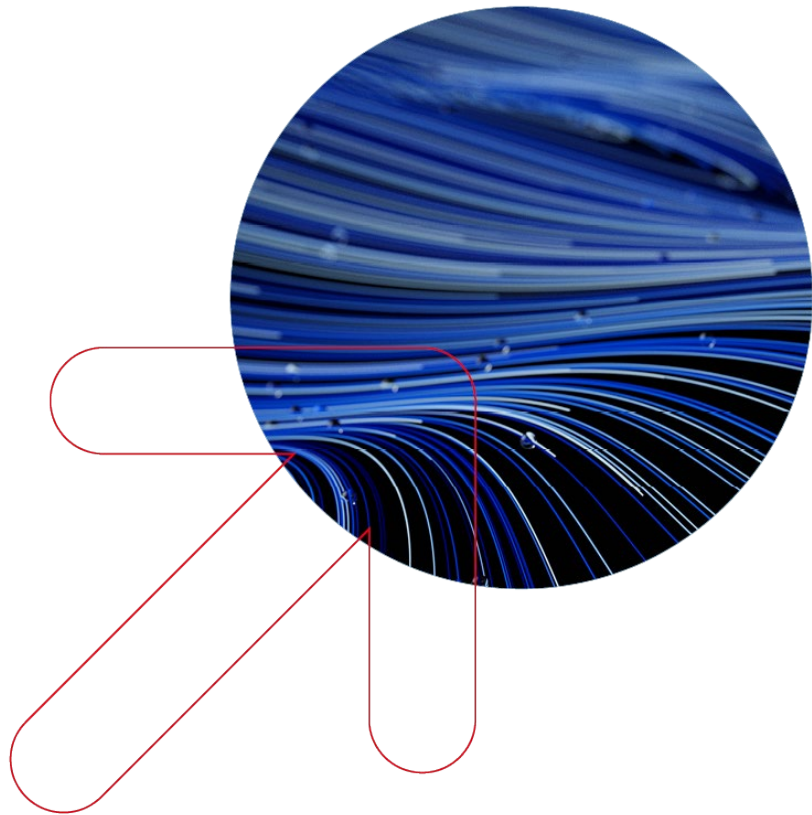


WIK • Diskussionsbeitrag

Nr. 488



---

# Flexibilisierung der Frequenzregulierung und des Frequenzplans

Autoren:

Dr. Lorenz Nett  
Dr. Bernd Sörries

# Impressum

WIK Wissenschaftliches Institut für  
Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH  
Rhöndorfer Str. 68  
53604 Bad Honnef  
Deutschland  
Tel.: +49 2224 9225-0  
Fax: +49 2224 9225-63  
E-Mail: info@wik.org  
www.wik.org

## Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor	Alex Kalevi Dieke
Direktor Abteilungsleiter Netze und Kosten	Dr. Thomas Plückebaum
Direktor Abteilungsleiter Regulierung und Wettbewerb	Dr. Bernd Sörries
Leiter der Verwaltung	Karl-Hubert Strüver
Vorsitzender des Aufsichtsrates	Dr. Thomas Solbach
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7225
Steuer-Nr.	222/5751/0722
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 123 383 795

Stand: Dezember 2022

Bildnachweis Titel: © Robert Kneschke - stock.adobe.com

In den vom WIK herausgegebenen Diskussionsbeiträgen erscheinen in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern des Instituts sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlussberichte von durchgeführten Forschungsprojekten. Mit der Herausgabe dieser Reihe bezweckt das WIK, über seine Tätigkeit zu informieren, Diskussionsanstöße zu geben, aber auch Anregungen von außen zu empfangen. Kritik und Kommentare sind deshalb jederzeit willkommen. Die in den verschiedenen Beiträgen zum Ausdruck kommenden Ansichten geben ausschließlich die Meinung der jeweiligen Autoren wieder. WIK behält sich alle Rechte vor. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des WIK ist es auch nicht gestattet, das Werk oder Teile daraus in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) zu vervielfältigen oder unter Verwendung elektronischer Systeme zu verarbeiten oder zu verbreiten.  
ISSN 1865-8997

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>III</b>
<b>Summary</b>	<b>IV</b>
<b>1 Einleitung: Hemmnisse der Digitalisierung</b>	<b>1</b>
<b>2 Aktueller institutioneller Rahmen und seine Konfliktlinien</b>	<b>2</b>
<b>3 Entwicklungen der Nachfrage und der Technik</b>	<b>4</b>
3.1 Öffentliche Mobilfunknetze	4
3.2 Nachfrage durch BOS	5
3.3 Private Funknetze – PMR	8
3.4 Rundfunk	10
3.5 PMSE	13
3.6 Konfliktlinien	15
<b>4 Lösungsansätze für den sich abzeichnenden Frequenzuteilungskonflikt –     Funknetzplattformen</b>	<b>17</b>
<b>5 FirstNet – das amerikanische landesweite mobile Breitbandnetz für 5G-PPDR und     andere 5G-Funkdienste (ein gelebtes Funknetzplattformmodell)</b>	<b>23</b>
<b>6 Identifizierte Frequenzbereiche zur Flexibilisierung des Frequenzplans</b>	<b>26</b>
6.1 Weitere Frequenzbereiche als Teil einer flexiblen Frequenzpolitik (1.500 MHz, 2,3 – 2,4 GHz, 3,8 – 4,2 GHz, 6.425 – 7.125 MHz) für die Nutzung von 5G	26
6.2 Von Seiten der Stakeholder geäußerter Frequenzbedarf mit einem perspektivischen Blick auf 6G	28
<b>7 Resümee: Flexibilisierung der Frequenzregulierung in Frequenzlagen, die für digitale     5G-/6G-Funkdienste nutzbar sind</b>	<b>29</b>

## Abbildungen

Abbildung 1:	3GPP-Releases für PPDR-Dienste	7
Abbildung 2:	Chancen von 5G-Broadcasting	11
Abbildung 3:	5G-Broadcast-Feldversuche und die 5G Media Action Group	12
Abbildung 4:	Generierung von Inhalten für Mediaplattformen durch PMSE	13
Abbildung 5:	Roadmap-Prioritäten	24
Abbildung 6:	Ausbauzustand des FirstNet-Netzes, Stand: Juni 2022	25
Abbildung 7:	Zentrale Funktionalitäten bei der Entwicklung von 6G	28

## Tabellen

Tabelle 1:	(Potenziell) relevante Dienste und Dienstebetreiber für den UHF-Frequenzbereich 470 – 694 MHz	16
------------	---	----

## Zusammenfassung

Der Trend zur Digitalisierung in der Gesellschaft, Wirtschaft und in öffentlichen Institutionen in Deutschland bedingt damit einhergehend einen zunehmenden Bedarf nach leistungsfähigen Funkdiensten für vielfältige digitale Anwendungen von unterschiedlichen Nutzerkreisen. Die daraus resultierende Nachfrage nach Frequenzen hat eine zunehmende Knappheit von Frequenzen, in für digitale Funkanwendungen geeigneten Frequenzbändern, zur Folge. Frequenzzuteilungskonflikte sind die Konsequenz. Sofern Frequenzen exklusiv in Silos nur für spezifische Frequenznutzungen zugeteilt würden (ein bisher vorherrschendes Paradigma bei der Frequenzzuteilung) könnte es sein, dass bestimmte Stakeholder keine Nutzungsrechte erhielten und spezifische digitale Dienste nicht wie volkswirtschaftlich erwünscht bereitgestellt würden.

Während heute gewerbliche Nutzer von Funkdiensten, die so genannten Verticals, häufig sehr unterschiedliche Funktechnologien nutzen, für die wiederum eigene Frequenzbereiche bestehen, eröffnet sich spätestens mit 5G die Option, dass eine Funktechnologie eine Vielzahl von digitalen Diensten unterstützt, deren technische Anforderungen bisher nicht oder nur im geringen Ausmaß von zellularen Mobilfunktechnologien erfüllt wurden. Damit eröffnet sich auch die Option einer gemeinsamen Nutzung von Frequenzen. Derartige digitalen Funkdienste sind: digitale drahtlose Dienste zur Ermöglichung des autonomen Fahrens, digitale drahtlose Dienste zur Ermöglichung von Smart Farming, digitale drahtlose BOS-Dienste, digitale Betriebs- und Bündelfunkdienste, drahtlose digitale PMSE-Dienste, digitale drahtlose militärische Dienste und nicht zuletzt Mobilfunkdienste in Massenmärkten. Nutzungs- und Zuteilungskonflikte könnten durch eine gemeinsame Nutzung von Frequenzen potentiell aufgehoben werden, wenn die Frequenzregulierung flexibel ausgestaltet ist und die mit der gemeinsamen Nutzung verbundenen Transaktionskosten gering ausfallen. Ein Betreibermodell bzw. eine Funkplattform für unterschiedliche digitale Funkdienste würde damit möglich.

Das ehemals klassische Paradigma individueller Netze für spezifische digitale Funkdienste und individueller Zuweisung für Dienste von dafür im Frequenzplan nutzbaren Frequenzen könnte dort, wo sinnvoll, abgelegt und überwunden werden. Die Frequenzregulierung sollte in dafür geeigneten Frequenzlagen zukünftig darauf ausgerichtet sein, die flexible Nutzung der Frequenzen durch unterschiedliche digitale Funkdienste zu ermöglichen. Nur dann ist zu erwarten, dass Frequenzzuteilungskonflikte im Sinne einer Win-Win-Situation für die Nachfrage aufgelöst werden können. Knappe Ressourcen könnten dadurch noch besser genutzt werden.

## Summary

The trend towards digitization in society, the economy and in public institutions in Germany is accompanied by an increasing demand for powerful radio services for a wide range of digital applications from different user groups. The resulting demand for frequencies has led to an increasing scarcity of frequencies in frequency bands suitable for digital radio applications. Frequency assignment conflicts are the consequence. If frequencies were assigned exclusively in silos only for specific frequency uses (a paradigm that has prevailed in frequency assignment to date), it could be that certain stakeholders would not receive usage rights and specific digital services would not be provided as economically desired.

While today commercial users of radio services, the so-called verticals, often use very different radio technologies, which in turn have their own frequency ranges, 5G at the latest opens the option of a radio technology supporting a multitude of digital services whose technical requirements have not yet been met, or only to a limited extent, by cellular mobile radio technologies. This also creates the option of shared use of frequencies. Such digital radio services are digital wireless services to enable autonomous driving, digital wireless services to enable smart farming, digital wireless BOS services, digital operational and trunked radio services, wireless digital PMSE services, digital wireless military services and, finally, mobile radio services in mass markets. Conflicts of use and assignment could potentially be eliminated through spectrum sharing if spectrum regulation is designed flexibly and the transaction costs associated with sharing are low. An operator model or radio platform for different digital radio services would thus become possible.

The former classic paradigm of individual networks for specific digital radio services and individual allocation for services of frequencies that can be used for this in the frequency plan could be discarded and overcome where it makes sense. In future, frequency regulation in suitable frequency ranges should be targeted at enabling the flexible use of frequencies by different digital radio services. Only then can it be expected that frequency allocation conflicts can be resolved in the sense of a win-win situation for demand. Scarce resources could thus be used even better.

## 1 Einleitung: Hemmnisse der Digitalisierung

Die Digitalisierung in Gesellschaft und Wirtschaft schreitet, wenn auch mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten in Deutschland voran. Mit der von der Bundesregierung verabschiedeten Digitalstrategie<sup>1</sup> sollen u. a. die Erhebung und Nutzung von Daten in fast allen Wirtschaftsbereichen und die darauf aufbauende Digitalisierung von Wertschöpfungsprozessen deutlich vorangetrieben werden. Somit rücken die Netzinfrastrukturen in den Fokus, die für die Datenübertragung essentiell sind und insoweit wesentliche Enabler der Digitalisierung darstellen. Dies gilt insbesondere für leistungsfähige Funknetze. Die Bundesregierung hat diesbezüglich eine Gigabitstrategie<sup>2</sup> vorgelegt.

So unterschiedlich die Entwicklungen der digitalen Transformation in den Sektoren der Volkswirtschaft auch sein mögen, eine Gemeinsamkeit lässt sich durchaus feststellen: Sämtliche Anwender sind bereits heute in ihren Wertschöpfungsprozessen auf funkbasierte Telekommunikationsnetze angewiesen. Die Nachfrage nach mobilen Datendiensten steigt dabei stetig an. Daraus resultieren Konflikte über die (künftige) Nutzung von Frequenzen, die sich negativ auf die Bereitstellung von Frequenzen oder die Entwicklung innovativer Dienste auswirken können. Ein prominentes Beispiel war die Vergabe von 450-MHz-Frequenzen<sup>3</sup>, die sowohl Vertreter der Energiewirtschaft als auch Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben und Bundeswehr (BDBOS) nachfragten. Aktuell treten der Rundfunk, Mobilfunknetzbetreiber, die Kreativwirtschaft und Sicherheitsorgane, um nur die prominentesten Akteure zu nennen, für exklusive Frequenznutzungen dahingehend ein, dass eine Frequenzentscheidung Gewinner und Verlierer produzieren könnte. Die in Deutschland vorgesehenen Verfahren zum Ausgleich unterschiedlicher Interessen der obengenannten Akteure stoßen wiederholt an ihre Grenzen. In diesem Beitrag wird deshalb der Frage nachgegangen, welche Ansätze es gibt, solche Konflikte aufzulösen, um Hemmnisse einer weiteren Digitalisierung zu beseitigen. Es stellt sich somit mit Blick auf die Frequenzregulierung die Frage, ob der bisherige Ansatz Spektrum zu managen, der im Wesentlichen auf einem „Command-and-Control“-Ansatz basiert, womit Ziele wie Harmonisierung, Konsens der Frequenznutzung, umgesetzt werden sollen, noch mit den schnellen marktlichen und technologischen Veränderungen Schritt halten kann. Oder ist der Ansatz geeignet, Innovationen und eine effiziente Nutzung zu verhindern?

Die Struktur des Diskussionsbeitrages im Folgenden:

In *Kapitel 2* stellen wir den aktuellen (rechtlichen) Frequenzregulierungsrahmen und die sich daraus ergebenden Konfliktlinien dar.

