

Elektromagnetische Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen

Anonymisierter Bericht über durchgeführte Feldstärkemessungen



Auftraggeber: Stadt Hauzenberg
Marktplatz 10
94051 Hauzenberg

Untersuchungsorte: Hauzenberg, Stadtteil Germannsdorf

Durchführung: EM-Institut GmbH
Carlstraße 5
93049 Regensburg

Autor: Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek
Öffentlich bestellter und beeidigter Sachverständiger für das Fachgebiet
"Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (EMVU)"

Projektnummer: 19/063

Ort und Datum: Regensburg, 16. September 2021

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Aufgabenstellung 3
2	Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen 5
3	Durchführung der Messungen 8
3.1	Messgrößen für hochfrequente elektromagnetische Felder 8
3.2	Verwendete Messgeräte, Qualitätssicherung 8
3.3	Wie wurde gemessen und bewertet? 9
3.4	Wo wurde gemessen? 10
4	Festgestellte Immissionswerte 11
4.1	Aktuelle Immission durch Mobilfunk 11
4.2	Veränderung der Immission im Vergleich zur "Vorhermessung" 14
5	Schlussfolgerungen 16
6	Literaturverzeichnis 17
7	Anlagen 18
	Anlage 1: Ausführliche Ergebnistabellen 18
	Anlage 2: Grenzwerte und ihre Festlegung 24
	Anlage 3: Lageplan mit Anlagenstandort und den Messpunkten 27
	Anlage 4: Fotos 28

Hinweis: Eine Weitergabe des Berichts (auch auszugsweise) ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Autors zulässig.

1 Aufgabenstellung

Aufgrund der Errichtung eines neuen Mobilfunkanlagenstandortes (Mast auf Gebäudedach, Hofäckerweg 6, 94051 Germannsdorf) wurde die EM-Institut GmbH von der Stadt Hauzenberg beauftragt, an einigen Punkten in der Umgebung des Standortes mittels einer "Vorhermessung" vor und einer "Nachhermessung" nach Inbetriebnahme der neuen Sendeanlagen die Veränderung der dort durch Mobilfunksignale verursachten elektromagnetischen Immissionen messtechnisch zu erfassen.

Die Ergebnisse der Messungen sind mit den in Deutschland verbindlichen Grenzwerten für Hochfrequenzimmissionen zu vergleichen.

Zum Zeitpunkt der "Nachhermessung" waren an diesem neuen Standort folgende Mobilfunksendeanlagen in Betrieb:

Lage des Standorts (Nummer der BNetzA-Standortbescheinigung)	Betreiber (Frequenzbänder bzw. Mobilfunksysteme) MB: "Mobile Broadband"
Hofäckerweg 6, 94051 Germannsdorf (69019434)	Deutsche Telekom (MB08 + MB09 + MB18 + MB21)

Quelle: Standortdatenbank der Bundesnetzagentur (BNetzA), sowie Auskünfte des Netzbetreibers.

Tab. 1: Am neuen Mobilfunkanlagenstandort zum Zeitpunkt der "Nachhermessung" in Betrieb befindliche Mobilfunksendeanlagen.

Der Schutz der Bevölkerung vor den Wirkungen elektromagnetischer Felder ist in Deutschland seit Januar 1997 in der 26. *Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)* [1] verbindlich geregelt. Die in dieser Verordnung festgelegten Immissionsgrenzwerte basieren auf den aktuellen Empfehlungen der Internationalen Kommission für den Schutz vor nicht ionisierenden Strahlen (ICNIRP) [2], des Europäischen Rates [3] sowie der deutschen Strahlenschutzkommission [4].

Die Intensität elektromagnetischer Wellenfelder wird durch die *Feldstärke* oder die *Leistungsdichte* beschrieben. Welche Feldstärke- bzw. Leistungsdichtewerte an bestimmten Orten auftreten, lässt sich im Allgemeinen nur näherungsweise berechnen, da neben der Leistung der Sendeanlage verschiedene andere Einflussfaktoren zusätzlich eine Rolle spielen können. Als Beispiel seien hier Antennencharakteristik, Bewuchs (vor allem Bäume), Bebauung und Gebäudeschirmung genannt.

