilem Breitband

3.1 Anforderungen an den Markt betreffend Angebot und Nachfrage

Im ersten Implementierungsschritt wird Mobilfunk der 5. Generation schnelleres mobiles Breitband bringen. Dies wird ermöglicht durch Fortschritte bei der Antennentechnologie, die bessere Ausnutzung des Spektrums durch eine neue Funkschnittstelle und insbesondere durch eine Erhöhung des verfügbaren Spektrums.

Um Produkte für den Massenmarkt ökonomisch herstellen zu können, braucht es einen großen Markt. Die hohen Entwicklungsinvestitionen werden sich nur dann amortisieren, wenn die Nachfrage entsprechend hoch ist. Das wesentliche Stichwort ist hier also „Skaleneffekte“, die benötigt werden, damit große Stückzahlen bei niedrigen Stückkosten produziert werden können.

Wenn die notwendige Infrastruktur für 5G implementiert wurde und Endgeräte mit 5G-Fähigkeiten auf den Markt kommen, werden Anwendungen entstehen, welche die Vorteile von 5G deutlich machen. Das ist am ehesten dort gegeben, wo ein technischer Quantensprung gezeigt werden kann, v.a. dort, wo viele Menschen sich zugleich aufhalten und große Datenmengen, v.a. Videos produzieren. Sportereignisse wie die olympischen Winterspiele oder die Fußball WM 2018 bieten hierfür eine ausgezeichnete Basis. Andere vielversprechende Anwendungen sind virtuelle oder erweiterte Realität.

3.2 Die Strategien der Netzbetreiber

Die Industrie wird Ende 2018/Anfang 2019 5G-Technologie anbieten und Frequenzen werden zugeteilt sein. Wie werden die Netzbetreiber nun 5G Technologie umsetzen?

Man geht davon aus, dass der erste Schritt der Umsetzung – zumindest in Europa – die Aufrüstung bestehender Standorte mit Antennen im 3,6 GHz Band sein wird. Damit kann eine signifikante Erhöhung der Kapazität der Mobilfunknetze erfolgen, ohne dass Investitionen in neue Senderstandorte erfolgen müssen. Natürlich kann mit diesem Roll-out keine 100%ige Flächendeckung erreicht werden. Die Versorgung der Bevölkerung wird etwa dem Bereich entsprechen, der heute mit 2,6 GHz Frequenzen versorgt ist. Das werden im Wesentlichen dicht besiedelte Gebiete sein, wo der Bedarf am größten ist. 5G-Technologie wird zusätzlich zum bestehenden 3G- und 4G-Netz aufgebaut werden. Damit wird es eine gleichmäßige Netzabdeckung geben, allerdings auch Unterschiede in der Kapazität der Netze, sodass die erreichbaren Datenraten manchmal höher und manchmal geringer sein werden. Für viele Anwendungen wird dies keinen Unterschied

machen. Bei hochauflösendem Video wird man aber merken, wo 5G verfügbar ist und wo nicht.

Mit diesem ersten Schritt wird einerseits der Markt stimuliert, Produkte und Anwendungen zu entwickeln, die 5G-Funktionen ausnutzen. Andererseits wird dem ständig steigenden Datenvolumen in den Mobilfunknetzen Rechnung getragen. Dies wird einmal zu zusätzlichen Einnahmen der Mobilfunkbetreiber führen und andererseits zu einem Druck, die Versorgung mit 5G weiter zu verbessern.

Als nächsten Schritt darf man die Verdichtung der Zellen in Versorgungslücken und Gebieten mit besonders hohem Bedarf erwarten. Zum letzteren gehören Sportsstadien, Veranstaltungsgelände, Flughäfen, Einkaufszentren und generell Bereiche mit sehr hohem Verkehrs- und Personenaufkommen. Für die Verdichtung der Zellen werden eine große Zahl neuer Standorte benötigt. Es wird schwierig sein, mit den Standortgebern einzeln zu verhandeln. Man geht daher davon aus, dass vermehrt öffentliche Infrastruktur (Stadtmöbel, öffentliche Gebäude etc.) als Standorte in Frage kommen. Deswegen versucht man, die Prozesse zur Genehmigung von Standorten für „small cells“ zu vereinfachen und zu beschleunigen.