---

<sup>1</sup> Siehe hierzu <https://digitalstrategie-deutschland.de/>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>2</sup> Siehe hierzu im Detail [BMDV - Gigabitstrategie der Bundesregierung verabschiedet \(bmvi.de\)](https://www.bmvi.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/12/gigabitstrategie.html), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>3</sup> Siehe hierzu [Bundesnetzagentur - Presse - Vergabe von Frequenzen im Bereich 450 MHz](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/12/450MHz.html), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

Die Nachfrage nach digitalen Funkdiensten für unterschiedliche Stakeholder wird in *Kapitel 3* präsentiert. Für spezifische Anwender wird aufgezeigt, dass bisher dort verwendete Dienste auf Basis unterschiedlicher technischer Standards zur Nutzung von 5G streben, um vielfältigere digitale Anwendungsmöglichkeiten mit hohen Datenübertragungsraten und geringer Latenz zu erlangen. Im Fokus sind hier der Öffentliche Mobilfunk, BOS, Private Funknetze – PMR, Rundfunk – 5G-Broadcast und PMSE- (Programme Making and Special Events) Anwendungen. Am Beispiel des UHF-Bandes, dessen Frequenznutzungsrechte Ende 2030 auslaufen, werden die sich abzeichnenden Konfliktlinien bei der Frequenznutzung aufgezeigt. Diese ergeben sich aufgrund einer sich abzeichnenden Übernachfrage dann, wenn weiterhin ein „Silodenken“ mit exklusiven Frequenznutzungsrechten für spezifische Dienste die Frequenzregulierung besteht.

Eine Funknetzplattform ist ein Modell im Rahmen der flexiblen Frequenzregulierung, welches ausführlich in *Kapitel 4* als ein möglicher Lösungsansatz, für den sich abzeichnenden Frequenzuteilungskonflikt präsentiert wird. Die Chancen, die sich durch derartige Funknetzplattformen eröffnen, werden identifiziert.

FirstNet in den Vereinigten Staaten von Amerika ist ein erwähnenswertes Beispiel für eine Funknetzplattform, welche priorisiert für BOS und für nachrangig anderer 5G-Dienste genutzt wird. Diese Plattform schafft aufgrund ihrer weitflächigen Verfügbarkeit einen signifikant positiven Impuls für das Angebot und die Diffusion digitaler Funkdienste. (*Kapitel 5*)

*Kapitel 6* widmet sich der Thematik, welche Frequenzbereiche im Fokus einer Flexibilisierung der Frequenznutzungsrechte einerseits mit Blick auf 5G und perspektivisch mit Blick auf 6G sein sollten.

Mit einem Resümee schließt der Diskussionsbeitrag im finalen *Kapitel 7*.

## **2 Aktueller institutioneller Rahmen und seine Konfliktlinien**

Um die heutigen Konfliktlinien identifizieren und verstehen zu können, ist zunächst der aktuelle Rahmen der Frequenzregulierung zu betrachten.

Ausgangspunkt der nationalen Frequenzregulierung durch die Bundesnetzagentur, die in §§ 87 – 107 Telekommunikationsmodernisierungsgesetz (TKG)<sup>4</sup> ihre rechtliche Grundlage hat, ist die Frequenzverordnung (§ 89 TKG) und der nationale Frequenzplan (§ 90 TKG). In einem Mehr-Ebenen-System der Entscheidung über Frequenznutzungen sind somit neben internationalen und europäischen Institutionen auch die Bundesländer integriert, die der Verordnung zustimmen müssen. Die Bundesländer haben aufgrund ihres Zuständigkeitsbereichs dabei vor allem die Interessen des Rundfunks und der inneren Sicherheit im Blick. Sofern Änderungen in der Frequenzverordnung vorgenommen

---

<sup>4</sup> Verfügbar unter [https://www.gesetze-im-internet.de/tkg\\_2021/](https://www.gesetze-im-internet.de/tkg_2021/) zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.



werden, die die Interessen der Bundesländer berühren, muss es eine Güterabwägung geben, sofern unterschiedliche, sich heute wechselseitig ausschließende Nutzungen angestrebt werden. Damit ist die erste Konfliktlinie aufgezeigt.

Die nächste Konfliktlinie resultiert aus der bisherigen Betrachtung von Frequenzen, die eine Angebotsorientierung aufweist. Diese Orientierung findet sich im Frequenzplan. Der Frequenzplan teilt (in vielen Frequenzlagen) die Frequenzbereiche in Frequenznutzungen sowie darauf bezogene Nutzungsbestimmungen auf.

Frequenzen dürfen nur in der im Frequenzplan spezifizierten Weise, insbesondere nur für dort benannte Dienste/Anwendungen genutzt werden (z. B. für betrieblichen Bündelfunk, für den Zugang zum Internet oder für Sicherheitsdienste). Überspitzt bildlich ausgedrückt, beinhaltet der Frequenzplan eine Reihe von Silos, die idealtypisch voneinander abgegrenzt sind.

Es stellt sich mit Blick auf die Zukunft die Frage, ob der Frequenzplan mit seiner aktuellen Strukturierung das in § 87 Abs. 2 Nr. 5 TKG formulierte Ziel unterstützt, welches aus einer gemeinsamen Nutzung von Frequenzen durch gleichartige oder unterschiedliche Dienste besteht. Mit der heutigen Strukturierung sind quasi die Zugriffsrechte auf bestimmte Frequenzen für spezifische Stakeholder gesichert. Kooperative Ansätze werden insoweit frequenzregulatorisch nicht gefördert.

Ebenso stellt sich die Frage, wie damit umzugehen ist, wenn die Nachfrage sich mit ihren Anwendungen dahingehend entwickelt, dass eine strikte Trennung der Dienste nicht mehr möglich ist. Was passiert, wenn mit einem Endgerät sowohl sicherheitsrelevante Dienste, Massenmarktdienste (z. B. Webbrowsing, E-Mail-Versand) oder rundfunkähnliche Dienste genutzt werden?

Die zweite Konfliktlinie besteht darin, dass die Frequenzregulierung grundsätzlich unterschiedliche Anwendungsbereiche mit unterschiedlichen Technologien und unterschiedlichen Funknetzen unterscheidet. Daraus ergeben sich weitere Fragestellungen, die dazu genutzt werden können, Lösungen zu entwickeln, die zum Ausgleich der Interessen führen könnten:

- Ist es volkswirtschaftlich überhaupt sinnvoll, für unterschiedliche Anwendungen unterschiedliche Netzinfrastrukturen vorzusehen?
- Ist ein solcher Ansatz im Sinne des Ressourcen- und Energieverbrauchs nachhaltig?
- Wird mit einem solchen Ansatz das Ziel einer effizienten Frequenznutzung umgesetzt?

## 3 Entwicklungen der Nachfrage und der Technik

### 3.1 Öffentliche Mobilfunknetze

Die Nachfrage nach funkbasierten Anwendungen in den **öffentlichen Mobilfunknetzen** hat sich in vergangenen Jahren rasant in Umfang und Art verändert. Während in den öffentlichen Mobilfunknetzen zunächst im Wesentlichen der Sprach- und SMS-Dienst im Vordergrund stand, stehen mit der Verbreitung von 4G/5G und entsprechend neuen Endgeräten mobile Datendienste im Fokus der Nutzung. Der Sprachdienst ist quasi zu einer Residualgröße in den Netzen geworden.

Der öffentliche Mobilfunk wird zunehmend intensiver genutzt.<sup>5</sup> Dies spiegelt sich in den Wachstumsraten des mobilen Datenverkehrs wider. Nach dem Jahresbericht 2021 der Bundesnetzagentur sind die Datenvolumina von 0,913 Mio. GB im Jahre 2016 auf 3.972 Mio. GB im Jahr 2020 und 5.457 Mio. GB im Jahr 2021 angestiegen.<sup>6</sup> Prognosen gehen davon aus, dass das Gesamtdatenverkehrsaufkommen in Mobilfunknetzen in Westeuropa weiter zunehmend wird. Der Ericsson Mobility Report schätzt für den Zeitraum von 2021 bis 2027 eine durchschnittliche konstante Wachstumsrate von 23 Prozent für Westeuropa.<sup>7</sup>

Mit der Standardisierung und Einführung von 5G erweitert sich die Anwendungsbreite des zellularen Mobilfunks theoretisch erheblich. Die Standardisierung<sup>8</sup> führt dazu, dass die öffentlichen Mobilfunknetze mit ihrer Technik immer mehr Spezialanwendungen unterstützen können, die in der Vergangenheit exklusiven Funknetzen und speziellen Funktechnologien vorbehalten waren.

5G ist dabei ein weltweites Ökosystem mit einer Vielzahl von Hard- und Software-Herstellern. Im Vergleich zu anderen (Nischen-)Technologien bestehen grundsätzlich nachhaltige Skalierungsvorteile. Somit können in den 5G-Mobilfunknetzen Anwendungen zukünftig unterstützt werden, die im Kontext des autonomen, vernetzten Fahrens, von Smart Farming, Sicherheitsdiensten oder von Rundfunkdiensten stehen. Ebenso können Dienste angeboten werden, wie sie Programme Making and Special Events (PMSE), Betriebs- und Bündelfunkdienste / Professioneller Mobilfunk (PMR) anbieten. Sofern hochleistungsfähige, zellulare Mobilfunktechnologien (5G, 6G) verstärkt Anwendungen (Use Cases) von gewerblichen Anwendern (Verticals) ermöglichen, ergibt sich auch

---

5 Siehe dazu auch <https://www.inside-sim.de/19568/stand-des-mobilfunk-in-deutschland-ein-ueberblick/?msckid=a9b1f7f1b57d11ecb335d6cb8a3256fc>, zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

6 Seite 62, Verfügbar unter [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Jahresberichte/JB2021.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Jahresberichte/JB2021.pdf?__blob=publicationFile&v=4), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

7 Siehe dazu <https://www.ericsson.com/49d3a0/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2022/ericsson-mobility-report-june-2022.pdf>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

8 Die adressierten Aspekte im ansehenden Release 18 und die bisher vorgenommenen Standardisierungen in den Releases 1 – 17 sind verfügbar unter: [Release 18 \(3gpp.org\)](https://www.3gpp.org/Release%2018), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

diesbezüglich ein zunehmender Frequenz- und Netzinfrastrukturbedarf. Dies gilt gerade dann, wenn jede Domäne eigene Funknetze aufbauen bzw. kontrollieren will.

Der Frequenzbedarf der Mobilfunknetzbetreiber fokussiert sich heute auf die folgenden Frequenzlagen: 700 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1,5 GHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz, 2,6 GHz und 3,6 GHz. Weitere aus Sicht der Mobilfunknetzbetreiber interessante Frequenzen sind die bis Ende 2030 zugeteilten UHF-Frequenzen (470 – 694 MHz). Hier gibt es jedoch den Nutzungskonflikt mit dem Rundfunk, PMSE-Anwendern, militärischen Anwendungen und BOS (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben). Ebenso könnten perspektivisch auch die gegenwärtig dem Betriebs- und Bündelfunk zugeteilten Frequenzen in den Frequenzbereichen 410 – 430 MHz und 440 – 470 MHz sein. Weitere Frequenzlagen von Interesse sind 1,5 GHz (weitere Bänder), 2,3 – 2,4 GHz, 3,8 – 4,2 GHz und 6 GHz (6.425 – 7.125 MHz).<sup>9</sup>

### 3.2 Nachfrage durch BOS

In Deutschland besteht zurzeit ein exklusives TETRA-Funknetz für die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)<sup>10</sup> Die BOS-Funkrichtlinie (2009) bestimmt in § 4 die Berechtigten des BOS-Funks.<sup>11</sup> Zu den Nutzern dieses Netzes gehören u. a. die Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienste sowie der Katastrophenschutz.<sup>12</sup> Nach Angaben der Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS)<sup>13</sup> umfasst diese Digitalfunknetz mehr als 4.860 Basisstationen, womit eine Abdeckung von 99,2 Prozent der Fläche Deutschlands mit einer Verfügbarkeit von 99,95 Prozent erreicht wird.<sup>14</sup> Dieses Netz ist jedoch nur für schmalbandige Anwendungen wie Sprachkommunikation und die Übermittlung kurzer Nachrichten mit geringen Anforderungen an Datenübertragungsraten geeignet.

Hochleistungsfähige Mobilfunktechnologien wie 4G und 5G unterstützen mittlerweile Anforderungen im Bereich „Mission Critical Intelligence“. Beispielsweise sind dabei „Mission Critical Push to Talk, Data and Video“ über LTE zu nennen. 5G wird eine noch höhere Verlässlichkeit und Verfügbarkeit, niedrigere Latenz und perspektivisch auch bessere

<sup>9</sup> Detaillierte Ausführungen werden in Kapitel 6.1 präsentiert.

<sup>10</sup> Vgl. [https://www.bdbos.bund.de/DE/Home/home\\_node.html#TETRA](https://www.bdbos.bund.de/DE/Home/home_node.html#TETRA), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022. Tetra ist in Deutschland, der am meisten genutzte technische Standard für Bündelfunksysteme. Für Details zu diesem Funkstandard siehe <https://www.funktechnik.at/tetra/?msclid=d2a394bab51311ecac4f9afad93a383c>, zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>11</sup> Verfügbar unter [http://www.digitalfunk-sh.de/DFSH/userfiles/files/bos\\_funkrichtlinie\\_2009.pdf?msclid=8dc22ef3b4f711ec8d72293adf56691f](http://www.digitalfunk-sh.de/DFSH/userfiles/files/bos_funkrichtlinie_2009.pdf?msclid=8dc22ef3b4f711ec8d72293adf56691f), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>12</sup> Siehe [https://www.bdbos.bund.de/DE/Digitalfunk\\_BOS/digitalfunk\\_bos\\_node.html](https://www.bdbos.bund.de/DE/Digitalfunk_BOS/digitalfunk_bos_node.html), zuletzt abgerufen am: 17.12.2022 und Verfügbar unter [http://www.digitalfunk-sh.de/DFSH/userfiles/files/bos\\_funkrichtlinie\\_2009.pdf?msclid=8dc22ef3b4f711ec8d72293adf56691f](http://www.digitalfunk-sh.de/DFSH/userfiles/files/bos_funkrichtlinie_2009.pdf?msclid=8dc22ef3b4f711ec8d72293adf56691f), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>13</sup> Mehr Informationen zu dieser Organisation siehe [https://www.bdbos.bund.de/DE/Home/home\\_node.html](https://www.bdbos.bund.de/DE/Home/home_node.html), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>14</sup> Siehe [https://www.bdbos.bund.de/DE/Home/home\\_node.html](https://www.bdbos.bund.de/DE/Home/home_node.html), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

Positionierung ermöglichen.<sup>15</sup> Für die Nutzer von BOS-Diensten sind dabei neben dem zentralen Gruppenruf, die mobile Vorgangsbearbeitung, die Übertragung von Einzelinformationen, Datenbankrecherchen und Datenbankabgleichungen, Internetzugriff und Einbindung externer Experten, Übergang von Videodaten, Fernsteuerung von Fahrzeugen, Robotern und Drohnen, Erweiterte Realität (Augmented Reality) und Wärmebilder von Bedeutung.<sup>16</sup> BOS hat zudem besondere Anforderungen hinsichtlich der Sicherheit und Verfügbarkeit der Netzinfrastruktur (hohe Verfügbarkeit, Informationssicherheit, Integrität, Redundanz usw.).

