



Bundesamt
für Strahlenschutz

5G – Die 5. Mobilfunk-Generation

STRAHLENSCHUTZ**STANDPUNKT**



Der Rollout der 5. Mobilfunkgeneration schreitet voran. 5G ist keine komplett neue Technologie, sondern eine Weiterentwicklung der vorherigen Mobilfunkstandards 2G (GSM), 3G (UMTS) und 4G (LTE). Viele technische Aspekte sind deshalb mit jenen bisherigen Standards vergleichbar. Hauptunterschied zwischen 5G und 4G ist eine anvisierte bis zu 100-fach höhere Datenübertragungsrate und eine geringere Verzögerung bei der Übertragung von Daten. Diese Aspekte sollen ein deutlich größeres Spektrum von Anwendungen erlauben, erfordern aber auch die Einführung technischer Neuerungen.

Die Bewertung der Exposition und damit verbundener möglicher Gesundheitsrisiken durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (EMF) ist eine Aufgabe des Bundesamts für Strahlenschutz. In diesem BFS-Standpunkt wird Mobilfunk inklusive 5G aus Strahlenschutzsicht bewertet.

Die Informationsübertragung bei Mobilfunk erfolgt über hochfrequente elektromagnetische Felder (sogenannte HF-Felder). Diese Felder können Gewebe erwärmen, eine zu starke Erwärmung kann gesundheitsschädigende Folgen haben. Damit diese thermischen Wirkungen nicht zu gesundheitlichen Schäden führen, wurden Empfehlungen entwickelt und Grenzwerte festgelegt. Diese wurden deutlich unterhalb der Wirkschwelle angesetzt sowie konservativ unter „Worst Case“-Bedingungen abgeleitet und gelten auch für besonders empfindliche Personengruppen und bei Dauerexposition.

In Deutschland sind die Grenzwerte für die Exposition der Bevölkerung durch ortsfeste Anlagen, u. a. Mobil-

funk-Basisstationen, in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) frequenzabhängig festgelegt. Der Schutz der Gesundheit der Nutzer*innen von mobilen Endgeräten (z. B. Handys, Smartphones) wird im Rahmen der Produktsicherheit geregelt. Hierbei soll die beim Betrieb auftretende Energiebeziehungweise Leistungsaufnahme im Körper festgelegte Höchstwerte nicht überschreiten. Als Maß dient die Spezifische Absorptionsrate (SAR).

Wie hoch ist die Strahlenbelastung jetzt und was wird anders mit 5G?

Das Mobilfunknetz mit den bisherigen Standards GSM, UMTS und LTE nutzt zurzeit Frequenzen von 700 Megahertz (MHz) bis 2,6 Gigahertz (GHz). Die Exposition durch Basisstationen ist üblicherweise sehr niedrig (meist unter 1 % des Grenzwertes). Demgegenüber kann bei der körpernahen Handynutzung der empfohlene Höchstwert für die SAR zu einem erheblichen Teil ausgeschöpft werden.



Eine typische Mobilfunkantenne: Wie hoch ist die Strahlenbelastung?



5G ermöglicht eine höhere Datenübertragungsrate.

Bei der Frequenzauktion im Frühjahr 2019 wurden zwei Frequenzbereiche versteigert, die für vergleichbare Mobilfunknutzungen bereits eingesetzt werden: 2 GHz und 3,6 GHz. Erst in einem weiteren Ausbauschnitt sind in Deutschland für 5G und später 6G auch höhere Frequenzbänder vorgesehen, zum Beispiel im 26 GHz- und im 40 GHz-Band- oder bis zu 86 GHz. Ab 30 GHz spricht man vom Millimeterwellenbereich. Wegen der geringen Reichweite und der schwachen Durchdringung von Wänden werden die höheren 5G-Frequenzbänder (> 20 GHz) voraussichtlich örtlich eingeschränkt zur Nutzung kommen, z. B. in Industriegeländen (beruflich Exponierte), oder möglicherweise auch an Orten mit einem hohen Datentransferaufkommen, z. B. in Stadien (allgemeine Bevölkerung). Man spricht auch von sogenannten Campusslösungen. In Deutschland befinden sich diese Felder in einigen Regionen in einer Testphase bezüglich möglicher Anwendungen.