3.3 Die Rollen der öffentlichen Hand

Die Ziele des Mobilfunks der 5. Generation hinsichtlich Kapazität und Verkehrsdichte können nicht ohne Verdichtung von Funkzellen erreicht werden. Die Meinungen darüber, wieviele Zellen für eine 5G-Versorgung erforderlich sein werden, gehen allerdings auseinander. Wie im vorhergehenden Kapitel dargestellt, werden in Bereichen mit hohem Bedarf und zur Lückenfüllung neue Standorte notwendig sein.

Heute kennen wir Funkstandorte als etwa 40 Meter hohe Tragmasten mit vielen Antennen. Diese Sender sind von Weitem zu sehen und werden in der Regel nicht als Verschönerung des Landschaftsbildes, sondern eher als notwendiges Übel, betrachtet, das man in Kauf nimmt, um Mobilfunk nutzen zu können. Künftige 5G-Funkzellen in Bereichen hohen Bedarfs werden aber anders aussehen als heutige Funkstandorte. Die Antennenanlagen werden kleiner sein, in geringerer Höhe montiert werden und mit geringerer Leistung senden. Auch die Reichweite wird geringer sein. Während heute im städtischen Gebiet Reichweiten von etwa 500 Metern üblich sind, werden 5G-Antennen, sogenannte „small cells“, nur mehr eine Reichweite von 100 Metern haben. Da die Sender kleiner sind, ist es möglich, diese Antennen in öffentliche Infrastruktur, wie Stadtmöbel oder auch Fassaden zu integrieren und unauffällig zu gestalten.

Öffentliche Infrastruktur gilt als bevorzugter Standort für solche „small cells“. Wenn es gelingt, allgemeine Vorgaben für das Aussehen und die Funktionen solcher „small cells“ festzulegen und eine Vereinfachung der Genehmigungsprozesse zu erreichen, kann eine „small cell“ Infrastruktur für 5G rasch und effizient errichtet werden.

Heute ist die Genehmigung neuer Funkstandorte aufwändig und langwierig. In jedem Einzelfall müssen die Integration ins Ortsbild sowie Landschaftsschutz geprüft werden. Abhängig von den jeweils nationalen, regionalen oder lokalen Bestimmungen sind weitere Genehmigungen für Bau, Luftfahrtrecht, Umweltrecht etc. einzuholen. Die Mobilfunknetzbetreiber argumentieren, dass unter diesen Rahmenbedingungen ein Roll-out von 5G und damit die Erreichung der politischen Ziele nicht möglich ist.

Es ist wenig überraschend, dass versucht wird, die Rahmenbedingungen für den Ausbau von „small cells“ auf europäischer Ebene festzulegen. Der Entwurf zum Artikel 56 des neuen Rechtsrahmens sieht vor, dass Allgemeingenehmigungen für „small cells“ zu erlassen sind und keine über Verwaltungsabgaben hinausgehenden Gebühren verlangt werden dürfen. Dieser Entwurf ist derzeit in Diskussion und man erwartet eine Abstimmung noch vor der Sommerpause 2018.¹⁸

Die öffentliche Hand ist also damit konfrontiert, dass Stadtmöbel zu Mobilfunkstandorten werden. Es ist nun die Frage zu stellen, wie das praktisch ablaufen soll. Welche Anforderungen werden an die Infrastruktur gestellt, welche Eingriffe in Verwaltungsprozesse sind möglich und notwendig und was ist technisch machbar?

Zur Darstellung der Themen bei der Umsetzung dieser Forderung wollen wir die Straßenlaternen erwähnen, die häufig als primärer Zielstandort für Mobilfunkantennen genannt werden. Straßenlaternen erfüllen wichtige Voraussetzungen für Funkzellen, sie sind im städtischen Bereich in regelmäßigen Abständen angeordnet und beleuchten Straßenzüge und Gehwege. Außerdem haben sie die richtige Höhe um „small cells“ aufzunehmen. Zwei wichtige Anforderungen für Funkzellen sind Stromversorgung und TK-Versorgung. Stromversorgung gibt es bei Beleuchtung natürlich, aber üblicherweise ist keine Ausfallsicherheit gegeben und bei Tageslicht sind die Lampen ausgeschaltet. Diese Themen lassen sich natürlich lösen, aber entsprechende Vereinbarungen und Abstimmungen sind erforderlich.