Technische Standards sind die Voraussetzung für die Entwicklung des Equipments für die Netzinfrastrukturen und die Endgeräte in Verbindung mit den unterschiedlichen Funktionalitäten. In den technischen Spezifikationen von 3GPP<sup>17</sup> werden die Anforderungen von PPDR bereits seit der Ausarbeitung von Release 12 mitberücksichtigt und weiterentwickelt. Die dabei für PPDR relevanten Bestandteile sind in folgender Abbildung einer Präsentation der ITU (International Telecommunications Union)<sup>18</sup> dargestellt, die auch einen Überblick über den Status und Trends mit Blick auf PMR gibt. PMR hat ähnliche funktionale Anforderungen an ein Funknetz wie BOS.<sup>19</sup>

---

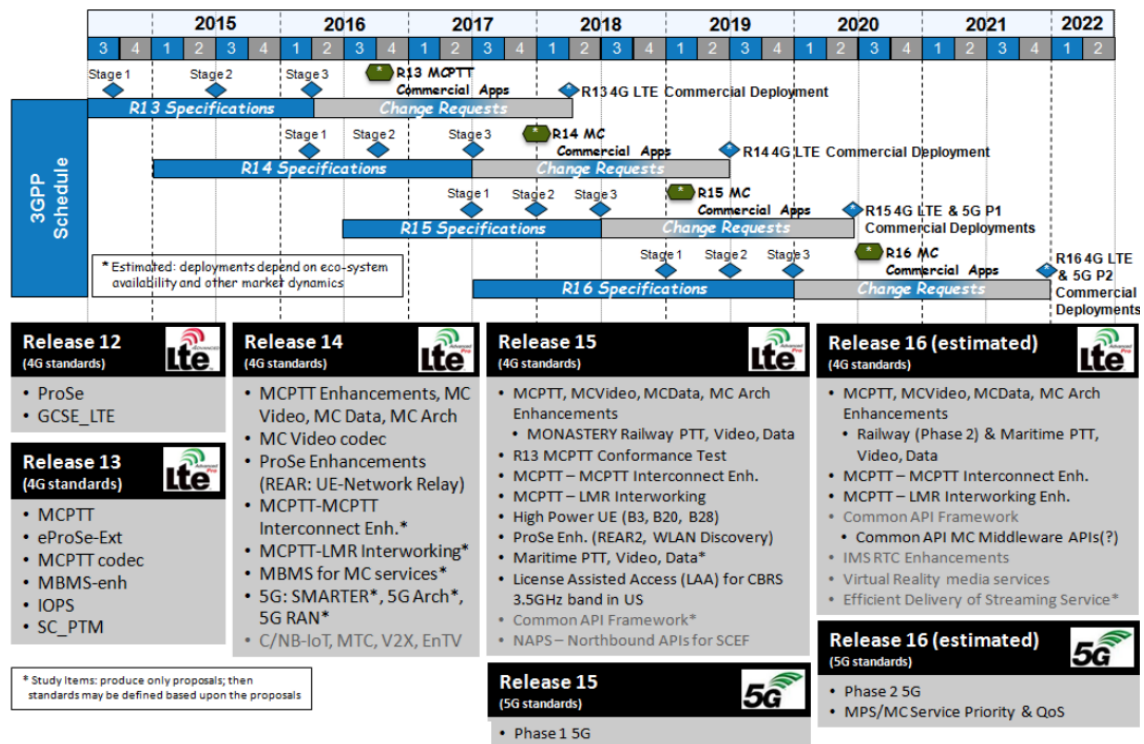
**15** Siehe dazu, 3GPP activities for BB-PPDR (2016), abrufbar unter: [https://docbox.etsi.org/Workshop/2016/201609\\_PPDR\\_WORKSHOP/S02\\_STANDARDIZATION\\_ACTIVITIES/3GPP\\_BBPPDR\\_ACTIVITIES\\_YANNICK\\_LAIR\\_3GPP\\_SA6\\_CHAIR\\_LG.pdf](https://docbox.etsi.org/Workshop/2016/201609_PPDR_WORKSHOP/S02_STANDARDIZATION_ACTIVITIES/3GPP_BBPPDR_ACTIVITIES_YANNICK_LAIR_3GPP_SA6_CHAIR_LG.pdf), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

**16** Vgl. PwC Strategy& (2014): Vorschlag eines Strategiekonzepts für den breitbandigen Datenfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS). Studie im Auftrag des Bundesministeriums des Inneren (BMI).

**17** Zur weltweiten Kooperation zur Standardisierung im Mobilfunkbereich siehe <https://www.3gpp.org/>, zuletzt abgerufen am 17.12.2021.

**18** Siehe hierzu <https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

**19** Siehe dazu, ITU-Präsentation (Bharat Bhatia) on „Status and Trends of Public Protection and Disaster Relief (PPDR) Communications“, abrufbar unter: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-roth/0a/0E/R0A0E0000CB0001PDFE.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-roth/0a/0E/R0A0E0000CB0001PDFE.pdf), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

Abbildung 1: 3GPP-Releases für PPDR-Dienste <sup>20</sup>


Quelle: ITU.

BOS-Kräfte nutzen bereits jetzt neben dem TETRA-Netz digitale Medien und moderne Kommunikationstechniken im Alltag. Hierzu zählen Videokommunikation, Drohnen- und Robotersteuerung als Anwendungsarten mit hohen Anforderungen an die zu realisierenden Datenraten. Dabei werden insbesondere auch handelsübliche Smartphones über öffentliche Mobilfunknetze genutzt. Dies zeigt den Bedarf nach digitalen BOS-Funkdiensten, die dann jedoch höhere Sicherheitsstandards haben sollten und eine bessere Garantie hinsichtlich der Verfügbarkeit als dies bisher bei den öffentlich genutzten Netzen der Fall ist.

Bislang gibt es erst wenige Beispiele für den Einsatz von sicherheitskritischen öffentlichen Diensten, die auf 3GPP-Technologien zurückgreifen:

- Eines dieser wenigen Beispiele findet sich in Finnland, wo die Erillisverkot Group, ein staatliches Unternehmen für die kritische Kommunikation, zusammen mit Ericsson das Projekt „Virve 2.0“ umsetzt. Das Projekt für das Netz von Erillisverkot basiert auf 3GPP-Technologie<sup>21</sup> und ist der finnischen Regierung ein zentrales

<sup>20</sup> Der letzte bisher verabschiedete Release 17 vom März 2022 beinhaltet die nachfolgende Aspekte: MCFTT, MCDATA 4.0, Railways 3.0MCIOPS, MCOVer5G5, Edge Applications (EDGEAPP), 5G Message Service (5GMARCH=, Factories of the Future (FFAPP Study), Uncrewed Aerial Systems (UASAPP), V2XAPP2.0, SEAL 2.0.

<sup>21</sup> Für weitere Details siehe <https://www.securelandcommunications.com/customerstories/virve-national-wide-public-safety-network-in-finland>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

Anliegen. Eine vollständige Migration der Nutzer wird bis Ende 2025 angestrebt. Auf Basis eines Dual-mode 5G Core von Ericsson sollen u. a. VoLTE- und Positionierungslösungen bereitgestellt werden.<sup>22</sup>

- In Großbritannien soll das LTE-basierte Emergency Service Network (ESN) den bisher genutzten Airwave-Dienst ersetzen. Ziel der Modernisierung ist eine sichere Sprach-, Video und Datenübertragung, die in Notfällen den Ersthelfern zur Verfügung stehen soll und eine höhere Leistungsfähigkeit bietet als das bisherige Airwave-Netz. Motorola Solutions ist für die Software zuständig, EE als Mobilfunknetzbetreiber für den Aufbau des neuen Netzes.<sup>23</sup> Die Umstellung der einsatzkritischen Sprachkommunikation vom Airwave- auf das LTE-basierte Funksystem soll 2024 beginnen und 2026 vollständig abgeschlossen sein.<sup>24</sup>
- Am fortgeschrittensten ist FirstNet in Kooperation mit AT&T in den Vereinigten Staaten von Amerika. Hier errichtet das private Mobilfunkunternehmen unter Aufsicht von FirstNet ein Netz für BOS-Dienste.<sup>25</sup> In Kapitel 5 stellen wir die Entwicklung von FirstNet detaillierter dar.

Für digitale BOS-Dienste ist die Nutzung von Frequenzen unterhalb von 1 GHz unabdingbar, da diese eine notwendige Gebäudedurchdringung gewährleisten und die eine kosteneffiziente funktechnische Versorgung auch ländlicher Räume ermöglichen. Idealerweise sind dafür aus Sicht der BOS bestehende Standorte der BDBOS nutzbar, um künftig Netzinfrastrukturkosten zu vermeiden und einen schnellen Aufbau zu realisieren. In einer Studie für BDBOS hat TÜVIT (TÜV NORD GROUP) einen Frequenzbedarf von 60 MHz mit Blick auf das UHF-Band ermittelt.<sup>26</sup>

### 3.3 Private Funknetze – PMR

In Deutschland werden neben den BOS-Diensten auch Betriebs- und Bündelfunkdienste unter der Kategorie „Professioneller Mobilfunk“ (PMR) gefasst. Der Betriebsfunk ist zur innerbetrieblichen Übertragung von Sprach- und Datennachrichten in einem fest abgegrenzten Gebiet ausgelegt und wird über ein Funknetz aus einer oder mehreren Landfunkstellen realisiert.<sup>27</sup>

---

<sup>22</sup> Siehe <https://www.ericsson.com/en/cases/2020/next-generation-public-safety-networks-erillisverket>, zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>23</sup> Siehe <https://www.gov.uk/government/publications/the-emergency-services-mobile-communications-programme/emergency-services-network>, zuletzt abgerufen am: 17.12.2022.

<sup>24</sup> Siehe <https://urgentcomm.com/2021/10/15/uk-plans-to-start-public-safety-mass-transition-from-airwave-to-esn-in-first-half-of-2024/>, zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>25</sup> Siehe hierzu [Nationwide Broadband For First Responders & Public Safety at FirstNet](#), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>26</sup> Siehe hierzu [https://www.bdbos.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/220511\\_frequenzbedarfsstudie.pdf;jsessionid=29979EBD1E992B04305F30AEB1865C20.2\\_cid378?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bdbos.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/220511_frequenzbedarfsstudie.pdf;jsessionid=29979EBD1E992B04305F30AEB1865C20.2_cid378?__blob=publicationFile&v=4), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>27</sup> Siehe [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/Verwaltungsvorschriften/VVnoemL.pdf;jsessionid=B6B3F4C78FDCC1433BEC06694B807649?\\_\\_blob=publicationFile&v=22](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Verwaltungsvorschriften/VVnoemL.pdf;jsessionid=B6B3F4C78FDCC1433BEC06694B807649?__blob=publicationFile&v=22), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

Bündelfunkdienste sind vor allem auf die innerbetriebliche Gruppenkommunikation ausgerichtet, beispielsweise auf Gruppenrufe, Push-to-Talk und die Leitstellenfunktion zur regionalen Nutzung.<sup>28</sup> Zur Umsetzung der Bündelfunkdienste werden aktuell Standards wie TETRA (Terrestrial Trunked Radio) oder DMR (Digital Mobile Radio) primär eingesetzt. Der PMR-Funk (PMR = Private Mobile Radio) wird aufgrund seiner einfachen und kostengünstigen Betriebsweise von Marktteilnehmern geschätzt.<sup>29</sup> Wesentlich für die Nutzer ist auch die eigene Kontrolle über das jeweilige Funknetz. Allerdings sind diese Technologien hinsichtlich der realisierbaren Bandbreite limitiert, weshalb an 3GPP-basierten Kombinationsmöglichkeiten, zum Beispiel über LTE, gearbeitet wird.

PMR-Netze waren in der Vergangenheit ebenso wie BOS auf Sprachkommunikation und Kurznachrichten beschränkt. Mit 5G eröffnet sich der Möglichkeitsraum, auch umfangreiche Datenmengen wie z. B. für Videos zu übertragen. Neue Systemlösungen und entsprechende Produkte wie Handsets, die auch sprachbasierten Anforderungen (z. B. Gruppenruf) integrieren, werden bereits am Markt angeboten. Die Entwicklung wird hierbei auch durch 5G-BOS international vorangetrieben. Ursächlich hierfür ist die höhere Nachfrage im Bereich BOS und eine frühere Adaption derartiger 5G-Systeme aufgrund staatlich bereitgestellter finanzieller Mittel.

Im ECC-Report (2019)<sup>30</sup> wird die zukünftige Nutzung der 400-MHz-Frequenzen für PMR untersucht. Dabei wird festgestellt, dass zunehmend mehr Dienste in diesem Bereich über LTE umgesetzt werden könnten. Die Entwicklungen bei der Spezifizierung von 5G durch 3GPP seit Release 12 (siehe hierzu auch Kapitel 3.2) liegen demnach in einer besseren Abdeckung, geringeren Komplexität und mehr Potenzial für Skalierbarkeit.

Wie bereits erwähnt, sind Netzfunktionalitätsbedarfe ähnlich gestaltet wie bei 5G-BOS-Diensten. FirstNet, die gemeinsam mit AT&T eine Plattform insbesondere auch für BOS-Dienste betreiben, entwickeln derartige 5G-Lösungen für den drahtlosen Kommunikationsbedarf für kritische Anwendungen und offerieren diese auch an Dritte im öffentlichen und privaten Sektor.<sup>31</sup> Mit den sich entwickelnden Systemlösungen und komfortablen, vielseitigen Nutzungsmöglichkeiten ist zu erwarten, dass 5G-PMR-Lösungen zunehmend das Interesse von PMR-Nutzern wecken, die aktuell noch TETRA-Lösungen nutzen.<sup>32</sup>

---

<sup>28</sup> Siehe [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/Verwaltungsvorschriften/VVBuefu.pdf;jsessionid=B6B3F4C78FDCC1433BEC06694B807649?\\_\\_blob=publicationFile&v=9](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Verwaltungsvorschriften/VVBuefu.pdf;jsessionid=B6B3F4C78FDCC1433BEC06694B807649?__blob=publicationFile&v=9), zuletzt abgerufen am: 17.12.2022.

<sup>29</sup> Vgl. <https://www.kellner-telecom.de/leistungen/funkanlagen/pmr-funk/?msckid=d57a24a5b58b11ecbefc040847bcf82f>, zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>30</sup> Siehe dazu ECC Report 292, Current Use, Future Opportunities and Guidance to Administrations for the 400 MHz PMR/PAMR frequencies (2019), abrufbar unter: <https://docdb.cept.org/download/1372>, zuletzt abgerufen am: 17.12.2022. S. 19.