Um zuverlässige Aussagen über die Hochfrequenzimmission in der Umgebung einer Funksendeanlage treffen zu können, sind daher bei in Betrieb befindlichen Anlagen Messungen in der Regel Berechnungen vorzuziehen. Ein Vergleich der Messergebnisse mit den gesetzlichen Grenzwerten für elektromagnetische Felder erlaubt eine objektive Einschätzung der Immissionssituation vor Ort. Bei geplanten oder noch nicht in Betrieb befindlichen Sendern sind hingegen rechnerische Prognosen die einzige Möglichkeit zur Darstellung der Immissionsverhältnisse.

Im vorliegenden Fall soll mittels der Messergebnisse die Beantwortung der folgenden Fragen möglich werden:

- *Wie groß, im Vergleich zum gesetzlichen Grenzwert, sind die Immissionen, die nach Inbetriebnahme des neuen Anlagenstandortes durch Mobilfunksignale an den betrachteten Messpunkten erzeugt werden?*
- *Wie hat sich die Immission im Vergleich zu den Ergebnissen der "Vorhermessung" verändert?*

Die Ergebnisse der Messungen und die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen werden im Folgenden dargestellt.

2 Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen

Neben der Sendeleistung ist insbesondere das Bündelungsverhalten der montierten Antennen ein wesentlicher Faktor für die Größe der Immissionen in der unmittelbaren Umgebung einer Mobilfunksendeanlage. Die beim Mobilfunk verwendeten Antennen senden in der horizontalen Ebene entweder omnidirektional (Abbildung 1), d.h. in alle Richtungen parallel zum Erdboden wird gleich viel Energie abgegeben oder die elektromagnetische Welle wird mittels Richtantennen horizontal auf einen typisch 60° bis 120° breiten Sektor konzentriert (Abbildung 3). Häufig werden von einem Anlagenstandort aus, durch die Montage mehrerer derartiger Richtantennen, gleich zwei oder drei Sektoren versorgt (Abbildung 2).



Abb. 1: Beispiel für eine Mobilfunksendeanlage mit omnidirektionalen Antennen.

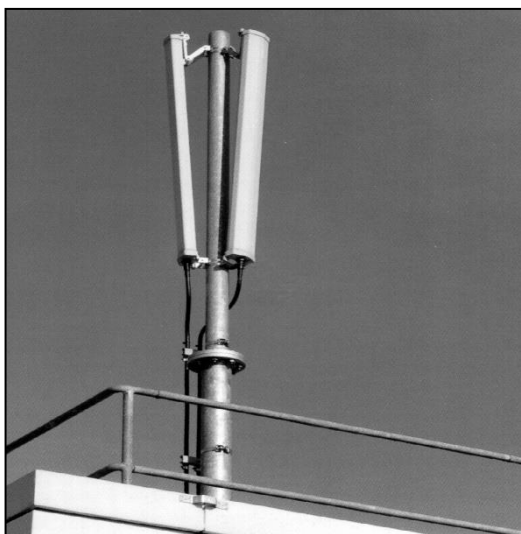


Abb. 2: Zwei Sektorantennen, montiert auf einem Flachdach (hier mit mechanischer Strahlabsenkung, engl. "Downtilt").

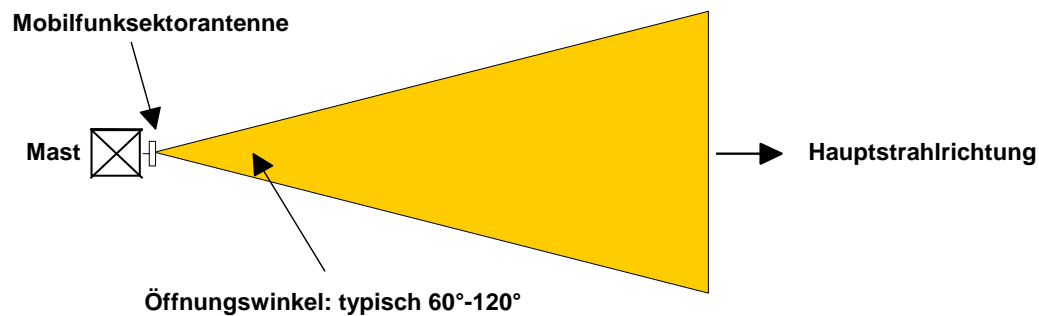


Abb. 3: Horizontales Abstrahlverhalten einer Mobilfunksektorantenne.

