

Antwort

der Bundesregierung

**auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Matthias Büttner, Dr. Dirk Spaniel, Wolfgang Wiehle, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der AfD
– Drucksache 19/17722 –**

Strahlenbelastung durch 5G-Strahlenkeulen (Beamforming)

Vorbemerkung der Fragesteller

Die fünfte Generation von Mobilfunk (5G) wendet Netzelemente und die Ausstrahlung der zugehörigen Frequenzen nicht mehr analog der bisherigen Mobilfunktechnik an. Mittels Network Slicing schneidet 5G virtuelle Scheiben aus dem IP-Netz und mittels Edge Computing erfolgt dann die Datenverarbeitung direkt am Ort, um z. B. mobile Roboter in Echtzeit zu steuern. 5G ist ein reiner IP-Datentransfer, der insbesondere in firmeneigenen Campusnetzen für die Industrie von großer Bedeutung sein wird und schon deshalb mit der klassischen mobilen Sprach-Telefonie nicht mehr vergleichbar ist (<https://www.ip-insider.de/was-ist-network-slicing-a-828834/>).

Eine der Neuheiten bei 5G ist das Beamforming, die Bildung von Strahlenkeulen durch adaptive Antennentechnik. Beim Beamforming sendet nicht eine Antenne zum Empfangsgerät, sondern mehrere Antennen werden so ausgerichtet, dass ihre elektromagnetischen Wellen am Zielort positiv interferieren und dort so die Signal- und Feldstärke erhöhen. Dabei werden die einzelnen Antennen nicht physikalisch ausgerichtet, sondern die Phase der gesendeten Wellen wird verschoben. Wenn sich das Empfangsgerät bewegt, wird die Phasenverschiebung der neuen Situation angepasst und die positive Interferenz erneut auf das Empfangsgerät ausgerichtet.

Um positive Interferenz am Empfangsgerät zu erreichen, muss der Gangunterschied der zwei Strecken zwischen Antenne 1 und Empfangsgerät sowie Antenne 2 und Empfangsgerät ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge betragen (<https://www.leifiphysik.de/optik/beugung-und-interferenz/grundwissen/zwei-quellen-interferenz>), respektive das Signal mit passender zeitlicher Verzögerung (Phasenverschiebung) von einer der Antennen ausgesendet werden. Leicht wird ersichtlich, dass diese Interferenzbedingungen nicht nur am Empfangsgerät, sondern auch an anderen Punkten im Raum erfüllt sind. An diesen Punkten entstehen durch positive Interferenz der ausgesendeten Strahlung ebenfalls unerwünschte Maxima.

Die bisherige Abstrahlcharakteristik einer Mobilfunksendeanlage ist, dass am Antennenstandort die stärkste Strahlungsleistung auftritt und diese dann in den Randgebieten kontinuierlich abnimmt. Beim Beamforming durch adaptive Antennen wird die Feldverteilung aktiv geändert, die Sendeleistung in bestimmten Gebieten im Raum ist erhöht. Die Deutsche Telekom erklärt hierzu,

dass das Signal „im Randbereich ähnlich stark wie im Zentrum“ ist (<https://www.telekom.com/de/blog/netz/artikel/beamforming-5g-mobilfunk-570522>). Die Signale werden in Form von länglichen Keulen gezielt ausgerichtet, was einen neuen Bestandteil dieser Technik darstellt.

In der anschaulichen Simulation der Interferenz zweier Kugelwellen auf <https://www.leifiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/versuche/interferenzen-z-zweier-kreis-oder-kugelwellen-simulation> wird dabei deutlich, dass diese Keulen (in der Simulation die violett gekennzeichneten Kurven) aus einer Ansammlung von einer großen Anzahl von Punkten mit positiver Interferenz (Maxima) bestehen. Weiterhin wird deutlich, dass sich im Fall zweier Antennen nicht nur eine Strahlenkeule ausbildet, sondern mehrere. Die zusätzlichen, unerwünschten Strahlenkeulen zeigen dementsprechend nicht auf das Empfangsgerät, auf das die adaptiven Antennen ausgerichtet sind. Es kommt also zwangsläufig zu unerwünschten Strahlenkeulen und Maxima. Dies lässt sich nicht verhindern, ist aber nach Ansicht der Fragestellenden in der Öffentlichkeit unzureichend bekannt.