<sup>31</sup> Siehe hierzu [FirstNet Push-To-Talk - Product Brief](#), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>32</sup> Siehe hierzu auch <https://www.ericsson.com/en/portfolio/cloud-software--services/cloud-communication/mission-critical-applications>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

Für den Betriebsfunk stehen aktuell Frequenzen in dem Bereich 440 – 470 MHz zur Verfügung.<sup>33</sup> Bündelfunkfrequenzen sind insbesondere im Bereich 410 – 4430 MHz angesiedelt. Zukünftig wird sich die Nachfrage des Betriebs- und Bündelfunks auch aufgrund der Ausbreitungseigenschaften auf diese Frequenzlagen fokussieren. Dieser Bereich könnte auch für die Erweiterung von kritischen Funkanwendungen, die im Bereich 450 MHz realisiert werden, von hohem Nutzungsinteresse sein. Die angeführten Frequenzbereiche könnten diesbezüglich zur Kapazitätserweiterung genutzt werden.

### 3.4 Rundfunk

Rundfunk ist ein linearer Informations- und Kommunikationsdienst. Gegenwärtig wird das UHF-Band nahezu umfänglich für die Übertragung linearer TV-Programme über DVB-T2 (primär) genutzt.<sup>34</sup>

Die Rundfunksender versprechen sich von 5G lineare und nichtlineare TV-Inhalte über das Netz eines 5G-Mobilfunknetzbetreibers mit bis zu 70 Kilometern Reichweite pro Standort bei Nutzung von Frequenzen in niedrigen Frequenzlagen zu verbreiten. Ziel ist ein Broadcast-Angebot, welches universell als Free-to-Air-Zugang verfügbar ist, d. h. ohne Anmeldung bei einem Diensteanbieter oder Netzbetreiber, eine höhere Skalierbarkeit sowie eine Realisierung zu vergleichsweise geringen Kosten bietet.<sup>35</sup> Aus Sicht der ORF Group (Rundfunksender in Österreich), die derzeit ein 5G-Broadcast-Testnetz (basierend auf dem Standard 3GPP Further evolved Multimedia Broadcast Multicasting Service (FeMBMS)) in Wien errichten und testen, bietet 5G-Broadcast zahlreiche Vorteile und Chancen.<sup>36</sup>

---

<sup>33</sup> Daneben stehen für Betriebsfunk die folgenden Bereiche zur Verfügung 34,75 - 34,95 MHz, 68 - 87,5 MHz, 146 - 156 MHz, 156 - 174 MHz.

<sup>34</sup> Goldmedia, Fraunhofer IIS (2021): PERSPEKTIVEN ZUR NUTZUNG DES UHF-BANDS 470-694 MHz NACH 2030, Studie im Auftrag der Bundesnetzagentur, Kapitel 2.3, verfügbar unter [StudieZukunftUHFBand.pdf \(bundesnetzagentur.de\)](#), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>35</sup> Siehe <https://www.ors.at/5g-broadcast/technologie-dahinter/>, zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>36</sup> Siehe hierzu <https://www.ors.at/5g-broadcast/technologie-dahinter/>, zuletzt abgerufen am 17.12.2022.



Abbildung 2: Chancen von 5G-Broadcasting

Chancen von 5G-Multicast-Broadcasting
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5G-Broadcast ermöglicht lineares Fernsehen auf mobilen Endgeräten wie Smartphones und Tablets.</li> <li>• So können gleichzeitig unlimitiert viele Nutzer/innen erreicht werden – es gibt keine übermäßige Netzauslastung sowie Qualitätsverlust wie beim Streaming.</li> <li>• Rundfunkveranstalter können ihre Kundinnen und Kunden weiterhin direkt, diskriminierungsfrei und kostengünstig erreichen.</li> <li>• Der Konsum von linearen TV- oder Radio-Angeboten verbraucht kein Datenvolumen.</li> <li>• Bei Live-Übertragungen von Großveranstaltungen entlastet der neue Übertragungsstandard die Mobilfunknetze.</li> <li>• 5G-Broadcast hat weitreichende Potentiale für die Medienindustrie, z. B. im Bereich In-Car-Entertainment bei selbstfahrenden Autos.</li> <li>• In einem autarken 5G-Broadcast-Netz ist in Katastrophen- und Krisenzeiten die Informationsübermittlung für TV und Radio sowie mobile Endgeräte sichergestellt.</li> </ul>

Quelle: ors Group

Sowohl in Deutschland als auch in vielen anderen europäischen Ländern haben bereits intensive Tests von 5G-Broadcast stattgefunden bzw. befinden sich noch in der Umsetzungsphase. Zur Erprobung der Rundfunkübertragung hat der BR (Bayrische Rundfunk) zusammen mit weiteren Partnern wie Telefónica bereits 2019 ein 5G-Testfeld in Betrieb genommen. Grundlage für die Übertragung ist der „Further evolved Multimedia Broadcast Multicast Service“ (FeMBMS), der BR-TV-Inhalte über sehr große Radien bis zu 60 Kilometern und im Kanal 56 (bei 754 MHz) überträgt.<sup>37</sup> Ähnliche Tests werden auch vom ors in Österreich, der dabei insbesondere DVB-T2 mit 5G-Broadcast vergleicht<sup>38</sup>, sowie in Barcelona<sup>39</sup> durchgeführt.

Auch mit Blick auf die Produktion von TV-Inhalten kann 5G einen wesentlichen Mehrwert bieten.<sup>40</sup> Gemeinsam erproben die Deutschen Telekom und RTL Deutschland, inwieweit sich hochwertige Live-Video-Formate über 5G übertragen lassen und den Produktionsprozess dabei deutlich vereinfachen können. Geplant ist dafür der Einsatz von Network Slicing, insofern, als dass ein eigener virtueller Slice im Netz Journalisten eine zugesicherte Bandbreite ermöglicht, um live datenintensive Videos vor Ort übertragen zu können. Die Übertragung könnte über den garantierten Slice auch dann ermöglicht werden,

<sup>37</sup> Vgl. <https://www.br.de/unternehmen/inhalt/technik/5g-testfeld-inbetriebnahme-100.html>, zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>38</sup> Vgl. <https://www.ors.at/5g-broadcast/testbetrieb-oesterreich/>, zuletzt abgerufen am: 17.12.2022.

<sup>39</sup> Vgl. [First End-to-End Live 5G Broadcast at MWC Barcelona 2022 with Qualcomm and Rohde & Schwarz | Microwave Journal](#), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>40</sup> Siehe hierzu auch <https://5g.co.uk/guides/5g-tv/>, zuletzt aufgerufen 17.12.2022.

wenn das öffentliche Mobilfunknetz überlastet ist.<sup>41</sup> Nachdem sich die BBC zur Übertragung und Produktion von TV-Inhalten über 5G in Großbritannien in einem White Paper mit beiden Themenschwerpunkten beschäftigt hat,<sup>42</sup> gibt es mittlerweile auch in Großbritannien erste Feldversuche mit 5G-Broadcast.

Nachfolgende Abbildung 3 benennt 5G-Broadcast-Feldversuche in Europa (Stand: Juni 2022) und listet die Mitglieder der 5G Media Action Group<sup>43</sup>.

Abbildung 3: 5G-Broadcast-Feldversuche und die 5G Media Action Group



Quelle: orsgroup<sup>44</sup>

Der Frequenzbedarf für 5G-Broadcasting lässt sich derzeit noch nicht abschätzen, da der Standard und dessen Effizienz noch in der Entwicklung ist. Das institutionelle Arrangement, nach dem dieser Dienst bereitgestellt werden soll, ist noch nicht geklärt. Allerdings ist zu erwarten, dass die Befürworter dieser Anwendungen bestrebt sein werden, 5G-Broadcasting zur Marktreife zu führen, sodass über einen räumlich weitverbreiteten Mobilfunkstandard Rundfunkprogramme nahezu überall auf mobilen Endgeräten verfügbar gemacht werden könnten. Die erwartete Erhöhung der Vielfalt der Angebote, die höhere Effizienz und die räumlich weitergehende Verbreitung des Dienstes auf eine Vielzahl von

41 Vgl. [https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/5g-standalone-vereinfacht-tv-produktionen-648234#:~:text=Telekom%20und%20RTL%20entwickeln%205G%20Standalone%20L%C3%B6sung%20f%C3%BCr%20Live%20Video%20Produktionen&text=K%C3%BCnftig%20k%C3%B6nnen%20Journalist\\*innen%20Live%20Inhalten%20im%205G%20Standalone%20Netz.](https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/5g-standalone-vereinfacht-tv-produktionen-648234#:~:text=Telekom%20und%20RTL%20entwickeln%205G%20Standalone%20L%C3%B6sung%20f%C3%BCr%20Live%20Video%20Produktionen&text=K%C3%BCnftig%20k%C3%B6nnen%20Journalist*innen%20Live%20Inhalten%20im%205G%20Standalone%20Netz.), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

42 Siehe dazu, <http://downloads.bbc.co.uk/rd/pubs/whp/whp-pdf-files/WHP360.pdf>, zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

43 Siehe <https://www.5g-mag.com/>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

44 Siehe [https://www.spectrum-summit.com/fileadmin/content/sum/presentations/5G\\_Broadcast\\_the\\_Next\\_Generation\\_of\\_Terrestrial\\_Television\\_and\\_Radio\\_Michael\\_Wagenhofer.pdf](https://www.spectrum-summit.com/fileadmin/content/sum/presentations/5G_Broadcast_the_Next_Generation_of_Terrestrial_Television_and_Radio_Michael_Wagenhofer.pdf), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022

Endgeräten sind somit der Treiber bzw. die Motivation für die Entwicklung von 5G-Broadcasting.

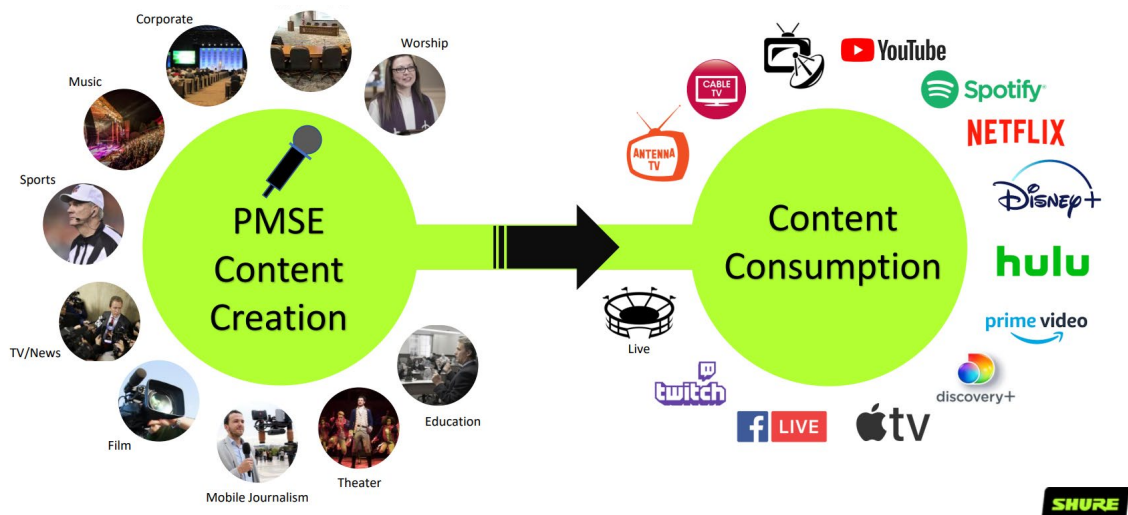
Die zukünftige Nachfrage nach Frequenzen von Rundfunk wird sich voraussichtlich aufgrund der Ausbreitungseigenschaften und bestehender Netzinfrastrukturen primär auf das UHF-Band konzentrieren.

### 3.5 PMSE

Unter PMSE (Programme Making and Special Events) werden Funkdienste verstanden, die Ton- und Bildübertragung bei Veranstaltungen und Programmerstellung, insbesondere auch bei der Produktion von Filmen und Serien für die Streaming-Plattformen ermöglichen. Prominente Großevents bei denen PMSE zum Einsatz kommt, sind die olympischen Spiele, Fußball-WMs, Internationale Auto Ausstellung (IAA) und Mammutfestivals wie Rock am Ring. Ein weiteres Beispiel ist der Einsatz von drahtlosen Mikrofonen insbesondere in einer Veranstaltungslotation, z. B. in Theatern, ebenso wie die Nutzung in Kirchen und Schulen.

Nachfolgende Abbildung 4 verdeutlicht, wie PMSE zur Schaffung von Inhalten für unterschiedliche mediale Distributionsplattformen beiträgt.

Abbildung 4: Generierung von Inhalten für Mediaplattformen durch PMSE



Quelle: SHURE<sup>45</sup>

In der Kreativwirtschaft werden drahtlose Technologien bereits seit Jahren eingesetzt. Die verwendeten Geräte haben sich permanent weiterentwickelt, um den steigenden Anforderungen gerecht zu werden. Im Zuge der immer stärker ansteigenden Nutzung ist

<sup>45</sup> Verfügbar unter [14\\_SHURESub700MHz\\_workshop\\_30032022\\_j34R4wnLQtFveYT7rTipP\\_dpQV7s\\_85713.pdf](https://www.shure.com/de-DE/resources/whitepapers/14_SHURESub700MHz_workshop_30032022_j34R4wnLQtFveYT7rTipP_dpQV7s_85713.pdf), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

auch die Verwaltung der Geräte und die Zuweisung entsprechenden Frequenzspektrums komplexer geworden. Die PMSE-Branche ist bestrebt, verfügbare technische Neuerungen auch selbst zu nutzen und Besuchern von Großevents zur Verfügung zu stellen, um die individuelle Erlebnisvielfalt zu steigern.