Mit den stets steigenden Datenübertragungsraten werden mehr Sendeanlagen benötigt. Schon heute kommen an Orten mit hoher Nutzerdichte, z. B. an Bahnhöfen oder auf Marktplätzen, sogenannte Kleinzellen („Small Cells“) zum Einsatz. Mit 5G wird eine weitere Zunahme erwartet. Die Kleinzellen haben eine geringere Sendeleistung im Vergleich zu herkömmlichen Basisstationen, werden aber näher an Orten betrieben, an denen sich Menschen aufhalten.

Auch neue Antennentypen wie die Massive-MIMO-Antennen (Multiple Input Multiple Output) werden in Zukunft vermehrt zur Anwendung kommen. Massive-MIMO-Antennen können die Mobilfunksignale zielgerichtet an die Nutzer*innen abgeben. Dadurch können die Personen in der Funkzelle, die ihr Mobiltelefon nicht nutzen, im Durchschnitt geringer exponiert sein als beim Einsatz herkömmlicher Funkantennen, welche die Funkzelle gleichmäßiger versorgen. Somit wird es insgesamt zu größeren räumlichen und zeitlichen Schwankungen kommen als bisher, wobei erwartet wird, dass die Grenzwerte nach wie vor deutlich unterschritten bleiben.

Wie sich die Exposition der Bevölkerung durch die Umstellung bestehender und den Aufbau neuer Mobilfunk-

netze mit 5G-Technik im Detail entwickeln wird, lässt sich durch Modellrechnungen grob abschätzen. Die individuelle Exposition wird üblicherweise von Emissionen der nahe am Körper betriebenen Endgeräte dominiert. Mit der Zunahme von Sendeanlagen und damit verbunden der geringeren Distanz zu diesen wird die Sendeleistung des Mobiltelefons und damit auch die Energieabsorption beim Nutzer niedriger sein als bei bisherigen Basisstationen größerer Funkzellen. Unter der Annahme, dass ein höherer Datentransfer durch die höhere Effizienz des neuen 5G-Standards in etwa ausgeglichen werden kann, sollte sich die Exposition bei etwa gleichbleibender Nutzungsintensität nicht wesentlich ändern.

Bezogen auf die Basisstationen ist zu erwarten, dass die Exposition der Bevölkerung wegen der relativ geringen Sendeleistung von Basisstationen und des Abstandsgesetzes (bei Verdopplung des Abstands sinkt die Leistungsdichte unter Freiraumbedingungen auf ein Viertel) auf einem verglichen mit den Grenzwerten niedrigen Niveau bleibt.

Auch wenn nach jetzigen Abschätzungen keine signifikanten Änderungen der durchschnittlichen Exposition durch 5G zu erwarten sind, werden die tatsächlichen Entwicklungen vom BfS kontinuierlich verfolgt und bewertet. Hierfür vergibt das BfS Forschungsvorhaben und betreibt Eigenforschung.

- Derzeit werden die Grenzwerte bezogen auf Mobilfunk-Basisstationen nur zu einem geringen Prozentsatz ausgeschöpft.
- Eine signifikante Änderung der durchschnittlichen Exposition ist durch 5G nicht zu erwarten.
- Die individuellen Expositionen durch Kleinzellen und die neuen Antennentechniken werden allerdings komplexer und es wird mit größeren kurzzeitigen und räumlichen Schwankungen unterhalb der Grenzwerte gerechnet.
- Über gezielte Forschung wird die Entwicklung der Exposition durch HF-Felder vom BfS kontinuierlich verfolgt und bezogen auf Gesundheitsschutz bewertet.

Gibt es gesundheitsschädigende Effekte durch Mobilfunk generell und 5G im Speziellen?