Die Deutsche Telekom erklärt, dass „eine aktive Antenne 64 Signale parallel“ aussendet, die sich alle einzeln auf die Kunden ausrichten lassen. Es können also 64 verschiedene (gewünschte) Beams geformt werden (<https://www.telekom.com/de/blog/netz/artikel/beamforming-5g-mobilfunk-570522>). Weiterhin wird erklärt, dass die 64 Keulen nicht auf einzelne Nutzer abzielen, sondern letztendlich örtlich eine Keule geformt wird. In dieser Keule können dann mehrere Kunden gleichzeitig bedient werden. Als Beispiel wird eine Touristengruppe genannt, die vor einer großen Kirche steht. Alle Mitglieder dieser Gruppe würden vom gleichen Beam erfasst und könnten von diesem mit Daten versorgt werden.

Aus diesem Beispiel ist jetzt leicht abzuleiten, dass diese Gruppe an der Kirche ja nicht nur von einer einzigen 5G Zelle eines Providers und nur durch eine Strahlenkeule bestrahlt wird, sondern möglicherweise von allen vier Providern (Telekom, Vodafone, O2 und 1&1) aus mehreren 5G-Zellen gleichzeitig. Dies kann Auswirkungen bezüglich Exposition und Intensität auf jeden Einzelnen in der Gruppe haben, auch wenn dieser gar kein Smartphone besitzt. Es ist somit schwer möglich, den Strahlenkeulen aus dem Weg zu gehen, falls man das möchte. Da diese festen und beweglichen, gewünschten oder unerwünschten Strahlenkeulen nicht gesehen werden, ist es auch nicht möglich, sich nicht länger als nötig darin aufzuhalten.

Das Bundesamt für Strahlenschutz war bereits vor 5G dem Mobilfunk gegenüber nicht sorglos und gibt deshalb Empfehlungen beim Umgang mit dem Handy, die darauf abzielen, „die Stärke (Intensität) der hochfrequenten Felder zu verringern und auf die Dauer der Strahlenbelastung (Exposition) zu verkürzen.“ (<http://www.bfs.de/DE/themen/emf/mobilfunk/schutz/vorsorge/empfehlungen-handy.html>). Unter anderem wird mehrfach darauf hingewiesen, das Handy möglichst nicht am Kopf zu halten und Handytelefonate bei Kindern so weit wie möglich einzuschränken.

Bei der Errichtung jeder einzelnen neuen Mobilfunkanlage erfolgt eine Prüfung durch die Bundesnetzagentur, die gewährleistet, dass außerhalb des Sicherheitsbereichs die zugelassenen Grenzwerte nicht überschritten werden (<http://www.informationszentrum-mobilfunk.de/mediathek/glossar/standortbestimmung>).

In der Schweiz wurden laut einem Rechtsgutachten zum 5G-Ausbau adaptive Antennen so privilegiert, dass eine adaptive Sendeanlage die festgelegten Grenzwerte zeitweise überschreiten kann, solange die Anlage die Werte im Durchschnitt einhält (https://www.itmagazine.ch/Artikel/70079/Rechtsgutachten_spricht_von_unzulaessiger_Privilegierung_von_5G-Antennen.html).

In der 5G-Strategie für Deutschland erklärt die Bundesregierung, dass es ihr Anspruch ist, dass Deutschland zum Leitmarkt für 5G-Anwendungen wird. Dieses Ziel soll gezielt durch mehrere Maßnahmen in fünf Aktionsfeldern umgesetzt werden. So soll unter anderem der Netz-Rollout forciert werden, eine frühzeitige Initiierung von 5G in Städten und Kommunen erfolgen und koor-

diniert und gezielt Forschung betrieben werden (<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/098-dobrindt-5g-strategie.pdf>).

Im 5G-Innovationsprogramm 5x5G fördert die Bundesregierung die 5G-Einführung. Insgesamt werden 50 Regionen ausgewählt, die bis zu 100.000 Euro Förderung erhalten können (<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/5g-mobilfunk-zukunft.html>).

In der 5G-Auktion vom März bis Juni 2019 wurden die Frequenzen in den Bereichen 2 Gigahertz (GHz) und 3,6 GHz versteigert. In den Auflagen zur Auktion verpflichten sich die Unternehmen dabei unter anderem dazu, 1.000 „5G-Basisstationen“ bis Ende 2022 in Betrieb zu nehmen (https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/DrahtloserNetzzugang/Mobilfunk2020/20181126_Entscheidungen_III_IV.pdf?__blob=publicationFile&v=2).