Bereits seit einiger Zeit werden daher 3GPP-Technologien erprobt, u. a. mit der Zielsetzung, die Kosten zu senken und weitere Anwendungsmöglichkeiten zu generieren. Im Fokus der weiteren Nutzung stehen auch nichtöffentliche Netze (z. B. über Stand-alone-Netze), die eine bessere Dienstqualität versprechen.<sup>46</sup> Die Erprobung von PMSE-Anwendungen mittels 3GPP-Technologien wie 4G oder 5G wird bereits seit längerem vorangetrieben. In einem 2017 veröffentlichten White Paper zu PMSE und 5G, das von Herstellern,<sup>47</sup> Chipproduzenten und Forschungseinrichtungen, kofinanziert vom Verkehrsministerium, erstellt wurde, werden Lösungen und potenzielle Anwendungsfälle vorgestellt.<sup>48</sup> Ein Anwendungsfall ist beispielsweise eine Live-Audio-Performance, die hohe Anforderungen an Latenzzeiten mit sich bringt, da sehr viele Audiosignale der Künstler von den Mikrofonen hin- und zurückgesendet werden müssen. Ein weiteres Beispiel sind Konferenzsysteme, bei denen ebenfalls eine niedrige Latenz von hoher Bedeutung ist. Um diese steigenden Anforderungen zu erfüllen, kann der Einsatz von 5G für diese Dienste hilfreich sein. Grundsätzlich hat PMSE hohe Anforderungen an die Frequenzeffizienz, es erfordert eine hohe Audioqualität, eine hohe Gewährleistung der Übertragungssicherheit und eine ultrageringe Latenz.

Darüber hinaus gibt es bereits Untersuchungen in Finnland zur gemeinsamen Frequenznutzung zwischen drahtlosen PMSE-Kameras sowie LTE-Netzen im 2,3 GHz-Frequenzband. Diese Untersuchungen sollen insbesondere dazu dienen, Interferenzen zu vermeiden und aus den Erkenntnissen Ableitungen für die Frequenzplanung zu eruiieren.<sup>49</sup> Ein vergleichbares Projekt wurde ebenfalls vor einigen Jahren in Italien durchgeführt.<sup>50</sup>

Der „Lamy-Bericht“<sup>51</sup> der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2014 sieht 96 MHz für die tägliche Nutzung als notwendig an. Diese tägliche Frequenznutzung berücksichtigt jedoch keine besonderen Ereignisse wie Meisterschaften, Wahlen und andere

---

<sup>46</sup> Siehe [https://www.3gpp.org/ftp/Information/Highlights/2021\\_Issue03/files/downloads/Highlight\\_Issue\\_3\\_final\\_web.pdf](https://www.3gpp.org/ftp/Information/Highlights/2021_Issue03/files/downloads/Highlight_Issue_3_final_web.pdf), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>47</sup> Sennheiser als weltweiter Hersteller ist besonders aktiv im Bereich PMSE und 5G. Siehe dazu auch, [https://tech.ebu.ch/docs/events/webinar2020\\_5GCP/presentations/EBUWebinar5GCP\\_Perez\\_Guirao\\_Audio\\_PMSE\\_and\\_5G.pdf](https://tech.ebu.ch/docs/events/webinar2020_5GCP/presentations/EBUWebinar5GCP_Perez_Guirao_Audio_PMSE_and_5G.pdf), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>48</sup> Siehe dazu, White Paper PMSE and 5G (2017), abrufbar unter: [http://www.pmse-xg.research-project.de/Ressources/White%20Paper/PMSE-xG\\_White\\_Paper\\_v1p01.pdf](http://www.pmse-xg.research-project.de/Ressources/White%20Paper/PMSE-xG_White_Paper_v1p01.pdf), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>49</sup> Vgl. [https://www.researchgate.net/publication/350200292\\_Shared\\_Spectrum\\_Access\\_between\\_PMSE\\_Cameras\\_and\\_Private\\_LTE\\_Networks\\_in\\_the\\_23\\_GHz\\_Band](https://www.researchgate.net/publication/350200292_Shared_Spectrum_Access_between_PMSE_Cameras_and_Private_LTE_Networks_in_the_23_GHz_Band), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>50</sup> Siehe [https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Report\\_LSA\\_05\\_rev.pdf](https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Report_LSA_05_rev.pdf), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>51</sup> Verfügbar unter [https://www.rtr.at/TKP/was\\_wir\\_tun/telekommunikation/spectrum/PascalLamysReportonthefutureuseoftheUHFband.pdf](https://www.rtr.at/TKP/was_wir_tun/telekommunikation/spectrum/PascalLamysReportonthefutureuseoftheUHFband.pdf), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

Großveranstaltungen.<sup>52</sup> Dazu bedürfte es im Bedarfsfall ggf. der Nutzung weiterer Frequenzen. PEARLE (Live Performance Europe)<sup>53</sup> im Verbund mit der Wider Spectrum Group bekunden als Interessenvertretung der PMSE-Stakeholder einen zunehmenden Bedarf an Frequenzen.<sup>54</sup>

Aktuell wird PMSE insbesondere auch im UHF-Band neben dem terrestrischen Rundfunk genutzt. Auch mit Blick auf die Zukunft wird von den PMSE-Stakeholdern ein Bedarf in dieser Frequenzlage angeführt.

### 3.6 Konfliktlinien

Die oben genannten Akteure nutzen aus historischen Gründen unterschiedliche Technologien und (meist auch unterschiedliche) Funkfrequenzen. Eine Konkurrenzsituation bestand insoweit in der Vergangenheit nicht. Die technologischen Veränderungen mit 5G und eine sich verändernde Nachfrage im Bereich des Massenmarkts und der Unternehmen, welche spezifische Funkdienste nachfragen, führt nun dazu, dass Konkurrenzsituationen entstehen, insbesondere mit Blick auf Frequenzen, die zukünftig für 5G-Anwendungen nutzbar sind. Dies gilt gerade bei der Nutzung von Funkfrequenzen, deren Widmung ausläuft.

#### *Exemplarische Darstellung der Konfliktsituation anhand des UHF-Bandes*

Die Frequenzen des UHF-Bandes stehen zukünftig für eine Neuzuteilung zur Verfügung. Das 600-MHz-Band macht mehr als ein Drittel der Kapazität des UHF-Bandes aus. Auf einer der nächsten Weltfunkkonferenzen könnte die Möglichkeit für eine 5G-Nutzung eröffnet werden.<sup>55</sup> Der Frequenzbereich ist aufgrund der Frequenzlage frequenzökonomisch und betriebswirtschaftlich für eine Vielzahl an Stakeholdern und deren Dienste besonders attraktiv. Der zukünftige individuelle Bedarf zur exklusiven Nutzung dieser Frequenzen von Seiten der Stakeholder übersteigt nach Berechnungen von Goldmedia/Fraunhofer IIS (2021) den Umfang der verfügbaren Frequenzen.<sup>56</sup>

<sup>52</sup> Siehe hierzu auch [14\\_SHURESub700MHz\\_workshop\\_30032022\\_j34R4wnLQtFveYT7rTipP-dpQV7s\\_85713\(1\).pdf](#), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>53</sup> Pearle\*-Live Performance Europe ist der Verband zur Vertretung der Live-Event-Branche in Europa und ist auch als europäischer Arbeitgeber Verband anerkannt. 686.392 Unternehmen in der EU-27 807.760 Unternehmen einschließlich Großbritannien und EFTA-Länder sind Mitglied in diesem Verband. (Siehe hierzu <https://www.pearle.eu>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>54</sup> Siehe hierzu <https://widerspectrum.org/wp-content/uploads/Declaration-of-the-Wider-Spectrum-Group-Vfinal2.pdf>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>55</sup> Siehe hierzu [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/oth/0c/0a/R0C0A00000D0041PDFE.pdf#:~:text=to%20recommend%20to%20the%20Council%20that%20a%20WRC,flux-density%20criteria%20in%20No.%205.441Bin%20accordance%20with%20Resolution](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0c/0a/R0C0A00000D0041PDFE.pdf#:~:text=to%20recommend%20to%20the%20Council%20that%20a%20WRC,flux-density%20criteria%20in%20No.%205.441Bin%20accordance%20with%20Resolution), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>56</sup> Vgl. Goldmedia, Fraunhofer IIS (2021): Perspektive zur Nutzung des UHF-Bands 470-694 nach 2030, S. 6 verfügbar unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/Studien/StudieZukunftUHF-Band.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Studien/StudieZukunftUHF-Band.pdf?__blob=publicationFile&v=2); Tabelle 1 und Tabelle 18, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

Tabelle 1: (Potenziell) relevante Dienste und Dienstebetreiber für den UHF-Frequenzbereich 470 – 694 MHz<sup>57</sup>

Dienste / Dienstebetreiber	Bedarf an Frequenzen
<b>Terrestrisches Fernsehen / Öffentlich-rechtlicher Rundfunk</b>	Erhalt des Status quo mit Vollzugriff auf den Frequenzbereich 470 – 694 MHz zur Übertragung von DVB-T2 zur Aufrechterhaltung eines kostenfreien und resilienten TV-Empfangsweges ohne Satellitenschüssel und als Basis für eine schrittweise Einführung von 5G-Broadcast
<b>Terrestrisches Fernsehen / Free-net TV/Media Broadcast</b>	Erhalt des Status quo mit Vollzugriff auf den Frequenzbereich 470 – 694 MHz zur Übertragung von DVB-T2
<b>Öffentlicher Mobilfunk / Mobilfunknetzbetreiber</b>	Zuweisung von möglichst viel Spektrum oder des gesamten Spektrums aus dem TV-UHF-Band für den öffentlichen Mobilfunk, um u. a. Datenraten im ländlichen Raum zu erhöhen bzw. autonomes Fahren besser zu unterstützen
<b>Funkdienste für Public Protection und Disaster Relief (PPDR) / Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, Katastrophenschutz (BOS-Funk) /Militär</b>	Zuweisung von 60 MHz Spektrum im TV-UHF-Band zur Umsetzung breitbandiger Funkdienste auf eigenen Netzinfrastrukturen für BOS-Anwendungen (v. a. im Bereich Videoübertragung) und für die zivil-militärische Kommunikation
<b>Gesonderter militärischer Bedarf</b>	Dringender Sockelbedarf und langfristig wachsender Bedarf von in Summe 100 MHz für taktisch-mobile militärische Anwendungen im Rahmen von Ausbildung, multinationalen Übungen und Versorgung von in Deutschland stationierten Einheiten der NATO-Partner (Host Nation Support)
<b>Funkdienste für Programme Making and Special Events (PMSE) / Veranstalter und Dienstleister im Bereich Veranstaltungstechnik, Rundfunkveranstalter</b>	Aufrechterhaltung der aktuellen Mitnutzungsoptionen von bis zu 170 MHz im TV-UHF-Band und Erweiterung der Nutzungsmöglichkeiten in anderen Bändern unterhalb von 2 GHz für Großveranstaltungen

Quelle: Goldmedia/Fraunhofer IIS

Gegenwärtig ist dieser Frequenzbereich nahezu umfänglich für die Übertragung linearer TV-Programme über DVB-T2 zur primären Nutzung zugeteilt. PMSE, Windprofiler und Radioastronomie sind die Sekundärnutzer dieser Frequenzen.<sup>58</sup> Mit Blick auf die Zukunft stellt sich die Frage, ob die gegenwärtigen Frequenzuteilungen Bestand haben werden. Insbesondere die Nutzung durch DVB-T2 bis hin zur gänzlichen Abschaltung von DVB-T2 steht zur Disposition.<sup>59</sup> Folgt man dieser Sichtweise, so würde ein merklicher Umfang

<sup>57</sup> Vgl. Goldmedia/Fraunhofer IIS (2021) a.a.O., Tabelle 1 und Tabelle 18.

<sup>58</sup> Details hierzu in [https://www.bdbos.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/220511\\_frequenzbedarfsstudie.pdf;jsessionid=29979EBD1E992B04305F30AEB1865C20.2\\_cid378?\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bdbos.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/220511_frequenzbedarfsstudie.pdf;jsessionid=29979EBD1E992B04305F30AEB1865C20.2_cid378?_blob=publicationFile&v=4), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022, dort in Tabelle 3 und Tabelle 4.

<sup>59</sup> In Deutschland wird DVB-T2 im Vergleich zu anderen Empfangsarten bspw. über Satellit und Kabel vergleichsweise wenig genutzt (ca. 2,4 Mio. bzw. 6,3 Prozent der TV-Haushalte (2020) nutzen DVB-T2). Die Nutzung von DVB-T2 nimmt über die Zeit stetig ab und ist häufig nur ein nachrangiger TV-Empfang vor allem über Zweitgeräte. Zudem gibt es einen zunehmenden Trend hin zur Nutzung von nichtlinearen Video- bzw. Fernsehprogrammen insbesondere bei den jüngeren Menschen. Ferner ist davon auszugehen, dass mit dem Ausbau von Glasfaserinfrastrukturen Ende 2030 nahezu alle



an Frequenzen für andere Stakeholder wie PMSE, öffentlicher Mobilfunk, PMR, BOS und Bundeswehr (militärische Nutzung im Rahmen von Ausbildung, multinationalen Übungen und der Versorgung von in Deutschland stationierten Einheiten der NATO-Partner), 5G-Broadcast zur Verfügung stehen. Es ist davon auszugehen, dass die von diesen Stakeholdern zukünftig nachgefragten Dienste vielfach perspektivisch über 5G realisiert und am Markt angeboten werden können. Sofern auf der WRC-23<sup>60</sup> oder aber spätestens auf der nachfolgenden WRC-27 eine koprimäre Nutzung durch derartige Mobilfunkanwendungen ermöglicht würde, eröffnet sich damit ein auszuschöpfender Möglichkeitsraum für die Frequenzregulierung. In dieser Konstellation stellt sich die Frage, ob es einen Lösungsansatz gibt, diesen Frequenzzuteilungskonflikt zwischen den Interessenten an der Nutzung dieser Frequenzen zu vermeiden.

#### 4 Lösungsansätze für den sich abzeichnenden Frequenzzuteilungskonflikt – Funknetzplattformen

Ein zu erwägender Lösungsansatz wäre eine Funknetzplattform. Ein Betreiber bzw. Konsortium erhielte das gesamte Spektrum in einem Ausschreibungsverfahren bundesweit mit der Auflage zugeteilt, dass dieser auf Nachfrage in der Fläche Kapazitäten an die Wettbewerber bzw. Dienstenachfrager zur Verfügung stellt. Ein derartiges Betreibermodell wurde von der Bundesnetzagentur bei der anstehenden Zuteilung der 800 MHz für diesen Frequenzbereich erwogen (Szenario 3).<sup>61</sup> In den Kommentierungen des Szenariopapiers wird dieses Modell von den Mobilfunknetzbetreibern mit Blick auf die 800-MHz-Frequenzen hinsichtlich einer Plattform in weniger dicht besiedelten Gebieten für den drahtlosen Netzzugang abgelehnt.<sup>62</sup> Gleichwohl könnte ein solches Modell, das auch als Funknetzplattform bezeichnet werden kann, insbesondere für die Berücksichtigung der Bedarfe von Unternehmen, welche spezifische Dienste anbieten, mit Blick auf andere Frequenzbereiche wie das UHF-Band interessant sein.