Anfang 1990 kam mit der flächendeckenden Verbreitung des Mobilfunks die Frage auf, ob es über die Geweberwärmung hinaus auch bei Einhaltung der geltenden Grenzwerte möglicherweise gesundheitsschädigende Wirkungen gibt. Seither wurde sowohl national als auch international eine Vielzahl von Studien initiiert. Bei den Studien handelt es sich um Beobachtungsstudien (sogenannte epidemiologische Studien) und experimentelle Studien am Menschen, Tierexperimente (auch mit Expositionen über mehrere Generationen) und Zellstudien (In-vitro-Studien) zu möglichen Wirkmechanismen. Hervorzuheben sind dabei das vom BfS von 2002 bis 2009 durchgeführte Deutsche Mobilfunkforschungsprogramm (DMF; siehe www.emf-forschungsprogramm.de) sowie eine Reihe weiterer Vorhaben in den Folgejahren.

Insgesamt gibt es zu gesundheitlichen Effekten durch HF-Felder weit mehr als 1000 relevante Veröffentlichungen zu unterschiedlichen Mobilfunkfrequenzbereichen, deren Erkenntnisse sich auch auf die aktuell bei 5G bereits in Deutschland genutzten Frequenzen von 700/800 MHz, 2 GHz und 3,6 GHz übertragen lassen. In der Gesamtschau dieser Studien und unter Berücksichtigung der Qualität und damit der Aussagekraft der Studien kommt das BfS zu folgenden Bewertungen für die nachfolgenden Fragestellungen:

- **Können einzelne, vorliegende Hinweise zu „nicht-thermischen“ Wirkmechanismen (unterhalb der Grenzwerte) bestätigt werden?**

Biologische Effekte hochfrequenter Felder auf Zellfunktionen, auf das Erbgut, die Genexpression und auf die Neurophysiologie des visuellen und des Hörsystems wurden z. T. in Wiederholungsstudien untersucht. Die „Melatonin-Hypothese“ und die Hypothese bezüglich einer Demodulation von HF-Feldern wurden überprüft. Keine dieser postulierten Wirkungen konnte bestätigt werden.

- **Gibt es akute Wirkungen oder Befindlichkeitsstörungen durch Mobilfunkfelder?**

Ein möglicher Einfluss hochfrequenter Felder von Mobiltelefonen auf die Leistungsfähigkeit des Gehirns und den Schlaf wurde in mehreren Probandenstudien untersucht. Es wurden minimale EEG-Änderungen beobachtet, die aber als nicht gesundheitsrelevant bewertet werden. Befindlichkeitsstörungen (Kopfschmerzen, Schwindel etc.), die von einigen Perso-



Hochfrequente Felder beeinflussen den Schlaf nicht.

nen auf HF-Felder zurückgeführt werden, können zu erheblichen Einschränkungen in der Lebensqualität der Betroffenen führen. Provokationsstudien unter Laborbedingungen und Studien unter realen Gegebenheiten sprachen übereinstimmend gegen einen ursächlichen Zusammenhang zwischen HF-Feldern des Mobilfunks und Befindlichkeitsstörungen. Demgegenüber sind Nocebo-Effekte von elektromagnetischen Feldern (negative Wirkung aufgrund der Erwartung von negativen Wirkungen, Pendant zu Placebo-Effekt) durch wissenschaftliche Studien gut belegt.

- **Gibt es krebserregende Wirkungen von Mobilfunkfeldern?**

Dieser Fragestellung wurde intensiv über epidemiologische Studien und Tierexperimente nachgegangen. Bezüglich Handynutzung zeigen epidemiologische Studien mehrheitlich kein erhöhtes Risiko für das Auftreten von Tumoren generell und auch nicht für Tumoren im Kopf-, Hals- und Nackenbereich. Bisher veröffentlichte epidemiologische Studien erlauben aber derzeit noch keine abschließende Aussage zum Hirntumorrisiko bei „Vielnutzern“ der Mobilfunktechnologie und – wegen deren bislang vergleichsweise kurzen Nutzungsdauer – zum Krebsrisiko bei einer Nutzungsdauer von mehr als 15 Jahren. In Tierexperimenten mit lebenslanger Exposition, auch über mehrere Generationen, zeigte sich unterhalb der Grenzwerte kein belastbarer Zusammenhang zwischen Krebserkrankungen und Mobilfunkexposition unterschiedlicher Standards.