An den meisten Standorten werden Sektorantennen verwendet.

In der Vertikalen hingegen senden alle Mobilfunkantennen, ähnlich wie die Scheinwerfer eines Leuchtturmes, stark gebündelt (Abbildung 4). Der Hauptabgabebereich der elektromagnetischen Energie wird als "Öffnungswinkel" der Antenne bezeichnet. Er beträgt vertikal typisch zirka 5 bis 10°. Zusätzlich ist die Hauptstrahlrichtung häufig bezüglich der Horizontalen um einige Grad nach unten geneigt. Damit erreicht man eine gezielte Versorgung der lokalen Funkzelle, eine Leistungsabgabe in unerwünschte Bereiche, wie beispielsweise in weiter entfernte Funkzellen, die mit der gleichen Trägerfrequenz arbeiten, wird verhindert (Vermeidung sogenannter "Gleichkanalstörungen").

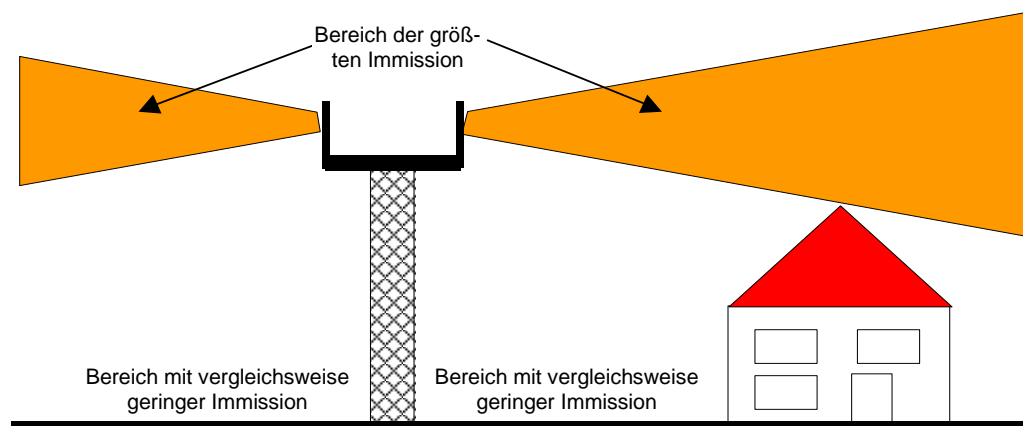


Abb. 4: Vertikales Bündelungsverhalten von Mobilfunkantennen (prinzipielle Darstellung).

Außerhalb dieses schmalen Feldkegels der Antenne (vergleichbar mit der Lichtverteilung im Kegel eines Scheinwerfers) ist die Energieabgabe deutlich geringer (typisch nur 1/10 bis 1/1.000 des Wertes, der in der Hauptstrahlrichtung der Antenne entsteht). Der bodennahe Raum in unmittelbarer Nähe einer erhöht angebrachten Mobilfunkantenne und auch die Räume eines Gebäudes, auf dessen Dach die Antennen errichtet sind, werden somit häufig wesentlich geringer exponiert sein, als es durch eine reine Entfernungsbetrachtung zu erwarten gewesen wäre. Man befindet sich also, ähnlich wie beim Nahbereich eines Leuchtturmes, in einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Schattenzone. Noch stärker wirksam ist diese Schattenzone, wenn

die Antennen an einem besonders erhöhten Punkt, wie beispielsweise auf einem hohen Turm oder Schornstein montiert sind.

Ist eine Antenne beispielsweise auf einem Gebäudedach installiert, werden die Felder im Inneren des Gebäudes durch das Bündelungsverhalten der Antenne sowie zusätzlich noch von der Dämpfung des Daches und der vorhandenen Decke bestimmt. Aufgrund der Dämpfung, die durch die Antennen und die Gebäudemauern bedingt ist, erreicht der dominierende Teil der hochfrequenten Energie, die im Gebäude messbar ist, häufig nicht auf dem direkten Weg durch Dach und Decke den Innenbereich. Vielmehr gelangt sie beispielsweise als von benachbarten Gebäuden reflektiertes Signal durch die Fenster in das Gebäudeinnere.