Eine Funknetzplattform wird von einem Netzbetreiber betrieben, der eine Vielzahl von Funkdiensten, die über die ihm zugeteilten Frequenzen und seine errichtete Infrastruktur generiert werden, Dritten zur Verfügung stellt. Dies kann in Form von Wholesale- oder

---

Haushalte die Möglichkeit haben, lineares Fernsehen an einem festen Standort über Kabel, Breitband- oder aber Satellit zu nutzen. Hingegen kann terrestrisches Fernsehen auch aktuell nicht überall in der Bundesrepublik empfangen werden, insbesondere nicht ausschließlich durch Zimmerantennen. Zur Verfügbarkeit siehe <https://www.dvb-t2hd.de/regionen>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022) Zudem erscheint 5G-Broadband perspektivisch aufgrund einer mittelfristig zu erwartenden höheren frequenztechnischen Effizienz, vielfältigeren Möglichkeiten und einer leichter realisierbaren weitergehenden räumlichen Verfügbarkeit in der Bundesrepublik Deutschland durch Nutzung der Netzinfrastruktur der Mobilfunknetzbetreiber potentiell als ein besseres Substitut im Vergleich zu DVB-T2 und somit die meritische Empfangsart zu sein.

<sup>60</sup> WRC-Agenda verfügbar unter: <https://www.itu.int/wrc-23/wrc-23-agenda/>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>61</sup> Verfügbar unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/Szenariopapier2021.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/Szenariopapier2021.pdf?__blob=publicationFile&v=1), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>62</sup> Siehe beispielsweise die Stellungnahme der Deutschen Telekom, S. 32 ff bzw. Stellungnahme der Vodafone, S. 8ff (verfügbar unter: [Bundesnetzagentur - Mobiles Breitband](#) zuletzt aufgerufen am 17.12.2022).

Retail-Diensten erfolgen. Synergien durch eine gemeinsame Frequenz- und Netznutzung können hierbei in hohem Maße realisiert werden. Das Dienstportfolio würde umfangreich über eine Plattform bereitgestellt und angeboten, wobei die Frequenzen gemeinsam genutzt würden.

Ein Funktionieren eines derartigen Modells setzt voraus, dass die Verträge über die Bereitstellung der Funkdienste zwischen dem Plattformbetreiber und den Nachfragern der Funkdienste für beide Seiten sowohl mit Blick auf die Key-Performance-Indikatoren<sup>63</sup> der Dienste als auch preislich für alle Vertragsparteien adäquat ausgestaltet werden. Regulatorische bzw. wettbewerbliche Vorgaben erscheinen mit Blick darauf potentiell geboten.

### *Singuläre Plattform für digitale Funkdienste*

Sofern es lediglich einen Plattformbetreiber gäbe, würden diesem Frequenznutzungsrechte im UHF-Band (militärische Nutzung wird hier zunächst ausgeklammert) umfangreich zugeteilt.<sup>64</sup> Mit dem Nutzungsrecht wäre zugleich die Möglichkeit bzw. die Auflage verbunden, 5G-BOS-Dienste, 5G-PMSE-Dienste, 5G-Broadcast – gemäß den regulatorischen Vorgaben und soweit am Markt erwünscht – sowie 5G-PMR-Dienste bereitzustellen. Hierzu wäre der Frequenzplan insoweit zu flexibilisieren, dass sämtliche angeführten Funkdienste bereitgestellt werden können. Wie weit die Vorgaben in Gestalt der Frequenznutzungsauflagen gehen, wäre im Detail zu erörtern. Hierbei ist insbesondere von Belang, inwieweit man, realistisch betrachtet, davon ausgehen kann, dass durch kommerzielle Verhandlungen der jeweiligen Vertragsparteien regulierungsökonomisch erwünschte Verträge resultieren oder ob es stattdessen zusätzlicher Frequenznutzungsauflagen bedarf.

Der Plattformbetreiber als Netzbetreiber würde sofern erforderlich über dienstspezifische Network Slices<sup>65</sup> innerhalb der Netzinfrastruktur die Funkdienste generieren. Abhängig von der Art des Dienstes wären spezifische Anwendungen, wie insbesondere BOS, zu priorisieren. Zudem wären Netzinvestitionen in die passive Infrastruktur notwendig, um den spezifischen Belangen spezifischer Funkdienste Rechnung (z. B. Schwarzfallsicherheit und Schutz der Standorte vor Vandalismus) zu tragen. Synergien mit Blick auf die Frequenznutzung wären im Rahmen einer derartigen Plattform realisierbar, da die Netzinfrastruktur gemeinsam genutzt wird und Frequenzen im Rahmen des Netzmanagements des Plattformbetreibers dynamisch nach Bedarf den jeweiligen Plattformdiensten (im Bedarfsfall über spezifische Slices) zugewiesen würden. Sofern in einem

---

<sup>63</sup> Mit Blick auf BOS sind hierbei insbesondere die folgenden Faktoren bedeutsam: extrem hohe Verfügbarkeit auch in Gebäuden, extrem hohe (Abhör-) Sicherheit, Redundanz und Resilienz im Falle von Vandalismus oder Naturkatastrophen, prioritäre Behandlung ggü. Anwendergruppen, zusätzlicher Kapazitätsbedarf im Falle von Großschadenslagen, leistungsfähige Uplink-Datenraten.

<sup>64</sup> Aufgrund der aktuellen politischen Entwicklungen gehen wir davon aus, dass für die militärische Nutzung zukünftig in dem UHF-Band separat Frequenzen zugeteilt werden. Aufgrund der Art der Nutzung insbesondere in nicht Kriegszeiten ist es jedoch nach Goldmedia/Fraunhofer IIS für PMSE grundsätzlich problemlos möglich, diese Frequenzen auch für ihre Belange quasi als Sekundärnutzer zu nutzen.

<sup>65</sup> Hierbei werden bestimmte Frequenzbereiche für die Nutzung von spezifischen 5G-Diensten mit den erforderlichen Spezifika zeitlich bzw. räumlich exklusiv bereitgestellt. Siehe hierzu [Einfach erklärt - Network Slicing | Deutsche Telekom](#), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.



Frequenzvergabeverfahren ein Mobilfunknetzbetreiber erfolgreich wäre, könnten bereits genutzte Standorte für die Generierung des öffentlichen Mobilfunks auch durch Funkstandorte der BOS und der aktuellen Netzbetreiber des Rundfunks ergänzt werden. Ferner könnten weitere Frequenzen, die für den drahtlosen Netzzugang diesen Mobilfunknetzbetreibern zugeteilt wurden, für die Bereitstellung der zuvor genannten Dienste genutzt werden (sofern dies frequenztechnisch und nach dem Frequenzplan und den ggf. zu modifizierenden Frequenznutzungsbedingungen möglich wäre). Die Bestimmung des Plattformbetreibers würde in einem objektiven, transparenten und diskriminierungsfreien Vergabeverfahren erfolgen, welches von der Bundesnetzagentur ausgestaltet und durchgeführt wird. Sofern BOS und Rundfunk (5G-Broadcast) Bestandteil des Dienstportfolios des Plattformbetreibers würden, wäre es wahrscheinlich sinnvoll eine Mit-(Nutzung) der Funkstandorte der BDBOS<sup>66</sup> und der Rundfunke zu vereinbaren. Die Netzabdeckung in der Fläche könnte damit schneller, kostengünstiger, ressourcenschonender und somit umweltfreundlicher erfolgen.

Die weiter oben indizierten digitalen Funkdienste nutzen die Frequenzen zeitlich und insbesondere auch räumlich unterschiedlich. Der unterschiedliche zeitliche und räumliche Bedarf der über die Plattform angebotenen Dienste ist die Grundlage für eine effizientere Frequenznutzung im Fall einer gemeinsamen Nutzung eines Frequenzbereichs.

In einer Grobskizzierung ergibt sich hinsichtlich des räumlichen Bedarfs der verschiedenen Dienste folgendes Bild.<sup>67</sup>

- *Öffentliche Mobilfunkdienste:* Aufgrund des Anstiegs der Datennachfrage werden die Mobilfunknetzbetreiber ihre Netze in Gebieten mit hoher Besiedlung verdichten. Hierbei kommen dann Frequenzen oberhalb von 1 GHz zum Einsatz, weil diese in einem größeren Umfang an MHz verfügbar sind. UHF-Frequenzen würden in Verbindung mit 700-MHz-, 800-MHz- und 900-MHz-Frequenzen in den Gebieten zur Erhöhung der Netzkapazität eingesetzt, in denen eine Netzverdichtung betriebswirtschaftlich nicht zu rechtfertigen ist.
- Derzeit verfügen die drei etablierten Mobilfunknetzbetreiber über 95 MHz (gepaart) unterhalb von 1 GHz.<sup>68</sup> Die Nutzung von UHF-Frequenzen wäre demnach vornehmlich in ländlichen Regionen.
- Der Frequenzbedarf von PMSE besteht vornehmlich in dichtbesiedeltem Gebiet insbesondere in Metropolregionen bzw. Ballungsgebieten. Zeitlich ad hoc besteht

---

<sup>66</sup> Siehe hierzu [https://www.bdbos.bund.de/DE/Home/home\\_node.html](https://www.bdbos.bund.de/DE/Home/home_node.html), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>67</sup> Vgl. hierzu auch Goldmedia/Fraunhofer IIS (2021).

<sup>68</sup> Zur Verteilung der Frequenzzuteilung an Mobilfunknetzbetreiber siehe [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/DrahtloserNetzzugang/Projekt2018/Frequenzen700bis3600.pdf.pdf.jsessionid=12F87F9A9DED29C954E776D033F6F9F0?\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/DrahtloserNetzzugang/Projekt2018/Frequenzen700bis3600.pdf.pdf.jsessionid=12F87F9A9DED29C954E776D033F6F9F0?_blob=publicationFile&v=5), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022

bei bestimmten Events an spezifischen Orten (z. B. Konzerte wie Wacken oder Rock am Ring, Weltwirtschaftsgipfel in Ilmenau) ein höherer Frequenzbedarf.

- Grundsätzlich hat BOS einen bundesweiten Bedarf, der als Grundbedarf insbesondere durch den Routinedienst von Polizei und Rettungshelfern bestimmt wird. Der konkrete Bedarf von BOS an hochbitratigen Diensten wie Videoübertragungen etc. ist häufig zeitlich nur in beschränkten Zeitfenstern und nur lokal. Die Orte variieren abhängig vom Ereignis (z. B. Katastrophenfall, Wohnhausbrand, größerer Verkehrsunfall).

### *Mehrere Plattformen für digitale Funkdienste*

Neben einer singulären Plattform ist ebenso denkbar, dass mehrere Plattformbetreiber Frequenzen in einem hinreichenden Umfang erhalten und dann jeweils die Plattform für unterschiedliche digitale Funkdienste darstellen, sofern der Umfang der verfügbaren Frequenzen und wettbewerbliche Belange dies als regulierungsökonomisch geboten erscheinen lassen. Inwieweit bestimmte spezifische Funkdienste wie beispielsweise 5G-Broadcast auch auf mehreren Plattformen präsent sein könnten oder sein sollten, wäre im Detail im Vorfeld der Frequenzvergabe zu erörtern.

In einer nachfolgenden SWOT<sup>69</sup>-Betrachtung werden nachfolgend einerseits Vorteile sowie Chancen und andererseits Nachteile und Risiken eines Funknetzplattformmodells indikativ angeführt.

### ***Vorteile und Chancen eines Betreiber- bzw. Funknetzplattformmodells***

- Ein Möglichkeitsraum für den vielfältigen Einsatz der Frequenzen für unterschiedliche digitalen Funkdienste wird geschaffen, damit sich ein 5G-Ökosystem entfalten kann, wobei spezifische Frequenzen für unterschiedliche Funkdienste gemeinsam genutzt werden können. Frequenzen könnten insbesondere auch regional von verschiedenen Funkdiensten genutzt werden.<sup>70</sup> Priorisierungen seitens des Plattformbetreibers wären ebenso möglich wie dynamische Network Slices mit dienstespezifischen Netzfunktionalitäten.
- Netzinvestitionen wären in signifikanter Höhe einsparbar. Die separate Errichtung eines nationalen digitalen BOS-Funknetzes würde mit Sicherheit Milliarden Euro kosten. Durch eine gemeinsame Nutzung der Infrastruktur für öffentlichen Mobilfunk oder spezifische 5G-Funkdienste würden erwartungsgemäß signifikante Investitionssummen eingespart.
- Der ökologische Footprint, der mit dem Ausbau von Funknetzen einhergeht, könnte minimiert werden, insbesondere dadurch, dass Standorte und andere Netzinfrastrukturelemente gemeinsam genutzt würden. (Keine Vervielfachung von

---

<sup>69</sup> Zum Verständnis siehe hierzu <https://de.wikipedia.org/wiki/SWOT-Analyse>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>70</sup> Allgemein zugeteilte Frequenzen, die in der Frequenznutzung in höheren Frequenzlagen angesiedelt sind und somit die Funkmasten eine geringere Reichweite haben, sind hierfür ein Beispiel.

Infrastruktur, im Sinne eines wirtschaftlichen Netzausbaus und im Sinne des Natur- und Klimaschutzes.)

- Frequenzen könnten effizienter genutzt werden. Die an Mobilfunknetzbetreiber zugeteilten Frequenzen werden beispielsweise nicht überall und zu jeder Zeit umfänglich genutzt und könnten somit auch durch andere Funkdienste umfänglicher genutzt werden, sodass bestehende Funkzellkapazitäten besser ausgelastet würden. In Folge würden die Kosten pro Nutzungseinheit sinken.
- Knappheit an Frequenzen und damit einhergehende Frequenzzuteilungskonflikte könnten aufgrund einer gemeinsamen Frequenznutzung weitgehend vermieden werden.
- Die betriebs- und volkswirtschaftlich wünschenswerten digitalen 5G-Funkdienste könnten im Markt durch Nutzung vielfältiger Synergien, beim Netzaufbau und in der Frequenznutzung, angeboten werden.
- Funknetzplattformen könnten der Treiber für den Übergang von analogen zu digitalen Funkdiensten werden.
- Nach Einschätzung von Fachleuten sind Interferenzprobleme im Rahmen einer integrierten Funknetzplattform leichter zu vermeiden als im Fall von unterschiedlichen dezidierten Netzen für singuläre Dienste.

### ***Nachteile und Risiken eines Betreiber- bzw. Funknetzplattformmodells***

Der Entwurf eines neuen Frequenzregulierungsregimes hat durchaus seine Herausforderungen für die Frequenzregulierungsbehörde.