¹⁸ Siehe <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/proposed-directive-establishing-european-electronic-communications-code>

Bei der TK-Versorgung ist es schon schwieriger. Antennen brauchen eine Versorgung mit TK-Signalen. Die heute üblichen Datenraten erfordern im Allgemeinen Glasfaser. Straßenlaternen sind heute nicht mit Glasfaser versorgt. Eine vollständige Versorgung ist teuer und langwierig. Es bietet sich an, die Versorgung der Straßenlaternen beim Ausbau des Breitbandnetzes mit zu berücksichtigen. Dazu sind entsprechende Vorlaufzeiten notwendig. Daher wäre es bereits jetzt notwendig, dieses Thema anzusprechen.

Die Organisation der Wartung, die Montage, die Statik (Neuprüfung im Hinblick auf Statik bei bestimmten Windgeschwindigkeiten bei zusätzlicher Anbringung einer Anlage), Gewährleistung der Laternen, Sicherstellung des Primärbetriebs, Stromsubzähler, Art und Ausführung des Lichtmasten (Metall vs. Holz; hohl oder ausgefüllt) sind nur einige der Themen, die ebenfalls zu berücksichtigen sind. Das BMVI hat in Deutschland das Thema erkannt und beginnt, sich in multilateralen Arbeitskreisen mit den Rahmenbedingungen für die Nutzung von Stadtmöbeln auseinanderzusetzen.

4 5G und die vertikalen Industrien

4.1 Was bringt 5G für die vertikalen Industrien?

5G soll drei wesentliche Anwendungsszenarien unterstützen: erweitertes mobiles Breitband, Internet der Dinge und zeit- und unternehmenskritische Anwendungen. Der Ausbau von schnelleren und besseren mobilen Breitbandzugängen liegt in der Hand der Mobilfunkbetreiber. Die anderen Szenarien richten sich nicht direkt an Endkunden sondern an andere Industriesegmente (sogenannte „vertikale Industrien“) und erfordern Investitionen in diesen Segmenten. Die Vorteile für die vertikalen Industrien sind in vielen Studien beschrieben und prognostizieren einen erheblichen Beitrag zum globalen Wirtschaftswachstum¹⁹.

- Für die **industrielle Produktion** ist insbesondere der Aspekt der zeitkritischen Anwendungen im 5G-Kontext von Bedeutung. Es zeichnet sich bereits ab, dass 5G-Netze in der Fertigung neuerlich einen Schub in Richtung Automatisierung bewirken können. Durch die extrem verkürzten Latenzzeiten werden mobil gesteuerte Fabriken möglich, die Kommunikation der Maschinen untereinander und mit fahrenden oder auch fliegenden Transporteinheiten in der Fertigungshalle erlaubt eine flexiblere und individuelle Fertigung, die sich nicht mehr an starren Linien, sondern an der Relevanz des Arbeitsschrittes für den konkreten Auftrag, orientieren wird.
- Zentrale Bedeutung wird die 5G-Technologie auch im Bereich des **vernetzten Fahrens** gewinnen. Auch hier sind die geringen Latenzzeiten die Grundlage für eine automatisierte Interaktion im Verkehr. Es ist daher davon auszugehen, dass die Einführung von 5G entlang von Hauptverkehrswegen beschleunigt umgesetzt werden wird. Das Thema des vernetzten Fahrens wird eines der wesentlichen Zukunftsthemen sein. Gleichzeitig muss an dieser Stelle festgehalten werden, dass der Systemwechsel auf vollständige Automatisierung im Mobilitätssegment nur langsam und voraussichtlich schrittweise über Jahrzehnte vollzogen werden wird.
- Durch die neue Standardisierung können Konsumenten auch im **Smart Home Bereich** mit 5G voraussichtlich umfassende Neuerungen erwarten. Die Migration alternativer Funktechnologien im IoT Segment in Richtung 5G, vor dem Hintergrund der neuen technologischen Möglichkeiten und der Notwendigkeit, entsprechende Stückzahlen an Sensoren zu erreichen, um rasch wettbewerbsfähig zu sein und Kostensenkungspotenziale zu heben, wird aus heutiger Sicht den Weg in Richtung 5G als universelle Funktechnologie, auch im privaten Umfeld, ebnen.