Die Stärke der Felder, die im Inneren eines in der Nachbarschaft zum Anlagenstandort befindlichen Gebäudes noch messbar sind, wird hauptsächlich vom Abstand, dem relativen Höhenunterschied zu den Mobilfunkantennen und ebenfalls der Dämpfung der Mauern, des Daches und der vorhandenen Fenster bestimmt. Abhängig von den verwendeten Baumaterialien (Holz, Ziegel, Beton) tritt damit eine zusätzliche, unter Umständen erhebliche, Schwächung der Felder auf.

An dieser Stelle muss zudem darauf hingewiesen werden, dass die Intensität elektromagnetischer Wellen mit zunehmendem Abstand zur Sendeanlage stark abnimmt: Wenn sich eine elektromagnetische Welle ungestört ausbreitet, nimmt die Leistungsdichte in der Hauptstrahlrichtung mit wachsender Entfernung quadratisch ab. Dies bedeutet, dass sie bei Verdoppelung der Distanz bereits auf ein Viertel, bei Verzehnfachung des Abstandes sogar auf ein Hundertstel des Ausgangswertes abgefallen ist. Unter realen Ausbreitungsverhältnissen (Einfluss von Topografie, Vegetation und Bebauung) ist die Abnahme der Felder sogar noch stärker ausgeprägt. Das gilt unabhängig vom Typ der verwendeten Antenne.

Zusätzlich zu den Mobilfunkantennen sind an einigen Standorten auch Richtfunkantennen (Parabolspiegel) installiert. Sie dienen zur Verbindung der Mobilfunksendeanlage mit den benachbarten Stationen bzw. der Vermittlungszentrale des Betreibers. Diese Antennen geben, ähnlich wie eine Hochleistungstaschenlampe, ein sehr stark gebündeltes Signal in horizontaler Richtung ab und erzeugen daher keine nennenswerten Immissionen in der näheren Umgebung.

3 Durchführung der Messungen

3.1 Messgrößen für hochfrequente elektromagnetische Felder

Für die Beurteilung der elektromagnetischen Immissionen in der Umgebung von Hochfrequenzquellen werden bei Frequenzen oberhalb 30 Megahertz üblicherweise die folgenden Größen verwendet [5]:

- Der Effektivwert der *elektrischen Feldstärke* E in Volt pro Meter (V/m).
- Der Effektivwert der *magnetischen Feldstärke* H in Ampere pro Meter (A/m).
- Die *Leistungsdichte* (gelegentlich auch *Leistungsflussdichte* bezeichnet) S in Watt pro Quadratmeter (W/m^2) oder Milliwatt pro Quadratmeter (mW/m^2).

Die Leistungsdichte gibt die in einer Fläche von einem Quadratmeter fließende Leistungsmenge der durch die elektromagnetische Welle transportierten Hochfrequenzenergie an.

Im "Fernfeld" einer Antenne stehen Leistungsdichte und elektrische bzw. magnetische Feldstärke in einem festen Verhältnis zueinander. Alle drei Größen sind im Fernfeld äquivalent, ähnlich wie Stromaufnahme und Leistungsverbrauch bei Elektrogeräten. Bei den hier durchgeführten Messungen kann von Fernfeldbedingungen ausgegangen werden, da die Messpunkte ausreichend weit von der Antenne entfernt sind. Für die Beschreibung der Immission genügt also die Angabe einer der drei Größen.

Aufgrund des im Fernfeld anwendbaren quadratischen Zusammenhangs zwischen elektrischer Feldstärke und Leistungsdichte sind im hier betrachteten Frequenzbereich auch die Grenzwerte für Feldstärke und Leistungsdichte quadratisch mit einander verknüpft, was dazu führt, dass sich die ergebenden Grenzwertausschöpfungen ebenfalls im quadratischen Zusammenhang befinden. Aus diesem Grund führt eine Grenzwertausschöpfung von zehn Prozent bezüglich der elektrischen Feldstärke zu einer Grenzwertausschöpfung bezüglich der Leistungsdichte von einem Prozent ($0,1^2 = 0,01$).