Die Deutsche Telekom AG hat 5G in Berlin, München, Köln, Bonn und Darmstadt gestartet und mehr als 120 Antennen funken im Live-Betrieb (<https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/5g-funkt-live-in-fuenf-staedten-580454>). Vodafone erklärt, dass sie in 20 Städten und Gemeinden ihre ersten 5G-Stationen aktiviert hat und bis zum Ende des laufenden Geschäftsjahres mit mehr als 160 5G-Antennen in 25 Gemeinden und zehn Industrieparks funken wollen (<https://www.vodafone.de/newsroom/netz/5g-start-vodafone-startet-5g-in-deutschland/>).

Vorbemerkung der Bundesregierung

Moderne, adaptive Antennensysteme sind nicht nur in der Lage, Sendesignale auf einen oder mehrere Nutzer auszurichten. Sie können auch störende Signale, die zum Beispiel aus einer benachbarten Mobilfunkzelle stammen, ausblenden. Sie gehen damit über die in der Vorbemerkung der Fragesteller beschriebene Strahlschwenkung hinaus. In der Folge wird eine höhere Reichweite und entsprechend eine bessere Versorgung erreicht.

Um die Verteilung des elektromagnetischen Feldes im Raum mathematisch zu beschreiben, werden in der Nachrichtentechnik sogenannte Ausbreitungsmodelle verwendet. Allen Ausbreitungsmodellen gemein ist die mindestens mit dem Quadrat der Entfernung abnehmende Feldstärke. Einzelheiten hierzu finden sich in der entsprechenden Fachliteratur und den entsprechenden technischen Berichten, Empfehlungen und Normen.

1. Schließt die Bundesregierung jegliche neuen gesundheitlichen Gefährdungen und neue Risiken durch 5G-Beamforming-Technik für Menschen und Tiere aus?
 - a) Wenn ja, mit welcher Begründung?
 - b) Wenn nein, mit welcher Begründung?

Nach dem derzeitigen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse sind gesundheitlich schädliche Wirkungen elektromagnetischer Felder unterhalb der international empfohlenen Grenzwerte nicht nachgewiesen. Auf dieser Basis ist die Bundesregierung der Überzeugung, dass der Betrieb weiterentwickelter Mobilfunktechnik kein gesundheitliches Risiko hervorruft, soweit die rechtlichen Regelungen die Grenzwerteinhalten sicherstellen. Auf den Achten Emissionsminderungsbericht der Bundesregierung auf Bundestagsdrucksache 19/6270 wird ergänzend verwiesen.

Die Methodik der wissenschaftsbasierten Bewertung lässt es prinzipiell nicht zu, aus vorhandenen Studienergebnissen den Ausschluss jeglicher gesundheitli-

chen Gefährdung zu folgern. Eine Bewertung, dass eine Wirkung nicht nachgewiesen ist, gilt vielmehr dann als gesichert, wenn viele wissenschaftliche Untersuchungen keine Wirkung nachgewiesen haben und die Mehrheit der mit der Bewertung befassten Fachleute sich darin einig ist.

2. Muss nach Ansicht der Bundesregierung das Mobilfunkstrahlenrisiko bei 5G durch den Einsatz von adaptiven Antennen neu bewertet werden?
 - a) Wenn ja, mit welcher Begründung?
 - b) Wenn nein, mit welcher Begründung?

Die Wirkungen und Risiken beziehen sich auf die hochfrequenten elektromagnetischen Felder selbst, nicht auf bestimmte technische Anwendungen. Die Wirkungen der Felder einer bestimmten Frequenz und Feldstärke sind unabhängig vom verwendeten Antennensystem und vom Datenübertragungsstandard der Kommunikation. Daher ist die Bundesregierung nicht der Auffassung, dass insoweit Risiken neu bewertet werden müssen. Hingegen muss nach Überzeugung der Bundesregierung sichergestellt sein, dass die genutzten Verfahren der Emissionsbewertung und des Nachweises der Grenzwerteinhaltung für die jeweils verwendete Technik anwendbar sind. Auf die Antwort der Bundesregierung auf die Schriftliche Frage 123 der Abgeordneten Linda Teuteberg auf Bundestagsdrucksache 19/9822 wird hierzu ergänzend verwiesen.

3. Erfordert die Technik der adaptiven Antennen, dass für 5G neue Strahlungsgrenzwerte festgelegt werden müssen?
 - a) Wenn nein, mit welcher Begründung?
 - b) Wenn ja, welche Grenzwerte müssen die aktuell live geschalteten 5G-Antennen einhalten (bitte das Verfahren der Grenzwertsetzung erläutern, ab wann dieses gilt)?