¹⁹ IHS Economics & IHS technology: The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy. Januar 2017 und O2: The value of 5G for cities and communities (<https://news.o2.co.uk/press-release/upgrade-uk-cities-now-miss-productivity-savings-6-billion-year-5g-o2/>)

4.2 Wie werden die vertikalen Industrien 5G einsetzen?

Während der Ausbau von schnelleren und besseren mobilen Breitbandzugängen in der Hand der Mobilfunkbetreiber liegt, sind andere Industrie-segmente zurückhaltender. Die vertikalen Industrie-segmente werden einen Anreiz haben, diese Produktionsressource in ihrem Einflussbereich zu haben, um eine autonome und sichere Produktionsumgebung zu gewährleisten. Diese Industrie-segmente werden vss. auch nicht ausschließlich auf 5G setzen, sondern eine Vielzahl von Technologien einsetzen, um lückenlose Versorgung zu gewährleisten.

Die Anwendung von 5G im Zusammenhang mit vertikalen Industrien ermöglicht neue Businessmodelle.²⁰ Im Folgenden werden drei mögliche Entwicklungen beschrieben.

4.3 Private Netze

Gerade die Möglichkeit, private 5G-Netze unter Einbeziehung regionaler Frequenzen für ein Unternehmensgelände aufzubauen und zu betreiben, scheint aus heutiger Sicht für die produzierende Industrie von hoher Attraktivität zu sein. Neben den Vorteilen der 5G-Technologie bietet sich hier auch noch die Perspektive, mittels privatem 5G-Netz unabhängig von herkömmlichen Telekommunikationsnetzbetreibern agieren zu können. So sieht auch die Frequenzvergabe in Deutschland vor, für diese Anwendungen 100 MHz für ein Antragsverfahren zu reservieren und diese in einem Antragsverfahren zuzuteilen, sodass keine Auktion und kein Bieterwettbewerb für diese Frequenzen erforderlich wäre.

4.4 Network Slicing

Die drei Szenarien von 5G haben unterschiedliche Anforderungen und sind auf unterschiedliche Anforderungen ausgerichtet. Um auf einem physikalischen Netz viele Anwendungen zu ermöglichen, wurde das Konzept des „network slicing“ entwickelt. Dies bedeutet, dass auf einem physikalischen Mobilfunknetz mehrere virtuelle Netze mit unterschiedlichen Charakteristiken eingerichtet werden können. Diese „slices“ können die Anforderungen von bestimmten Industrie-segmenten (vertikalen Industrien) erfüllen.

²⁰ DotEcon Ltd und Axon Partners Group: Study on implications of 5G Deployment on Future Business Models. No BEREC/2017/02/NP3. 14. März 2018

4.5 Spezielle Infrastrukturbetreiber

Es gibt heute bereits sogenannte TowerCos, die sich auf die Bereitstellung und den Betrieb von Infrastruktur (Senderstandorte) für Mobilfunknetzbetreiber spezialisiert haben. In Europa werden etwa 20 % der Standorte von TowerCos bereitgestellt, in den USA sind es etwa 80 %.

Für 5G rechnet man mit einer Vervielfachung der Standorte insbesondere im städtischen Bereich. Aus technischer Sicht ist es möglich, ein einheitliches Netz von Senderstandorten aufzubauen und diese für alle Technologien und alle Netzbetreiber zu verwenden. Idealerweise sind alle Senderstandorte an die Stromversorgung und auch mit Glasfaser angeschlossen. Dieses Netz kann und sollte sich auf die passive Infrastruktur beschränken und als Open Access allen Netzbetreibern zur Verfügung gestellt werden.

Die Idee von Open Access Netzen hat sich auch beim Ausbau von Glasfaser-basierten Anschlussnetzen bereits etabliert. Telekommunikation wird zu einer Basisinfrastruktur, ähnlich wie die Strom- und Wasserversorgung. Die Positionierung der Kommunen selbst kann sich nur auf den Genehmigungsprozess beschränken, oder aber Kommunen können eine aktivere Rolle einnehmen. Aktuell stehen die Chancen gut, zum Wohl der Bürger und der Verbesserung der städtischen Infrastruktur, aktiv zu werden. Es bietet sich an, ein kommunales, einheitliches Small Cell Network für alle Technologien zu planen. Dies hat folgende Vorteile:

- Einheitliche Planung im Sinne der Kommunen unter Berücksichtigung von Stadtbildpflege und Schutz der Bevölkerung.
- Integration des Glasfaserausbaus durch Versorgung aller Mobilfunkstandorte mit Glasfaser.
- Design des Small Cell Netzes für alle Technologien (WLAN, 4G, 5G), Frequenzbänder (800 bis 3,8 GHz) und Netzbetreiber.
- Open Access für Netzbetreiber
- Funktionale Integration von WLAN
- Berücksichtigung von Funkanwendungen der Kommune (z. B. M2M)

Als internationale Beispiele für diesen Weg sind Bristol und Aberdeen zu nennen.