Wegen einzelner Hinweise auf einen solchen Zusammenhang stuft die Internationale Krebsforschungsagentur (IARC) 2011 HF-Felder als „möglicherweise krebserregend“ (Gruppe 2b) ein. Eine solche Einstufung seitens der IARC bedeutet, dass die Möglichkeit



Tierexperimente zur Untersuchung von Krebserkrankungen durch Mobilfunk.

eines solchen Risikos zwar nicht wahrscheinlich ist, aber wegen Einzelhinweisen auch nicht ausgeschlossen werden kann. Ein ursächlich zugrunde liegender Wirkmechanismus ist nicht bekannt. Auch ist bisher kein auffälliger Anstieg der Inzidenzraten von Kopf-tumoren in den nationalen Krebsregistern festzustellen. Das BfS verfolgt weiterlaufende Studien zu diesem Thema und vergibt Forschungsvorhaben.

Häufig wird von Bürger*innen auch die Sorge geäußert, dass Felder von Mobilfunkbasisstationen zu Krebserkrankungen führen könnten. Die Exposition der Bevölkerung durch die Felder von Basisstationen liefert jedoch im Vergleich zur Strahlenexposition bei Handynutzung üblicherweise nur einen kleinen Beitrag zur Gesamtexposition von einzelnen Menschen. Auch sind die Sendeleistungen der Basisstationen im Vergleich zu anderen, seit Jahrzehnten bestehenden hochfrequenten Feldquellen wie Rundfunk- und Fernsehsendern sehr gering. Rund um diese leistungsstarken Sender wurde kein erhöhtes Krebsrisiko beobachtet.

- **Gibt es eine tumorwachstumsfördernde Wirkung von Mobilfunkfeldern?**

In Tierstudien wurde untersucht, ob bestehende Tumore durch Mobilfunkfelder möglicherweise in ihrem Wachstum gefördert werden können. Mithilfe krebserregender Substanzen wurden in Mäusen oder Ratten Tumore erzeugt und die Tiere dann verschiedenen Mobilfunkfeldern ausgesetzt. In einigen Tiermodellen zeigte sich keine tumorwachstumsfördernde

Wirkung, während in einem bestimmten Mausstamm Tumore hauptsächlich in Lunge und Leber durch Mobilfunkexposition (3G/UMTS) in ihrem Wachstum gefördert wurden. Da die Exposition des Menschen (mit UMTS-Signalen) völlig andere körperinterne Feldverteilungen zur Folge hat (z. B. werden Lunge und Leber nicht erreicht), kann dieses Ergebnis nicht direkt auf den Menschen übertragen werden. In der Gesamtschau der vorliegenden Studienergebnisse geht das BfS daher nicht von einer tumorwachstumsfördernden Wirkung beim Menschen aus. Um zu prüfen, ob es sich bei den Beobachtungen in dem einen Mausstamm – wie in unserer Bewertung angenommen – um einen tiermodellspezifischen Effekt handelt, der nur unter speziellen Versuchsbedingungen zum Tragen kommt, oder ob ein bisher unbekannter und möglicherweise allgemein relevanter Wirkmechanismus zugrunde liegen könnte, vergibt das BfS weitere Forschungsvorhaben.