In der folgenden Untersuchung wird primär die elektrische Feldstärke E bzw. ihr Grenzwertausschöpfungsgrad als Größe für die Immissionswerte verwendet.

3.2 Verwendete Messgeräte, Qualitätssicherung

Im Rahmen der Immissionsmessungen wurde folgende Messausrüstung eingesetzt:

1. Feldanalysatorsystem Narda SRM-3006 (Seriennummer: C-0034)
2. Isotropantenne 3AX 27M-3G (Seriennummer: D-0043)

Für alle verwendeten Messantennen liegen die entsprechenden Wandlungsfaktoren als Kalibrierdaten vor. Die frequenzabhängigen Dämpfungswerte der bei den Messungen gegebenenfalls eingesetzten Koaxialkabel sind ebenfalls dokumentiert. Die Messmittel (insbesondere der Feldanalysator) unterliegen einem regelmäßigen Kalibrierzyklus, sie wurden zusätzlich sowohl vor als auch nach der Messung auf ihre ordnungsgemäße Funktion überprüft.

3.3 Wie wurde gemessen und bewertet?

Mittels des Feldanalysators und einer geeigneten Messantenne wurden Frequenz und Stärke der einzelnen am Messort vorhandenen Funksignale festgestellt. Unter Einbeziehung der Kalibrierdaten der verwendeten Messantenne sowie der Dämpfung der Leitung zwischen Messantenne und Feldanalysator kann damit die am Messort herrschende Feldstärke bestimmt werden. Durch geeignetes manuelles Ausrichten der Antenne wurde jeweils die stärkste am Messpunkt vorhandene Immission gesucht und aufgezeichnet ("Schwenkmethode") [6].

GSM-Signale werden spektral mit einer Messbandbreite von 0,2 MHz, TETRA-Signale mit 0,03 MHz, UMTS mit 5 MHz und LTE-Signale mit ca. 1 MHz (plus anschließender Extrapolation auf die volle Signalbandbreite) erfasst. Als Detektor kommt der RMS-Detektor zum Einsatz. Bei den UMTS- und den LTE-Signalen werden die Immissionen zellspezifisch erfasst ("codeselektive Messung").

Bei Vorhandensein mehrerer etwa gleich großer Immissionen wurde entsprechend der Vorgaben der Normen eine Summation durchgeführt, um die wirksame *Summenimmission* zu erhalten. Einzelimmissionen, die aufgrund geringer Stärke nur einen vernachlässigbar kleinen Beitrag zur Gesamtimmission liefern, wurden vernachlässigt.

Bei derartigen Immissionsmessungen muss mit einer Messunsicherheit von typisch ± 3 Dezibel (dB) gerechnet werden [7]. Gründe dafür sind z.B. unvermeidbare Restfehler bei der Kalibrierung der Messantennen, die entsprechende Messtoleranz des Feldanalysators und die Unsicherheit der Probennahme. Bei den im Folgenden dokumentierten Immissionswerten wurde die Messunsicherheit nicht auf die ermittelten Messwerte aufgeschlagen.

Falls die Messunsicherheit von typisch 3 dB eine Berücksichtigung finden soll, muss die jeweils angegebene elektrische Feldstärke um den Faktor 1,4 vergrößert werden. Erfolgt ein Vergleich hinsichtlich der Leistungsdichte, sind die dokumentierten Ergebnisse um den Faktor 2 höher anzusetzen.

Die Intensität der von Mobilfunksendeanlagen erzeugten Felder ist zeitlich nicht konstant, sondern schwankt in Abhängigkeit von Verkehrsauslastung und Verbindungsqualität. Nachts sinkt die Immission durch geringes Verkehrsaufkommen in der Regel auf einen Minimalwert, der nur durch die permanent von den Anlagen abgestrahlten Signalisierungssignale erzeugt wird. Nach 26. BImSchV ist die bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung entstehende Immission zu bestimmen. Dies wird im Rahmen der durchgeführten Messungen folgendermaßen sichergestellt:

GSM-Anlagen:

Bei GSM-Anlagen wird ein spezielles Signalisierungssignal permanent mit konstanter Sendeleistung abgestrahlt. ("Signalisierungskanal", "BCCH-Träger"). Die von diesem Referenzsignal erzeugte Feldstärke wird mit dem Feldanalysator ermittelt. Um daraus die entstehenden Felder bei maximaler Anlagenauslastung zu erhalten, werden die Messergebnisse mittels der von den Betreibern zur Verfügung gestellten technischen Anlagendaten (von der Bundesnetzagentur maximal für die jeweilige Funkzelle genehmigte GSM-Sendeleistung im Verhältnis zur aktuellen Leistung des Signalisierungskanals) hochgerechnet [7].