5 Zusammenfassung

5G beginnt Realität zu werden. Die Standards für das 5G New Radio Interface sind fertig, die Frequenzvergaben werden vorbereitet und sollen in vielen Ländern dieses Jahr noch abgeschlossen werden. Die Industrie setzt die Standards in Produkte um, und bei den Olympischen Winterspielen in Südkorea wurde der erste große Feldversuch für 5G gezeigt. Beim Mobile World Congress in Barcelona haben alle großen Netzbetreiber für 2018 oder spätestens 2019 Feldversuche angekündigt.

Bei der Einführung der 5G-Funktionen sehen wir mehrere Zeitschienen:

- **Kurzfristig:** Sobald Produkte vorhanden und Frequenzen zugeteilt sind, können bestehende Basisstationen mit 5G-Funkschnittstellen ausgerüstet werden. Damit stehen in dicht besiedelten Gebieten höhere Geschwindigkeiten für mobilen Internetzugang zur Verfügung.
- **Mittelfristig:** Für eine weitere Verdichtung ist der Aufbau von weiteren Funkstandorten erforderlich. Die Rahmenbedingungen dazu werden aktuell diskutiert. Es wird aber einige Jahre dauern, bis die entsprechenden Netze und u.U. neue Businessmodelle entstehen werden.
- **Kurzfristig, aber fragmentiert:** Das Internet der Dinge benötigt keine hohen Datenraten. Entsprechende Schnittstellen sind von 3GPP bereits definiert. Es gibt aber auch andere Infrastrukturen und Schnittstellen wie z.B. LoRa²¹.
- **Mittelfristig:** Andere Industriesegmente wie Automobilindustrie, Smart Home, Gesundheitswesen, Industrieautomatisierung überlegen ebenfalls den Einsatz von 5G. Allerdings ist 5G nur eine von mehreren Möglichkeiten.

Die Politik und auch die Industrie setzen große Hoffnungen in 5G. Durch die unterschiedlichen Eigenschaften hat 5G sowohl eine evolutionäre, als auch eine revolutionäre Komponente.

Evolution sehen wir bei der Verbesserung von mobilem Breitband. Die Mobilfunkindustrie benötigt diese technologische Verbesserung und vor allem das neue Spektrum, um das exponentiell steigende Datenvolumen bei leicht fallendem ARPU bewältigen zu können.

5G kann aber mehr. Für andere Industriesegmente (die vertikalen Industrien), wie Automobilindustrie, Industrieautomatisierung, Energie und Gesundheitswesen – um nur einige zu nennen – stellt 5G hochzuverlässige Verbindungen mit extrem kurzer Latenzzeit bereit. Für das Internet der Dinge unterstützt 5G bis zu 1.000.000 Sensoren pro km². Diese Industriesegmente sind aber traditionell langsamer bei der Adoption neuer Technologien. Insbesondere werden Alternativen evaluiert und man versucht, eine Vielzahl von

²¹ Siehe <https://www.lora-alliance.org/>

Technologien zuzulassen, um zu große Abhängigkeiten zu vermeiden. Die vorausgesagten Vorteile für die vertikalen Industrien durch die Skalenvorteile von 5G-Standards sind so hoch, dass ein Einsatz sicher sorgfältig evaluiert werden wird.

5G beginnt Realität zu werden, zunächst bei schnellerer und besserer mobiler Breitbandversorgung, danach mit hohem Potenzial zur revolutionären Änderung von Produktionsfaktoren in vertikalen Industrien.

Literaturverzeichnis

BNetzA: Konsultationsentwurf zur Anordnung und Wahl des Verfahrens zur Vergabe von Frequenzen in den Bereichen 2 GHz und 3,6 GHz für den drahtlosen Netzzugang. Aktenzeichen BK1-17/001.