- Die Ausgestaltung betriebs- und volkswirtschaftlich wünschenswerter Verträge zwischen Plattformbetreiber und Dienstinhaber mit Blick auf KPI-Indikatoren, zeitliche und räumliche Verfügbarkeit der jeweiligen Dienste zu angemessenen Preisen, kann durchaus komplex sein. Damit einher gehen sicherlich höhere administrative Kosten, im Vergleich zu dem Fall, in dem Frequenzsilos geschaffen werden und die Betreiber selbst die Dienste nutzen. Auch eine Einigung der Vertragsparteien ist nicht zwingend der Fall.
- Hinreichender Wettbewerb bzw. eine ausbalancierte Marktmacht von Nachfragern und Anbietern ist sicherlich erforderlich, wenn ohne regulatorische Eingriffe volkswirtschaftlich wünschenswerte Ergebnisse erzielt werden sollen.
- Ein privater Plattformbetreiber hat den Anreiz, Dienste anzubieten, die ihm den höchsten Ertrag erbringen. Als Ausfluss dieser Entscheidung resultiert ein Dienstportfolio, das nicht notwendigerweise in einem Dienstangebot resultiert, welches volkswirtschaftlich erwünscht wird. Im Extremfall entscheidet sich ein Betreiber, bestimmte Dienste erst gar nicht anzubieten.
- Ein Funknetzplattformbetreiber, der eine Vielzahl unterschiedlichen Diensten bereitstellt, sieht sich hohen Herausforderungen mit Blick auf die effiziente

Netzgestaltung zur Generierung verschiedener Dienste und dem Netzmanagement gegenüber, das wie zuvor schon genannt spezifisch designte Slices umfassen muss, Priorisierung festlegt, Netzdimensionierung für alle Dienste parallel vornehmen muss usw. Auch Marketing und Vertrieb an derart unterschiedliche Nutzer wie BOS, Automobilnetzbetreiber, Betriebs- und Bündelfunker etc. ist eine nicht zu unterschätzende Herausforderung.

- Bei Frequenzzuteilungen sollte die Frequenzregulierungsbehörde immer die resultierende Marktstruktur vor Augen haben, um weitgehend wettbewerbliche Marktstrukturen zu etablieren. Sofern Frequenzen für Dienstportfolios vergeben werden, gestaltet sich dies tendenziell schwieriger. Mit Blick auf Frequenzbänder wäre hier die Entscheidung zu treffen, wie viele Frequenzplattformen ermöglicht werden sollen, ob alle Plattformbetreiber alle Dienste anbieten sollen und wenn ja, mit welchen Frequenznutzungsaufgaben. Sofern eine vollständige Flexibilität hinsichtlich des Dienstes besteht, wäre im Vorfeld der Vergabe eine Einschätzung notwendig, ob der Markt zur Generierung von Diensten auf welchen Funknetzplattformen führt, und wo regulatorische Vorgaben erforderlich sind.

### ***Regulatorische Vorgaben***

Als notwendig erachtete regulatorische Frequenznutzungsbestimmungen könnten weiterhin im Rahmen des Frequenzzuteilungsverfahrens gemacht werden. Dies wäre für die identifizierten Frequenzlagen eine vorzunehmende Einzelfallentscheidung. Hierbei sind Priorisierungen von Nutzungen von spezifischen Diensten eine mögliche Vorgabe. Weitergehende Versorgungsaufgaben bzw. Verpflichtungen zum Dienstangebot (z. B. Verfügbarkeit von BOS-Diensten, ein Angebot von 5G-Broadcasting) könnten zusätzlich auferlegt werden. In dem Frequenzzuteilungsverfahren könnte der geplante Ausbau des jeweiligen Plattform-Netzbetreibers und das beabsichtigt anzubietende Funkdienstportfolio das relevante Auswahlkriterium für die Zuteilung der Frequenznutzungsrechte sein. Auf jeden Fall sollte es dem Frequenznutzungsrechtinhaber möglich sein, neben Primärdiensten weitere digitale Funkdienste im 5G-Ökosystem anzubieten, um auf diese Weise Synergien mit Blick auf Frequenznutzung und Kosteneffizienz zu erzielen und eine Vielzahl von digitalen Funkdiensten verfügbar zu machen. Ziel der Frequenzregulierung sollte dabei die Schaffung eines 5G-Ökosystems sein, welches die Nachfrage unterschiedlicher Stakeholder für neue, volkswirtschaftlich gewünschte digitale Funkdienste in effizienter Weise bedient.

## 5 FirstNet – das amerikanische landesweite mobile Breitbandnetz für 5G-PPDR und andere 5G-Funkdienste (ein gelebtes Funknetz-plattformmodell)

Das nach unserer Wahrnehmung prominente Beispiel, welches zur Transformation hin zu einer Digitalisierung der Betriebs- und Bündelfunknetze bzw. mobile Infrastrukturen für kritische Anwendungen beiträgt, ist das Projekt FirstNet in Kooperation mit AT&T zur Errichtung eines nationalen Netzes für kritische Infrastrukturen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Die First Responder Network Authority (FirstNet) ist eine unabhängige Organisation innerhalb der National Telecommunications and Information Administration (NTIA) des US-Handelsministeriums. Sie wurde durch den Middle Class Tax Relief and Job Creation Act von 2012 gegründet. Die Errichtung des FirstNet-Netzes geht auf eine Empfehlung der 9/11-Kommission zurück, die eine interoperable digitale Kommunikation für alle US-Einsatzkräfte forderte. Die Aufgabe von FirstNet besteht darin, das erste landesweite drahtlose Hochgeschwindigkeits-Breitbandnetz für die öffentliche Sicherheit zu errichten, zu betreiben, zu warten und weiterzuentwickeln. Diese zuverlässige, hochsichere, interoperable und innovative Kommunikationsplattform für die öffentliche Sicherheit wird den Behörden der öffentlichen Sicherheit und den Ersthelfern Instrumente des 21. Jahrhunderts an die Hand geben, die es ihnen ermöglichen, schneller mehr Informationen zu erhalten und schnellere und bessere Entscheidungen zu treffen.

Mit einem genehmigten Budget von 7 Milliarden US-Dollar wird FirstNet das Kernbreitbandnetz sowie das Funkzugangnetz (RAN) jedes Bundesstaates, der sich für die Teilnahme an dem Bundesprogramm entscheidet, aufbauen und warten und die Kosten durch den Verkauf von Funkfrequenzen, Teilnehmergebühren und Gebühren aus der Vermietung überschüssiger Netzkapazitäten decken. Bundesstaaten, die sich nicht an dem Programm beteiligen, müssen die Genehmigung von FirstNet einholen, um ihr eigenes RAN aufzubauen.<sup>71</sup>

Der Vorstand der Behörde gründete im März 2017 eine öffentlich-private Partnerschaft mit AT&T zum Aufbau von FirstNet. Im Dezember 2017 haben sich alle 50 Bundesstaaten für den Netzplan und Ausbau mit AT&T entschieden.<sup>72</sup>

FirstNet Public Safety LTE in den Vereinigten Staaten nutzt priorisiert zwei jeweils 10 MHz umfassende Frequenzblöcke in den Bereichen 758 MHz – 768 MHz und 788 MHz – 798 MHz (Band 14).<sup>73</sup> Diese Frequenzbänder grenzen an bestehende, bereits

<sup>71</sup> Siehe hierzu [About FirstNet: FirstNetME](#), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>72</sup> Siehe hierzu [All 50 U.S. States, 2 Territories and the District of Columbia Opt-In to FirstNet \(att.com\)](#), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>73</sup> Siehe hierzu <https://urgentcomm.com/2022/02/18/firstnet-buildout-on-band-14-spectrum-will-be-completed-this-year-att-says/>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

genutzte Schmalbandfrequenzen für LMR (Land Mobile Radio) bei 769 MHz – 775 MHz und bei 799 MHz – 805 MHz für die öffentliche Sicherheit an.

Dieses Frequenzband ist priorisiert für BOS-Dienste zu nutzen. Das Hauptziel von FirstNet ist es, den maximalen First-Responder-Verkehr, d. h. auch während eines Spitzen-Notfalls zu bewältigen. AT&T, die das Netz errichten und betreiben, können im Bedarfsfall auch weitere eigene Frequenzen in anderen Frequenzlagen für BOS-Dienste bereitstellen.

Da FirstNet nur von denjenigen genutzt werden kann, die über spezifische Gerätschaften verfügen und deren Bedarf zeitlich und räumlich ad hoc und nicht kontinuierlich in hohem Umfang ist, ist davon auszugehen, dass die Netzkapazität nicht überall und immer ausgelastet ist. AT&T ist es daher gestattet, die Frequenzen im Nichtbedarfsfall für BOS auch für andere Dienste zu nutzen. Das robuste Design des Netzes durch AT&T, die zudem auch ihre anderen eigenen erworbenen Frequenzen bzw. diesbezügliche Nutzungsrechte nutzen können, und die weitflächige Verfügbarkeit des Netzes machen das Netz zu einem Eckpfeiler für die Bereitstellung von anderen 5G-Diensten (z. B. zur Realisierung von Smart Driving, Smart Farming, Breitbandversorgung, private PMR-Dienste etc.).

Die Kernpunkte der zu realisierenden Aspekte hinsichtlich des FirstNet-Netzes werden in der folgenden Abbildung von FirstNet gelistet.

Abbildung 5: Roadmap-Prioritäten



Quelle: FirstNet

Eine Ausführung bzw. weitere Details hierzu finden sich in dem von FirstNet veröffentlichten Dokument: der First Responder Network Authority Roadmap.<sup>74</sup> Die Errichtung dieses Netzes durch AT&T in Zusammenarbeit mit FirstNet, die insbesondere dafür Sorge tragen, dass die Bedarfe der Nutzer der kritischen Infrastruktur in der Netzausgestaltung und in den angebotenen Diensten sowie Endgeräten bereitgestellt werden, könnte als Katalysator für die Transformation der PMR-Netze in eine digitale Welt – nicht nur in Bezug auf die USA, sondern auch weltweit – wirken. Der aktuelle Stand der Netzausbaumaßnahme und der Adaption dokumentiert sich in den nachfolgend angeführten Kennzahlen von FirstNet.

Abbildung 6: Ausbaurzustand des FirstNet-Netzes, Stand: Juni 2022

- Eine Netzabdeckung von 95 Prozent im Frequenzband, Band 14,
- Mehr als 195 einzigartige Apps, die im FirstNet-App-Katalog angeboten werden,
- Mehr als 800 Systemlösungen, von FirstNet SatCOLTs bis hin zu Netzwiederherstellungsmaßnahmen,
- Mehr als 20.500 BOS-Organisationen, die die Dienste von FirstNet in den Vereinigten Staaten von Amerika bereits nutzen,
- Mehr als 400 FirstNet-ready-Endgeräte,
- Mehr als 150 spezielle verlegbare Netzwerkkonfigurationen, darunter Flying COWs, Kommunikationsfahrzeuge, SatCOLTs, Compact Rapid Deployables und ein Aeorostat.

Quelle: FirstNet Authority, Juni 2022

Die bereits verfügbaren Endgeräte und Accessoires sowie Industrielösungen werden auf der Internetseite von FirstNet beworben.<sup>75</sup> Beim finalen Ausbau soll eine Fläche von 2,74 Millionen Quadratmeilen durch das FirstNet-Netz abgedeckt sein. Dies entspricht 76,2 Prozent der Festlandfläche der Vereinigten Staaten von Amerika und dem District of Columbia.<sup>76</sup>

<sup>74</sup> Verfügbar unter: [https://www.firstnet.gov/system/tdf/Roadmap\\_2020\\_nocompress.pdf?file=1&type=node&id=1612](https://www.firstnet.gov/system/tdf/Roadmap_2020_nocompress.pdf?file=1&type=node&id=1612), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>75</sup> Siehe [FirstNet Approved Band 14 Phones, Mobile Devices & Laptops](https://www.firstnet.gov/system/tdf/Roadmap_2020_nocompress.pdf?file=1&type=node&id=1612) und <https://www.firstnet.com/industry-solutions.html>, beide zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>76</sup> Siehe hierzu <https://www.firstnet.com/coverage.html>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

## 6 Identifizierte Frequenzbereiche zur Flexibilisierung des Frequenzplans

### 6.1 Weitere Frequenzbereiche als Teil einer flexiblen Frequenzpolitik (1.500 MHz, 2,3 – 2,4 GHz, 3,8 – 4,2 GHz, 6.425 – 7.125 MHz) für die Nutzung von 5G

Neben den bereits für den drahtlosen Netzzugang zugeteilten Frequenzen gibt es noch weitere Frequenzbereiche, die aufgrund der kurzen Innovationszyklen bei IMT-Technologien (wie 5G, 6G) für eine flexible technologie- und diensteneutrale Nutzung geeignet sind. Mobilfunknetzbetreiber plädieren im Rahmen von Anhörungen der Bundesnetzagentur dafür, diese Frequenzlagen zukünftig dem Drahtlosen Netzzugang im Frequenzplan primär zu widmen. Dies ist darin begründet, dass das von Mobilfunknetzbetreiberseite angestrebte Dienstportfolio mittelfristig ein Frequenzportfolio in unterschiedlichen Lagen bedarf, um der bundesweit zu erwartende Nachfrage nach Netzkapazität für den drahtlosen Netzzugang genügen zu können. Die für den drahtlosen Netzzugang zusätzlich eingeforderten Lagen sind:

- 1.5 GHz: Ein weiterer Umfang von 50 MHz als sog. Supplementary (SDL)-Band kann ebenfalls potentiell wie in Österreich, der Schweiz und den Niederlanden für den Drahtlosen Netzzugang zur Verfügung gestellt werden.
- 2,3 – 2,4 GHz: Perspektivisch wäre auch der aktuell von PMSE genutzten Bereich zukünftig für den Drahtlosen Netzzugang zu widmen. Für derartige TDD-Nutzungen wurden bereits harmonisierte Nutzungsbedingungen entwickelt.
- 3,8 – 4,2 GHz: Dieser Frequenzbereich grenzt unmittelbar an die 5G-Campus-Frequenzen in Deutschland an, und wird auch bereits in anderen Ländern für industrielle Nutzung und Campus-N benötigt. In Europa sind Großbritannien und Belgien hierfür beispielhaft. CEPT untersucht gegenwärtig im Auftrag der Europäischen Kommission den Frequenzbereich 3,8 – 4,2 GHz für die mögliche Nutzung durch terrestrische drahtlose Breitbandsysteme für lokale Netzwerkverbindungen. Zur Gewährleistung der Funkverträglichkeit mit dort aktivem Satellitenfunk wird davon ausgegangen, dass Low- und Medium-Power-Anwendungen dort möglich wären. Zudem wird damit die Möglichkeit eröffnet, ein gemeinsames Band in vielen Ländern für Verticals zur Verfügung zu stellen, um somit Synergien der Harmonisierung zu erzielen.
- 6 GHz-Bereich (6.425 – 7.125 MHz): Mit der Nutzung des dort angesiedelten umfangreichen Spektrums ist es möglich, digitale Dienste mit sehr hohen Qualitätsanforderungen (indoor und outdoor) zu generieren. Der Einsatz wäre



insbesondere in Ballungsgebieten mit hohem Verkehrsaufkommen zu erwarten.<sup>77</sup> Der Bedarf konkurriert mit einer potentiell alternativen Nutzung für WiFi.<sup>78</sup>

Die Frequenzen in den unterschiedlichen Frequenzlagen haben aufgrund der jeweiligen physikalischen Ausbreitungseigenschaften und dem jeweils verfügbaren Umfang an Bandbreiten insgesamt unterschiedliche Stärken und Schwächen. Frequenzen in niedrigen Lagen (< 1 GHz) ermöglichen eine hohe Flächenabdeckung und eine gute Indoor-Versorgung. Frequenzen in höheren Lagen (z. B. 3,6 GHz oder gar 6 GHz ermöglichen aufgrund eines höheren Umfangs an verfügbaren Frequenzen eine hohe Downlink-Geschwindigkeit, schaffen innerhalb einer Zelle eine hohe Kapazität und vermögen eine geringe Latenz zu generieren. Frequenzen in der Zwischenlage sind in ihrer Performance auch dazwischenliegend.