- **Gibt es andere Langzeitfolgen durch Mobilfunkfelder?**

Weitere theoretisch mögliche Folgen von Langzeitexpositionen wurden v. a. in Tierstudien untersucht. Diese zeigten keine belastbaren Belege für einen Einfluss von Mobilfunkfeldern unterschiedlicher Standards/ Generationen auf die Durchlässigkeit der Blut-Hirnschranke, das Auftreten von Tinnitus, die männliche Fertilität, auf das Immunsystem, die Nervenzellen und Stressantwort. Auch in Mehrgenerationsstudien zeigte sich kein Einfluss auf die Nachkommenschaft bezüglich des Lernens und der Leistungsfähigkeit des Gehirns.



Am höchsten ist die Exposition des Kopfes bei der direkten Nutzung des Mobiltelefons am Ohr.

● **Gibt es möglicherweise spezifische Gesundheitswirkungen bei „5G-Frequenzen“ oberhalb von 20 GHz?**

Höhere 5G-Frequenzbänder (> 20 GHz) haben eine geringe Reichweite. Die Absorption dieser HF-Felder findet sehr nahe an der Körperoberfläche statt (die Eindringtiefe der Felder ist frequenzabhängig und beträgt ab 20 GHz 1 mm und weniger). Direkte Wirkungen auf innere Organe sind deshalb nicht zu erwarten. Mögliche Auswirkungen dieser Millimeterwellen würden – falls überhaupt – v. a. Haut und Augen betreffen. Da es hierzu noch vergleichsweise wenig Forschung gibt, vergibt das BfS Forschungsvorhaben in diesem Frequenzbereich. Die Grenzwerte der 26. BImSchV (siehe oben) umfassen auch die höheren Frequenzen (bis 300 GHz), sodass die Einhaltung der Grenzwerte vor allen nachgewiesenen Wirkungen neuer Technologien in diesem Frequenzbereich schützt.

In der Gesamtschau aller vorhandenen Studien und unter Berücksichtigung ihrer Qualität kommt das BfS zu dem Fazit, dass bei Einhaltung der bestehenden Grenzwerte nach derzeitigem Kenntnisstand keine gesundheitsschädigenden Effekte zu erwarten sind.

- Die gesundheitlichen Effekte durch Mobilfunk sind gut untersucht.
- Die Datenlage ist weitgehend robust.
- Die bisher einzige wissenschaftlich gesicherte, gesundheitsrelevante Wirkung von HF-Feldern ist Gewebeerwärmung deutlich oberhalb der Grenzwerte.
- Bei Einhaltung der Grenzwerte sind keine gesundheitsschädigenden Effekte zu erwarten.

Gibt es noch offene Fragen und wie geht das BfS damit um?

Die Einhaltung der Grenzwerte schützt vor allen wissenschaftlich nachgewiesenen Gesundheitswirkungen durch HF-Felder, es bestehen jedoch noch Unsicherheiten in der Risikobewertung hinsichtlich intensiver und langfristiger Handynutzung sowie hinsichtlich Millimeterwellen. Bei einer Risikobewertung ist zudem zu berücksichtigen, dass die völlige Unschädlichkeit einer Technologie nicht bewiesen werden kann, da nie alle möglichen Situationen, Kombinationen und Zustände getestet sowie alle denkbaren Endpunkte betrachtet werden können. In der Gesamtabwägung kommt das BfS zu der Einschätzung, dass bei HF-Feldern folgende Vorsorgemaßnahmen angezeigt sind:

- **Forschung:** Mit begleitender und proaktiver Forschung werden (per Definition immer vorhandene) wissenschaftliche Unsicherheiten in der Risikobewertung weiter verringert.
- **Minimierung der Exposition:** Da die Exposition durch Basisstationen üblicherweise sehr gering ist, betreffen Minimierungsoptionen für Bürger*innen vor allem die körpernahe Nutzung von Endgeräten (siehe auf der BfS-Internetseite (www.bfs.de/handytipps) einfache Verhaltensmaßnahmen zur Handynutzung, wie jeder und jede Einzelne die eigene Exposition verringern kann). Zudem appelliert das BfS an Gerätehersteller und Betreiber, Minimierungsoptionen konsequent zu verfolgen.
- **Information der Bevölkerung:** Die Bevölkerung wird objektiv und sachlich über mögliche gesundheitliche Risiken und die Strahlenbelastung durch HF-Felder informiert.