Aus den in der Antwort zu Frage 2 dargelegten Gründen sind die Grenzwerte für den Schutz der Bevölkerung vor hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ohne Bezug zu bestimmten technischen Anwendungen festgelegt. Daher ist die Bundesregierung der Auffassung, dass für den Betrieb fortentwickelter Mobilfunktechnik keine neuen Grenzwerte festgelegt werden müssen. Auf die Antwort der Bundesregierung auf die Schriftliche Frage 183 des Abgeordneten Tobias Matthias Peterka auf Bundestagsdrucksache 19/8434 wird ergänzend verwiesen.

Für die gegenwärtig in Betrieb befindlichen ortsfesten Sendeanlagen der 5G-Netze gelten alle Regelungen, die dem Gesundheitsschutz im Hinblick auf die Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern dienen, uneingeschränkt. Diese Situation besteht kontinuierlich seit dem Beginn des Aufbaus dieser Netze. Zu Einzelheiten wird ergänzend auf die Antwort der Bundesregierung zu Frage 5 der Kleinen Anfrage der Fraktion der AfD „Aktueller Erkenntnisstand über mögliche Wirkungen elektromagnetischer Felder sowie über vermutete gesundheitliche Risiken des 5G-Netzausbaus“ auf Bundestagsdrucksache 19/10524 verwiesen. Die Grenzwerte sind insbesondere für ortsfeste Anlagen, die alleine oder zusammen mit weiteren Anlagen an einem Standort eine äquivalente isotrope Strahlungsleistung von 10 Watt erreichen oder überschreiten können, in § 2 i. V. m. Anhang 1, 2 und 3 der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) festgelegt.

4. Können sich nach Kenntnis der Bundesregierung bei den für Mobilfunk verwendeten Frequenzen durch Reflektionen an Gebäuden, respektive Stahl, Beton, Glas und anderen geeigneten Flächen, stehende Wellen ausbilden?
 - a) Sind der Bundesregierung Fälle bekannt, in denen sich durch Mobilfunksendeanlagen im öffentlichen Raum oder in Gebäuden stehende Wellen gebildet haben?
 - b) Könnte nach Kenntnis der Bundesregierung die Technik der adaptiven Antennen die Häufigkeit der Bildung von stehenden Wellen beeinflussen?
 - c) Könnte nach Kenntnis der Bundesregierung die Technik der adaptiven Antennen die Intensität der gebildeten stehenden Wellen beeinflussen?
 - d) Wenn Frage 4 mit ja beantwortet wird, wie wird dies bei der Prüfung und Bewilligung von Antennenstandorten beachtet?

Nach Kenntnis der Bundesregierung können sich keine stehenden elektromagnetischen Wellen im Sinne der Vorbemerkung bilden. Zwar können sich entsprechende stehende Wellen unabhängig von der verwendeten Frequenz in jedem verlustlosen Medium ausbilden, Voraussetzung ist aber die vollständige Reflexion der ebenen Welle an einer Grenzschicht. Um eine ebene, elektromagnetische Welle im Raum zu erzeugen, bedarf es wiederum einer unendlich großen, physisch nicht realisierbaren Antenne.

5. Wie viele Maxima und Nebenmaxima entstehen nach Kenntnis der Bundesregierung, wenn eine adaptive Sendeanlage 64 Signale parallel aussendet und so steuert, dass bei einem Empfangsgerät positive Interferenz entsteht?
6. Wie viele Strahlenkeulen entstehen nach Kenntnis der Bundesregierung zusätzlich zur gewünschten Strahlenkeule, wenn eine adaptive Sendeanlage 64 Signale parallel aussendet und so steuert, dass das Empfangsgerät im Wirkungsbereich der primären Strahlenkeule liegt?

Die Fragen 5 und 6 werden gemeinsam beantwortet.

Adaptive Antennen besitzen über die Anzahl der Antennenelemente hinaus eine Reihe von Eigenschaften, wie unter anderem die gewählte Form der eingesetzten Antennenelemente, ihre Anordnung und den verwendeten Algorithmus zur Steuerung der Antenne. Ohne Kenntnis aller Parameter kann die Bundesregierung daher die Fragen 5 und 6 nicht beantworten.