Um das digitale Dienstportfolio in einem bestimmten Bereich generieren zu können, bedarf es idealerweise eines geeigneten Frequenzportfolios in hinreichendem Umfang in unterschiedlichen Frequenzlagen, die an einem Standort zum Einsatz kommen.

Um die erforderliche Netzkapazität in einer bestehenden Mobilfunkzelle merklich zu erhöhen, gibt es grundsätzlich zwei Optionen:

- Zellverdichtung durch Errichtung neuer Mobilfunkstandorte
- Nutzung weiterer Frequenzen an einem spezifischen Standort.

Letzteres erfolgt durch die Aufstockung der Bestandsstandorte mit weiteren Frequenzlagen. Hierbei können auch Frequenzen in unterschiedlichen Frequenzlagen parallel zur Anwendung kommen, d. h. > 1 GHz, Mid-Band-Frequenzen oder High-Band-Frequenzen. Mittels Load-Management-Algorithmen ist davon auszugehen, dass zukünftig die räumlich adäquate Nutzung der Frequenzlagen gesteuert würde. Dies würde bedeuten, dass im Zentrum einer Zelle insbesondere Midband-Frequenzen zum Einsatz kommen würden. Geht man davon aus, dass der Mobilfunkstandort nahe bei oder gar im Zentrum der Hauptnutzung innerhalb einer Zelle angesiedelt ist, so kann auf diese Weise die Versorgung in einer Zelle geschaffen werden. Sofern der Hotspot der Nutzung am Rande einer Zelle ist, kann durch eine derartige Versorgungsstrategie eine Zellverdichtung vermieden werden. Dies setzt jedoch voraus, dass eine derartige Aufstockung von Standorten durch zusätzliche Frequenzträger physikalisch möglich ist und die vorgegebenen BEMFV (Begrenzung elektromagnetischer Felder) -Werte eingehalten werden können.

---

<sup>77</sup> Siehe hierzu [Maximising the socioeconomic value of spectrum \(gsmamag.com\)](https://www.gsmamag.com/insights/Maximising-the-socioeconomic-value-of-spectrum), zuletzt abgerufen am 17.12.2022.

<sup>78</sup> Siehe hierzu auch Agenda Item 1.2 der WRC (to consider identification of the frequency bands 3 300-3 400MHz, 3 600-3 800 MHz, 6 425-7 025 MHz, 7 025-7 125 MHz and 10.0-10.5 GHz for International Mobile Telecommunications (IMT), including possible additional allocations to the mobile service on a primary basis, in accordance with Resolution 245(WRC-19)).

## 6.2 Von Seiten der Stakeholder geäußerter Frequenzbedarf mit einem perspektivischen Blick auf 6G

Der Diffusionsprozess von 5G ist noch nicht beendet und teilweise noch in den Anfängen. Gleichwohl wird bereits der neue technische Standard 6G entwickelt. (Auch die Bundesnetzagentur hat dazu bereits zu diesem Thema den Workshop „6G-Entwicklung hat begonnen“ veranstaltet.<sup>79)</sup> Einige der Hauptaspekte, die hierbei im Fokus sind, werden in der nachfolgenden Abbildung gelistet.

Abbildung 7: Zentrale Funktionalitäten bei der Entwicklung von 6G



Quelle: Qualcomm

Einhergehend mit dem Entwicklungstrend zu 6G wird von Seiten der Stakeholder Bedarf an weiteren Frequenznutzungsrechten geäußert. Hierbei wird insbesondere der Frequenzbedarf im Bereich des UHF-Bandes, im Bereich 7 – 15 GHz (in einer Lage zwischen dem Mid-band und dem mmWave-Spektrum), und im Terahertz Band (eröffnet die Möglichkeit über hohe Bandbreiten sehr hohe Datenübertragungsraten von mehreren GB/s über eine kurze Distanz zu generieren) angemeldet.<sup>80</sup>

<sup>79</sup> Siehe hierzu [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Presse/Pressemitteilungen/2022/20220629\\_6G.pdf;jsessionid=60F8977AE8D7BB6137CB55DAC6FC6874?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Presse/Pressemitteilungen/2022/20220629_6G.pdf;jsessionid=60F8977AE8D7BB6137CB55DAC6FC6874?__blob=publicationFile&v=2), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

<sup>80</sup> Qualcomm (2022): Advancing 5G technology towards 6G, presentation by Luigi Ardito, Senior Director, Government Affairs Qualcomm Europe, Inc., at the Forum Europe Spectrum Management Conference, 8-9 June 2022.

## 7 Resümee: Flexibilisierung der Frequenzregulierung in Frequenzlagen, die für digitale 5G-/6G-Funkdienste nutzbar sind

Der Trend zur Digitalisierung in der Gesellschaft, Wirtschaft und in öffentlichen Institutionen in Deutschland bedingt einen zunehmenden Bedarf nach leistungsfähigen Funkdiensten für vielfältige digitale Anwendungen von unterschiedlichen Nutzerkreisen. Die daraus resultierende Nachfrage nach Frequenzen bedingt eine zunehmende Knappheit von Frequenzen, in für digitale Funkanwendungen geeigneten Frequenzbändern. Frequenz-Zuteilungskonflikte sind die Folge. Sofern Frequenzen exklusiv in Silos nur für spezifische Frequenznutzungen zugeteilt würden (ein bisher vorherrschendes Paradigma bei der Frequenz-Zuteilung), könnte es sein, dass bestimmte Stakeholder keine Nutzungsrechte erhielten und spezifische digitale Dienste nicht wie volkswirtschaftlich erwünscht bereitgestellt würden.

5G/6G ermöglicht jedoch, eine Vielzahl von digitalen Diensten über eine gemeinsame Nutzung von Frequenzen anzubieten. Derartige digitale Funkdienste sind: digitale drahtlose Dienste zur Ermöglichung des Autonomen Fahrens, digitale drahtlose Dienste zur Ermöglichung von Smart Farming, digitale drahtlose BOS-Dienste, digitale Betriebs- und Bündelfunkdienste, digitale drahtlose PMSE-Dienste, digitale drahtlose militärische Dienste und nicht zuletzt natürlich der öffentliche Mobilfunk. Nutzungs- und Zuteilungskonflikte könnten somit aufgehoben, wenn die Frequenzregulierung flexibel ausgestaltet ist, so dass die gemeinsame Nutzung von Frequenzbändern für unterschiedliche Funkdienste auf Basis von 3GPP möglich ist. Ein Betreibermodell bzw. Funkplattformen für unterschiedliche digitale Funkdienste würde damit möglich.

Das ehemals klassische Paradigma individueller Netze für spezifische digitale Funkdienste und individuelle Zuweisung für Dienste von dafür im Frequenzplan nutzbare Frequenzen müsste dort (wo sinnvoll) abgelegt und überwunden werden. Die Frequenzregulierung sollte in dafür geeigneten Frequenzlagen zukünftig darauf ausgerichtet sein, die flexible Nutzung der Frequenzen durch unterschiedliche digitale Funkdienste zu ermöglichen. Nur dann ist zu erwarten, dass die zukünftig benötigten digitalen Funkdienste umfangreich und kostengünstig unter Realisierung von vielfältigen Synergien mit Blick auf die gemeinsam genutzten Funknetze und einer effizienten Nutzung der knappen Ressource Frequenzen bereitgestellt werden können.

Die Schaffung eines Frequenzregulierungsrahmens, der darauf hinwirkt, dass Frequenzportfolios in unterschiedlichen Frequenzlagen für eine Vielzahl unterschiedlicher digitaler Funkdienste genutzt werden, ist in Einklang mit dem am 01.12.2021 in Kraft getretenen Telekommunikationsmodernisierungsgesetz (TKG)<sup>81</sup>. Nach §2 TKG, in dem die zentralen Ziele und Grundsätze der Regulierung ausgeführt werden, ist die Sicherstellung der Konnektivität sowie die Förderung des Zugangs zu und die Nutzung von Netzen mit sehr

---

<sup>81</sup> Verfügbar unter [https://www.gesetze-im-internet.de/tkg\\_2021/BJNR185810021.html](https://www.gesetze-im-internet.de/tkg_2021/BJNR185810021.html), zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

hoher Kapazität durch alle Bürger und Unternehmen ein wesentliches Ziel der Frequenzregulierung (§ 2 Abs. 2 Punkt 1). Ferner soll ein effizienter infrastrukturbasierter Wettbewerb geschaffen werden. Dort wo es sinnvoll ist, kann dies durch mehrere Funknetzplattformen erfolgen. Die Sicherstellung einer effizienten und störungsfreien Nutzung von Frequenzen, auch unter Berücksichtigung der Belange des Rundfunks, ist sicherzustellen. In den Erwägungsgründen 113, 115 und 119 zur Richtlinie (EU) 2018/1972<sup>82</sup> sind Aspekte angefügt, die bei der zukünftigen Ausgestaltung des Frequenzplans bedeutsam und mit zu berücksichtigen sind. Die dort nachfolgend angeführten Ziele sind im Einklang mit der Zielsetzung den Frequenzplan zu flexibilisieren, um die Generierung einer effizienten gemeinsamen Nutzung von Frequenzen und Infrastrukturen für unterschiedliche Funkdienste und somit die Entstehung eines 5G/6G-Ökosystems für eine Vielzahl von digitalen Funkdiensten zu ermöglichen.

---

<sup>82</sup> Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L1972>, zuletzt aufgerufen am 17.12.2022.

- Nr. 471: Julian Knips, Christin Gries, Christian Wernick:  
Consumer-IoT in Deutschland – Anwendungsbereiche und möglicher Regelungsbedarf, Dezember 2020
- Nr. 472: Saskja Schäfer, Ahmed Elbanna, Werner Neu, Thomas Plückebaum:  
Mögliche Einsparungspotentiale beim Ausbau von 5G durch Infrastructure Sharing, Dezember 2020
- Nr. 473: Gabriele Kulenkampff, Martin Ockenfels, Konrad Zoz, Gonzalo Zuloaga:  
Kosten von Breitband-Zugangnetzen, Clusterbildung und Investitionsbedarf unter Berücksichtigung des bestehenden Ausbaus – bottom-up Modellierung und statistische Analyse –, Dezember 2020
- Nr. 474: Lorenz Nett, Bernd Sörries:  
Ausgestaltung und Umsetzung eines Universaldienstregimes (insbesondere mit Blick auf die Realisierung einer Versorgung mit schnellem Internet) in anderen Ländern, November 2021
- Nr. 475: Christin-Isabel Gries, Martin Lundborg, Peter Stamm:  
Digitale Arbeitswelten im Mittelstand - Auswertung von Studien zu Arbeit 4.0, November 2021
- Nr. 476: Menessa Ricarda Braun, Julian Knips, Christian Wernick:  
Analyse der Angebotsentwicklung für leitungsgebundene Breitbanddienste für Privatkunden im deutschen Festnetzmarkt von 2017-2020, Dezember 2021
- Nr. 477: Christian Märkel, Marcus Stronzik, Martin Simons, Matthias Wissner, Martin Lundborg:  
Einsatz von Blockchain in KMU: Chancen & Hemmnisse, Dezember 2021
- Nr. 478: Matthias Wissner, Ahmed Elbanna, Bernd Sörries, Thomas Plückebaum:  
Open RAN und SDN/NFV: Perspektiven, Optionen, Restriktionen und Herausforderungen, Dezember 2021
- Nr. 479: Dajan Baischew, Ahmed Elbanna, Stefano Lucidi, Bernd Sörries, Thomas Plückebaum:  
Die Grundzüge von 6G, Dezember 2021
- Nr. 480: Marie-Christin Papen, Martin Lundborg, Sebastian Tenbrock:  
360-Grad-Überblick über den Digitalisierungsstand in KMU, Dezember 2021
- Nr. 481: Nico Steffen, Lukas Wiewiorra, Peter Kroon, unter Mitarbeit von Philipp Thoste:  
Wettbewerb und Regulierung in der Plattform- und Datenökonomie, Dezember 2021
- Nr. 482: Dr. Cara Schwarz-Schilling, Dr. Sonia Strube Martins:  
Kupfer-Glas-Migration in Frankreich und im Vereinigten Königreich, Juli 2022
- Nr. 483: Dr. Karl-Heinz Neumann; Dr. Cara Schwarz-Schilling, Dr. Sonia Strube Martins:  
Übergang von Kupfer- auf Glasfasernetze: Phasen und Prozesse der Migration, November 2022
- Nr. 484: Dr. Andrea Liebe; Martin Lundborg, Pirmin Puhl, Katrin Marques Magalhaes, Mitarbeit: Philipp Thoste:  
Chancen digitaler Reifegradmodell für KMU, Dezember 2022
- Nr. 485: Julian Knips, Dr. Christian Wernick, Dr. Sebastian Tenbrock:  
Analyse von Angeboten auf gigabitfähigen Infrastrukturen in Europa, Dezember 2022
- Nr. 486: Menessa Ricarda Braun, Dr. Christin Gries, Dr. Christian Wernick:  
Politische und regulatorische Ansätze zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Smartphones, Dezember 2022
- Nr. 487: Dr. Nico Steffens, Dr. Lukas Wiewiorra:  
Device Neutrality – Softwaremarktplätze und mobile Betriebssysteme, Dezember 2022
- Nr. 488: Dr. Lorenz Nett, Dr. Bernd Sörries:  
Flexibilisierung der Frequenzregulierung und des Frequenzplans, Dezember 2022

**ISSN 1865-8997**