DotEcon Ltd und Axon Partners Group: Study on implications of 5G Deployment on Future Business Models. No BEREC/2017/02/NP3. 14. März 2018

Ericsson Mobility Report November 2017

European Commission: 5G für Europa: Ein Aktionsplan. COM(2016) 588 final vom 14.9.2016

GSMA: 5G Spectrum – Public Policy Position, November 2016

IHS Economics & IHS technology: The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy. Januar 2017

ITU-R Recommendation M.2083-0: IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond (09/2015)

ITU-R Report M.2320-0: Future Trends of terrestrial IMT systems (11/2014)

ITU-R Report M.2410-0: Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)

O2: The value of 5G for cities and communities (<https://news.o2.co.uk/press-release/upgrade-uk-cities-now-miss-productivity-savings-6-billion-year-5g-o2/>)

Radio Spectrum Policy Group: DRAFT RSPG Second Opinion on 5G networks. RSPG17-034 final vom 21. November 2017

Radio Spectrum Policy Group: A Spectrum Roadmap for IoT - Opinion on the Spectrum Aspects of the Internet-of-things (IoT) including M2M. RSPG17-006 final vom 9. November 2016

Radio Spectrum Policy Group: Opinion on Spectrum Aspects of Intelligent Transport Systems. RSPG17-008 final vom 7. Februar 2017

RTR: Zusammenfassung der Stellungnahmen zur Konsultation zur Frequenzvergabe im Bereich 3,4-3,8 GHz. 28. November 2017

SBR – Diskussionsbeiträge

SBR-net Consulting AG veröffentlicht in unregelmäßigen Abständen Diskussionsbeiträge zu aktuellen Themen in der Telekommunikation. Bisher sind folgende Diskussionsbeiträge erschienen:

#	Titel	Veröffentlicht
1	Preisgestaltung auf dem Endkundenmarkt für Breitbandanschlüsse	August 2012
2	Ausbau von Glasfasernetzen als Geschäftsmodell für Versorgungsunternehmen und Stadtwerke	November 2012
3	Elektronische Kommunikationsdienste in der Welt der Apps	März 2013
4	Spectrum Pricing – Theoretical approaches and practical implementation	April 2013
5	IPTV – Ein Treiber für den Breitbandmarkt. Perspektiven zur Erweiterung von Geschäftsmodellen	August 2013
6	Spectrum Allocation in the German Mobile Market and the Outcomes of the Current Consolidation Process. An analysis in light of the possible merger of E-Plus and O2	November 2013
7	Der Weg zur IP-basierten Zusammenschaltung. Evolution statt Revolution	Dezember 2013
8	Mobile Payment	April 2014
9	Der Breitbandausbau im Vergleich zwischen Österreich und Deutschland: Ziele, Politik, Finanzierung, Förderung	Mai 2014
10	Industrie 4.0 – Implikationen für Markt, Regulierung und Strategie	August 2014
11	Vorleistungseinkauf in der Telekommunikation: Markt, White Label, Plattformen, Integration	September 2014
12	Breitbandstrategien in Deutschland und Österreich: Ansätze der öffentlichen Hand zur Errichtung von Breitbandanschlussnetzen	Dezember 2014
13	Funding and State Aid for NGA: from the telecom to the infrastructure perspective	Mai 2015
14	Breitband aus Sicht der österreichischen Gemeinden; veröffentlicht gemeinsam mit dem österreichischen Gemeindebund	September 2015
15	Der Fernsehmarkt im Umbruch; Das Internet revolutioniert das Fernsehen	Oktober 2015
16	Breitbandstrategien ausgewählter Bundesländer: Deutschland, Österreich, Südtirol	Dezember 2015
17	Förderung des Breitbandausbaus in Österreich; Ansätze und Überblick zu Fördergeldern und Abwicklung	April 2016
18	Förderung des Breitbandausbaus in Deutschland; Ansätze und Überblick zu Fördergeldern und Abwicklung	August 2016

#	Titel	Veröffentlicht
19	OTT – Over the Top Services	November 2016
20	Breitbandstrategien ausgewählter Bundesländer: Deutschland und Österreich	Dezember 2016
21	Mobilfunk der 5. Generation	Juli 2017
22	Operation, Administration and Maintenance of Municipal Fiber Networks	August 2017
23	Breitbandstrategien der Bundesländer in Deutschland, Österreich und Südtirol: Was jetzt zu tun ist - 6 Maßnahmen für zukunftsfähige Breitbandnetze!	November 2017

KONTAKT

SBR-net Consulting AG

Parkring 10/1/10

1010 Wien

<http://www.sbr-netconsulting.com>

T: +43 1 513 514 0-0

F: +43 1 513 514 0-95

E: ruhe@sbr-net.com