7. Welche Strahlungswerte treten nach Kenntnis der Bundesregierung an den Maxima und Nebenmaxima auf (bitte nach prozentualen Werten des Grenzwertes in 10-Prozent-Schritten gruppieren)?
8. Welche Strahlungswerte treten nach Kenntnis der Bundesregierung im Bereich der primären Strahlenkeule und weiteren Strahlenkeulen auf?
9. Welche räumliche Ausdehnung haben nach Kenntnis der Bundesregierung die Maxima und Nebenmaxima (in Kubikzentimetern)?
10. Welche Raumfläche wird nach Kenntnis der Bundesregierung durch die primäre Strahlenkeule bestrahlt (in Kubikmetern, bitte für verschiedene Szenarien angeben) wenn sich das
 - a) Empfangsgerät nah an der 5G-Sendeanlage,
 - b) Empfangsgerät in mittlerer Entfernung zur 5G-Sendeanlage,
 - c) Empfangsgerät in maximaler Entfernung zur 5G-Sendeanlage befindet?
11. Welche Raumfläche wird nach Kenntnis der Bundesregierung durch die weiteren Strahlenkeulen bestrahlt (in Kubikmetern, bitte für verschiedene Szenarien angeben) wenn sich das
 - a) Empfangsgerät nah an der 5G-Sendeanlage,
 - b) Empfangsgerät in mittlerer Entfernung zur 5G-Sendeanlage,
 - c) Empfangsgerät in maximaler Entfernung zur 5G-Sendeanlage befindet?

Die Fragen 7 bis 11 werden gemeinsam beantwortet.

Um konkrete Angaben zu erreichten Feldstärken in einem bestimmten Abstand zur Antenne berechnen zu können, müssen weitere Parameter bekannt sein. Gleiches gilt für die räumliche Ausdehnung bzw. das Volumen einer Strahlungskeule in Abhängigkeit der genutzten Frequenz und der in Bezug genommenen Feldstärke. So sind neben Form und Anordnung der einzelnen Antennenelemente die Leistungen (Amplituden) und Phasenbeziehungen der den Antennenelementen zugeführten Signale entscheidend, die durch den zugrundeliegenden Algorithmus entsprechend der momentanen Situation angepasst bestimmt werden.

12. Welche Strahlenbelastung tritt nach Kenntnis der Bundesregierung während aktivem Datenaustausch mit der 5G-Sendeanlage direkt am Empfangsgerät, durch die Abstrahlleistung des Empfangsgeräts, auf, wenn sich dieses
 - a) nah an der 5G-Sendeanlage,
 - b) in mittlerer Entfernung zur 5G-Sendeanlage,
 - c) in maximaler Entfernung zur 5G-Sendeanlage befindet?

Im ungünstigsten Fall, das heißt bei maximaler Entfernung zur ortsfesten Basisstation, kann das mobile Endgerät mit der vollen zur Verfügung stehenden Sendeleistung senden. In diesem Fall wird die vom Hersteller für das jeweilige Endgerät angegebene spezifische Absorptionsrate (SAR-Wert) erreicht, die ein Maß für die Strahlenbelastung ist. In allen anderen Fällen passt das mobile 5G-Endgerät seine Sendeleistung entsprechend der ETSI-Norm TS 138 213, Abschnitt 7, an, wobei ein linearer Zusammenhang zwischen Sendeleistung und erreichtem SAR-Wert besteht.

13. In welchem Ausmaß steigt die Strahlenbelastung einer Gruppe nach Kenntnis der Bundesregierung an, wenn sie sich im Bereich mehrerer primärer Strahlenkeulen benachbarter Frequenzbänder aufhält?

Es wird auf Anhang IV der Empfehlung 1999/519/EG des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz) bzw. Anhang 2 der 26. BImSchV verwiesen.

14. Wird die Strahlungsbelastung von Mobilfunkantennen durch die Regierung regelmäßig überprüft?
- Wie viele Prüfungen fanden in den Jahren 2015 bis 2019 statt (bitte nach Jahren gruppieren)?
 - Bei wie vielen Prüfungen ergaben sich Überschreitungen der Grenzwerte (bitte nach Jahren für die Jahre 2015 bis 2019 gruppieren)?
 - Wie werden die Prüfungen durchgeführt?
 - Muss das Prüfverfahren für adaptive Antennen abgeändert werden (wenn ja, bitte darlegen, welche Änderungen geplant sind)?