TETRA-Anlagen:

Signale des BOS-Digitalfunks (TETRA-Standard) werden vergleichbar zu GSM auf höchste Anlagenauslastung extrapoliert: Messung der permanent abgestrahlten Signalisierungskanäle (MCCH) mit anschließender multiplikativer Hochrechnung auf Maximalleistung.

UMTS-Anlagen:

Auch bei UMTS-Anlagen ändert sich die von der abgegebene Sendeleistung und damit die Immission in der Umgebung mit der momentanen Auslastung der Station. Auch hier existiert ein Signalisierungssignal (der "Primary Common Pilot Channel", kurz "P-CPICH"), das ähnlich wie der BCCH-Träger bei GSM mit definierter, konstanter Leistung abgestrahlt wird. Daher wird mit der im Feldanalysator implementierten "CPICH Demodulation" an jedem Messpunkt die vorhandene Feldstärke, welche die P-CPICH-Signale dort erzeugen, gemessen. Mittels von den Betreibern zur Verfügung gestellten technischen Anlagendaten (von der Bundesnetzagentur maximal für die jeweilige Funkzelle genehmigte UMTS-Sendeleistung im Verhältnis zur aktuellen Leistung der P-CPICH-Signale) werden die Messergebnisse entsprechend hochgerechnet [7].

LTE-Anlagen:

Bei LTE-Anlagen existieren ebenfalls Signalisierungssignale ("Reference Signal", kurz "RS"), die mit definierter, konstanter Leistung abgegeben werden. Die Feldstärke des RS-Signals wird mittels des Feldanalysators bestimmt (sogenannte "codeselektive Messung"). Die Maximalimmission ergibt sich durch Multiplikation der gemessenen RS-Felder mit einem Faktor, der sich aus der von der Bundesnetzagentur maximal genehmigten Sendeleistung des Frequenzkanals im Verhältnis zur aktuell eingestellten Leistung der RS-Signale ergibt [7].

Durch diese Korrekturen ist gewährleistet, dass in diesem Bericht die am jeweils betrachteten Punkt erzeugbare *Maximalimmission* dargestellt ist. Die dokumentierten Immissionswerte beim Mobilfunk sind somit auf den aus Sicht der Immissionsbeurteilung ungünstigsten Betriebszustand der Anlagen bezogen.

3.4 Wo wurde gemessen?

Die Messungen erfolgten an insgesamt zehn Punkten in der Umgebung des neuen Anlagenstandortes in Germannsdorf. Fünf Messpunkte befanden im Gebäudeinneren, der Rest im Freien in Bodennähe (ca. 1,5 bis 2 Meter über Grund).

Folgende Messpunkte wurden gewählt:

Messpunkt Nr.	Beschreibung	Horizontaldistanz zum Anlagenstandort	Direkte Sicht zu den Antennen?
1	Hofäckerweg		ja
2	Hofäckerweg		ja
3	Hofäckerweg		ja

Messpunkt Nr.	Beschreibung	Horizontaldistanz zum Anlagenstandort	Direkte Sicht zu den Antennen?
4	Hauptstraße		nein
5	Hauptstraße		ja
6	In den Breiten		ja
7	Vierhaupter Straße		ja
8	Hauptstraße		ja
9	Hauptstraße 10 (Pausenhof Grundschule)	ca. 175 m	ja
10	Hauptstraße 8 (Kita, Außenbereich West)	ca. 245 m	nein

Tab. 2: Messpunkte.