- Wie in der Forschung und Bewertung neuer Technologien üblich, können nicht alle Fragen abschließend beantwortet werden.
- Das BfS empfiehlt deshalb Vorsorgemaßnahmen. Es informiert und setzt sich für Minimierung ein.
- Das BfS initiiert begleitend oder proaktiv Forschung zur Klärung von Unsicherheiten in der Risikobewertung.

Fazit

Es gibt – bei umfangreicher Datenlage – keine wissenschaftlich gesicherten Belege für negative Gesundheitseffekte durch 5G unterhalb der bestehenden Grenzwerte. Den stets verbleibenden Unsicherheiten in der wissenschaftlichen Risikobewertung wird über Forschung Rechnung getragen. Das BfS wird auch weiterhin die wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen kontinuierlich verfolgen, um zeitnah reagieren zu können, wenn sich an dieser Bewertung etwas ändern sollte.

Wie steht das BfS zu den Forderungen nach einem Moratorium für 5G?

Widerstand gegen Mobilfunk gibt es seit Ausbau des Mobilfunknetzes. Die Argumente haben sich wenig geändert – immer wieder wurden und werden selektiv wissenschaftliche Studien herausgegriffen und als Beweis einer schädlichen Wirkung angeführt. Daraus resultiert die Forderung nach einem Moratorium und dass 5G erst eingeführt werden soll, wenn seine Unschädlichkeit bewiesen ist. Letzteres ist prinzipiell nicht möglich; erforscht und bewiesen werden kann immer nur ein vorhandener Effekt, nicht aber die Abwesenheit eines Effekts und schon gar nicht die Abwesenheit aller denkbaren bekannten und unbekanntem Wirkungen.

Die oftmals unterschiedliche Interpretation von Studienergebnissen beruht auch auf unterschiedlichen Ansätzen in der Risikobewertung. Wie im BfS-StrahlenschutzStandpunkt zu Verfahren in der Risikobewertung am BfS (www.bfs.de/risikobewertung) dargelegt, bezieht das BfS für seine Risikobewertung alle Studien ein und berücksichtigt dabei die Qualität der Studien nach definierten wissenschaftlichen Kriterien. Besondere Berücksichtigung finden dabei publizierte Übersichtsarbeiten von ausgewiesenen Expertengremien und Organisationen, die strenge Anforderungskriterien erfüllen. Auf dieser Basis kommt das BfS bei umfangreicher Datenlage zu dem Schluss, dass es nach derzeitigem Kenntnisstand bei Einhaltung der Grenzwerte keine wissenschaftlich gesicherten Belege für gesundheitsschädigende Effekte durch Mobilfunk inklusive 5G gibt und keine signifikante Erhöhung der Strahlenbelastung durch Einführung der neuen Technologie zu erwarten ist. Den stets verbleibenden wissenschaftlichen Unsicherheiten in der Risikobewertung wird durch die oben genannten Vorsorgemaßnahmen Rechnung getragen. Aus Strahlenschutzsicht sieht das BfS deshalb zum gegenwärtigen Zeitpunkt keinen Grund für ein Moratorium zu 5G.

Impressum

Bundesamt für Strahlenschutz
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter
Tel.: +49 3018 333-0
Fax: +49 3018 333-1885
E-Mail: ePost@bfs.de
www.bfs.de

Redaktion: Melanie Bartholomäus
Gestaltung: Orca Affairs
Fotos: Titel iStockphoto/xijian,
Seite 1 Gettyimages/Bloomberg Creative,
Seite 2 iStockphoto/metamorworks,
Seite 3 Gettyimages/The Washington Post/
Kontributor, Seite 4 iStockphoto/goroden-
koff, Seite 5 PhotoAlto/Frederic Cirou
Stand: Mai 2021