Die Bundesnetzagentur (BNetzA) überprüft zur Durchführung der Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder (BEMFV) standortbescheinigungspflichtige Funkanlagen am Installationsort. Die Überprüfungen erfolgen stichprobenartig und ohne Vorankündigung. Im Durchschnitt werden pro Jahr 2.200 Funkanlagenstandorte überprüft. Das zur Anwendung kommende Überprüfungsverfahren ist von dem jeweiligen Funkanlagenstandort abhängig. Werden gravierende Abweichungen zu den der Standortbescheinigung zugrundeliegenden Antragsdaten festgestellt, wird der Betreiber der jeweiligen Anlage zur Stellungnahme aufgefordert. Sofern der von der BNetzA festgelegte Sicherheitsabstand nach den Regelungen der BEMFV nicht eingehalten wird, erfolgt eine unverzügliche Außerbetriebnahmeanordnung. In diesem Fall liegt eine Ordnungswidrigkeit vor. Die betreffende Anlage darf erst dann wieder in Betrieb genommen werden, wenn von der BNetzA die Einhaltung der Grenzwerte festgestellt werden konnte.

Bei den bislang festgestellten Unregelmäßigkeiten handelte es sich ausschließlich um Abweichungen von Antragsparametern, die den Personenschutz nicht gefährdeten.

Darüber hinaus führt die Bundesnetzagentur seit 1996 in Zusammenarbeit mit den Landesumweltministerien jährliche EMF-Messreihen durch. Die Messorte werden nach Kriterien, wie zum Beispiel Schulen, Kindergärten oder stark besuchte öffentliche Wege und Plätze ausgewählt. Die Umweltministerien der Länder können im Rahmen dieser EMF-Messreihen ebenfalls anteilig bis zu 1.000 Messorte benennen, die von der BNetzA dann unverändert übernommen werden. Die Messreihen zeigen, dass die gesetzlich festgelegten Grenzwerte zum Schutz von Personen in elektromagnetischen Feldern nur zu einem Bruchteil ausgeschöpft werden. Die an dem jeweiligen Messort ermittelte Grenzwertausschöpfung wird in der EMF-Datenbank der BNetzA veröffentlicht.

Die Überwachung der Vorschriften der 26. BImSchV, einschließlich der Einhaltung von Grenzwerten, erfolgt (mit Ausnahme von Anlagen, die der militärischen Landesverteidigung dienen, sowie Betriebsanlagen der Eisenbahnen des Bundes) durch die nach Landesrecht zuständigen Behörden in landeseigener Verwaltung. Die erfragten Informationen zu dieser Überwachung liegen der Bundesregierung daher nicht vor.

15. Wie berechnet die Bundesnetzagentur nach Kenntnis der Bundesregierung bei adaptiven Antennen, ob und in welchem Abstand der gesetzlich festgelegte Grenzwert erreicht wird?

Zum Nachweis der Einhaltung der gesetzlich festgelegten Grenzwerte bei adaptiven Antennen wendet die BNetzA eine abgeleitete Nahfeldberechnung an. Dieses Verfahren wurde von der Universität Karlsruhe (TH) im Auftrag der BNetzA entwickelt. Bei diesem Verfahren wird eine über alle möglichen Strahlrichtungen gemäß der Antragstellung eine Einhüllende gelegt und die sich ergebenden Feldstärken berechnet. Anhand dieser Berechnung lässt sich die Einhaltung der Sicherheitsabstände entsprechend der Regelungen der BEMFV feststellen.

16. Gelten bei adaptiven Antennen nach Kenntnis der Bundesregierung Sonderregelungen, die Überschreitungen der Grenzwerte erlauben, wenn die Grenzwerte im Durchschnitt des Sendebetriebs eingehalten werden?
 - a) Wenn nein, sind solche Sonderregelungen geplant?

Besondere Grenzwerte oder Regelungen, die nur für bestimmte Antennentechnik anzuwenden sind, bestehen in Deutschland nicht und sind auch nicht geplant. Auf die Antwort zu Frage 3 wird insoweit verwiesen.

Die Grenzwerte für hochfrequente elektromagnetische Felder für ortsfeste Hochfrequenzanlagen gelten nach Anlage 1b der 26. BImSchV „quadratisch gemittelt über 6-Minuten-Intervalle“. Sind die Felder nicht kontinuierlich, so dürfen die in der genannten Anlage festgelegten Werte für kürzere Zeitspannen überschritten werden, und zwar im für den Mobilfunk genutzten Frequenzbereich um „das 32-fache“ (Anlage 3 Absatz 3 der 26. BImSchV). Bei der Nutzung dieser Möglichkeit handelt es sich nicht um eine Grenzwertüberschreitung. Sofern eine Sendeanlage diese Möglichkeit planmäßig nutzt, umfasst der Nachweis der Grenzwerteinhaltung auch die sichere Funktion und Zuverlässigkeit der zur Einhaltung im zeitlichen Mittel verwendeten Vorrichtungen.

- b) Wird bei dieser Berechnung die bereits vorliegende örtliche Belastung berücksichtigt?

Die Grenzwerte müssen nach § 2 der 26. BImSchV „bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung“ und „unter Berücksichtigung von Immissionen durch andere ortsfeste Hochfrequenzanlagen“ (sowie bestimmten Niederfrequenzanlagen, was in der Praxis aber regelmäßig nicht relevant ist) eingehalten werden. Bei der Berechnung ist daher zu berücksichtigen, welcher Anteil der Grenzwerte bereits durch die Felder solcher anderen Anlagen unter jeweils höchster betrieblicher Anlagenauslastung ausgenutzt sein kann; dieser Anteil kann für die jeweils zu bewertende Anlage nicht mehr in Anspruch genommen werden.

- c) Wird bei diesen Berechnungen von laborähnlichen Bedingungen ausgegangen?

Die Berechnungsmethoden müssen so ausgelegt sein, dass sie zum Nachweis der sichereren Grenzwerteinhaltung unter den örtlich vorhandenen Gegebenheiten bzw. den örtlich möglichen Bedingungen geeignet sind. Zu berücksichtigen sind dabei insbesondere die in der Antwort zu den Fragen 16a und 16b genannten Rahmenbedingungen. Die Berechnungsergebnisse müssen bei Bedarf messtechnisch überprüfbar sein.

17. Ist bei Umwidmung eines Mobilfunkstandorts von einer älteren Generation des verwendeten Mobilfunkstandards (2G, 3G, 4G) auf 5G nach Kenntnis der Bundesregierung eine Neubewertung des Standorts nötig?
- Welche Schritte sind nach Kenntnis der Bundesregierung nötig, die bei einer Umwidmung abgearbeitet werden müssen?
 - Wird eine Umwidmung behandelt wie eine Neuzulassung?
 - Ist ein neues Immissionsgutachten nötig?
 - Wird eine Neuberechnung der Strahlenbelastung durch die Bundesnetzagentur vorgenommen?

Jede technische Veränderung eines standortbescheinigungspflichtigen Funkanlagenstandortes, die zu einer Betriebsweise führt, die nicht mehr durch die aktuelle Standortbescheinigung abgedeckt ist, darf nur dann in Betrieb genommen werden, wenn die Einhaltung der gesetzlich festgelegten Grenzwerte im Rahmen des Standortverfahrens durch die BNetzA festgestellt wurde. Diese Regelung gilt für alle ortsfesten Funkanlagen mit einer Sendeleistung ab 10 Watt EIRP pro Standort, also auch für die 5G Mobilfunktechnik.

18. Gedenkt die Bundesregierung, die Handlungsempfehlungen zur Handnutzung auf adaptive Antennen anzupassen?

Wenn ja, inwiefern?

Im Zusammenhang mit der Nutzung der fortentwickelten Antennensysteme sind derzeit keine Änderungen von Empfehlungen zur Mobilfunknutzung geplant. Die jeweils aktuellen Hinweise zur Verringerung der persönlichen Exposition sind jederzeit auf der Internetseite des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) abrufbar.

19. Ist die Technik der adaptiven Antennen, die bei 5G eingesetzt wird, nach Ansicht der Bundesregierung eine neue Technik?

Die Technik adaptiver, phasengesteuerter Gruppenantennen ist bereits seit mehreren Jahrzehnten bekannt und wird seit den 1970er Jahren unter anderem in Radarsystemen verwendet. Insofern ist die Technik der adaptiven Antennen, die bei 5G eingesetzt wird, nach Ansicht der Bundesregierung keine neue Technik.

20. Welche Konsequenzen würden sich nach Kenntnis der Bundesregierung ergeben, wenn die Technik der adaptiven Antennen als neue Technik aufgefasst wird
- für Strahlungsgrenzwerte,

Die Bundesregierung sieht den bestehenden rechtlichen Rahmen als ausreichend an.

Die Grenzwerte werden ohne Bezug zu konkreten technischen Anwendungen festgelegt; auf die Antwort zu Frage 3 wird hierzu verwiesen. Daher haben technische Fortentwicklungen grundsätzlich keine Auswirkungen auf die Grenzwertsetzung.

- b) für Regularien,

Das technische Regelwerk muss für die jeweils verwendete Technik angemessene Methoden zur Bewertung der Emissionen und zum Nachweis der Grenzwerteinhalten festlegen. Es ist daher eine fortlaufende Prüfung geboten, ob eine Anpassung an fortentwickelte Technik erforderlich ist.

- c) für die Wirtschaftlichkeit von 5G in der industriellen Anwendung,
d) für die Wirtschaftlichkeit von 5G im Endnutzerbereich,

Zur Wirtschaftlichkeit einer Technik und zur Risikobewertung im privatwirtschaftlichen Bereich kann die Bundesregierung keine Aussagen treffen.

- e) für die Genehmigung der Masten und Bauvorschriften,

Das Baurecht ist in Deutschland ausschließlich Ländersache. Die Bundesregierung sieht jedoch bezüglich der eingesetzten Technik (hier: 5G) keinen Unterscheidungsbedarf im Baurecht.

- f) für Versicherungsprämien der Mobilfunkbetreiber, die 5G-Technik anbieten,

Über die Finanzierungen und Rückversicherungen der Mobilfunknetzbetreiber liegen der Bundesregierung keine Informationen vor. Das unternehmerische Risiko liegt bei den Betreibern; der gesetzliche Rahmen soll u. a. auch eine Planbarkeit der unterschiedlichen Geschäftsmodelle ermöglichen.

- g) für weitere, nicht unter a bis f gelistete Aspekte?

Im Übrigen wird auf die Antwort zu Frage 19 verwiesen.

21. In welchen anderen Bereichen wird die Technik der adaptiven Antennen nach Kenntnis der Bundesregierung bereits eingesetzt?

Nach Kenntnis der Bundesregierung wird die Technik des Beamforming im Bereich der Akustik (insbesondere bei Sonarsystemen, der Seismologie und bei Hörgerätesystemen) eingesetzt. Neben der terrestrischen und der satellitengestützten Kommunikation wird die Technik des Beamforming in Bezug auf elektromagnetische Wellen insbesondere auch bei Radarsystemen eingesetzt. Dies schließt Systeme für die Erderkundung und Wetterradare ein.

22. Welche Studien zu adaptiven Antennen liegen der Bundesregierung vor?

Im Rahmen des Ressortforschungsplans des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit hat das BfS das Forschungsvorhaben „Berücksichtigung aktueller Mobilfunkantennentechnik bei der HF-EMF-Expositionsbestimmung“ mit einer Laufzeit bis Ende März 2021 beauftragt. Bestandteil des Vorhabens sind Messungen in der nahen und weiteren Umgebung von Standorten mit Mobilfunk-Basisstationen, die Antennensysteme mit adaptiver Strahlformung bzw. -lenkung nutzen. Da die zu untersuchenden Standorte dem Standortbescheinigungsverfahren unterliegen, ist von der Einhaltung der Grenzwerte auszugehen. Ziel des Vorhabens ist es, über die Prüfung dieser Feststellung hinaus ein detailliertes Bild über maximal mögliche und tatsächliche Expositionsbeiträge zu bekommen.

Weiterhin liegen den innerhalb der Bundesregierung zuständigen Behörden eine Vielzahl von Fachveröffentlichungen vor, die sich mit den elektromagnetischen Feldern der genannten Antennensysteme befassen. Beispiele für relevante Artikel sind:

Aerts, S.; Verloock, L.; Van Den Bossche, M.; Colombi, D.; Martens, L.; Törnevik, C. & Joseph, W.: In-situ Measurement Methodology for the Assessment of 5G NR Massive MIMO Base Station Exposure at Sub-6 GHz Frequencies, *IEEE Access*, IEEE, 2019, 7, 184658-184667

Keller, H.: On the Assessment of Human Exposure to Electromagnetic Fields Transmitted by 5G NR Base Stations, *Health physics*, 2019, 117, 541-545

Jamshed, M. A.; Heliot, F. & Brown, T.: A Survey on Electromagnetic Risk Assessment and Evaluation Mechanism for Future Wireless Communication Systems, *RF and Microwaves in Medicine and Biology IEEE Journal of Electromagnetics*, 2019, 1

Matalatala, M.; Deruyck, M.; Shikhantsov, S.; Tanghe, E.; Plets, D.; Goudos, S.; Psannis, K. E.; Martens, L. & Joseph, W.: Multi-objective optimization of massive mimo 5g wireless networks towards power consumption, uplink and downlink exposure, *Applied Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 2019, 9, 4974

Thors, B.; Furuskär, A.; Colombi, D. & Törnevik, C.: Time-Averaged Realistic Maximum Power Levels for the Assessment of Radio Frequency Exposure for 5G Radio Base Stations Using Massive MIMO, *IEEE Access*, 2017, 5, 19711-19719