An obigen Punkten wurde vor Inbetriebnahme des neuen Standortes am 22. November 2019 zwischen 15:15 und 17:40 Uhr die "Vorhermessung" durchgeführt. Die "Nachhermessung" erfolgte am 27. Juli 2021 zwischen 15:55 und 17:45 Uhr (Verantwortlicher vor Ort: Dr.-Ing. M. Wuschek).

Der genaue Termin der Messungen wurde dem Anlagenbetreiber im Vorfeld nicht mitgeteilt.

Ein Lageplan mit eingezeichnetem Anlagenstandort und den Messpunkten ("Nachhermessung") sowie einige Fotos finden sich in den Anlagen 3 und 4 zu diesem Bericht.

Anzumerken ist, dass im Rahmen der "Nachhermessung" drei der zehn Messpunkte im Vergleich zur "Vorhermessung" verlagert werden mussten: Die Punkte 5 und 8 wurden vom Balkon bzw. einem Zimmer im 1. Stock an den westlichen Rand des Grundstücks bzw. in den Garten verlegt, da ein Zutritt zum Gebäude nicht möglich war. Die "Vorhermessung" in der Kita (Punkt 10) erfolgte vor dem Eingang, die "Nachhermessung" hingegen im Garten (Spielbereich).

4 Festgestellte Immissionswerte

4.1 Aktuelle Immission durch Mobilfunk

In folgender Tabelle sind die an den Messpunkten ermittelten Summenimmissionswerte des Mobilfunks dargestellt. Dabei wird in Spalte 2 angegeben, welche Immissionen auftreten, wenn die Mobilfunkanlagen gerade gar keinen Telefon- bzw. Datenverkehr abwickeln (z.B. nachts). Dieser Wert stellt die *Minimalimmission* dar und wird durch die permanent abgegebenen Signalisierungssignale der Sender erzeugt.

Zusätzlich aufgeführt ist auch der *Maximalimmissionswert* für Vollausbau und Vollausslastung (Spalte 3). Dieser tritt auf, wenn die Anlagen gemäß der BNetzA-Standortbescheinigung voll

ausgebaut sind und gerade den maximal möglichen Telefon- bzw. Datenverkehr mit größtmöglicher Sendeleistung abwickeln.

Die Immission im Alltagsbetrieb liegt also je nach momentaner Auslastung der Anlagen immer zwischen diesen beiden Extremwerten.

Immissionen, verursacht durch weiter entfernte Mobilfunksendeanlagen, konnten an einigen Punkten gemessen werden. Soweit sie nennenswert zur Gesamtimmission beitragen, wurden auch diese bei der Ermittlung der vorhandenen Immission berücksichtigt.

Zur besseren Verständlichkeit werden in Tabelle 3 jedoch nicht absolute Feldstärkewerte angegeben, sondern es ist aufgeführt, wie viel Prozent bezüglich der Grenzwerte nach 26. BImSchV an den einzelnen Messpunkten jeweils erreicht werden ("Grenzwertausschöpfung"). Die 26. BImSchV gibt - je nach Frequenz des abgestrahlten Signals - für die elektrische Feldstärke im Frequenzbereich des Mobilfunks einen Grenzwert zwischen etwa 38 und 61 Volt/m vor [1].

Ausführliche Ergebnistabellen der Messungen finden sich in der Anlage 1 zu diesem Bericht. Dort sind die Ergebnisse zusätzlich auch als Feldstärkewert in Volt/m und als Leistungsdichte in Milliwatt/m² angegeben.

Messpunkt Nr.	Grenzwertausschöpfung (<u>Minimal</u> immission)	Grenzwertausschöpfung (<u>Maximal</u> immission)
1	2,3 %	5,0 %
2	2,5 %	5,2 %
3	2,3 %	4,8 %
4	1,3 %	3,1 %
5	2,0 %	4,2 %
6	2,5 %	5,5 %
7	3,1 %	6,6 %
8	1,3 %	2,8 %
9	2,8 %	6,1 %
10	0,3 %	0,6 %

Tab. 3: Festgestellte Mobilfunk-Immissionswerte (Grenzwertausschöpfung bezogen auf die Feldstärkegrenzwerte nach 26. BImSchV).

Die folgenden beiden Abbildungen stellen die Ergebnisse der Messungen (Tabelle 3) grafisch dar:

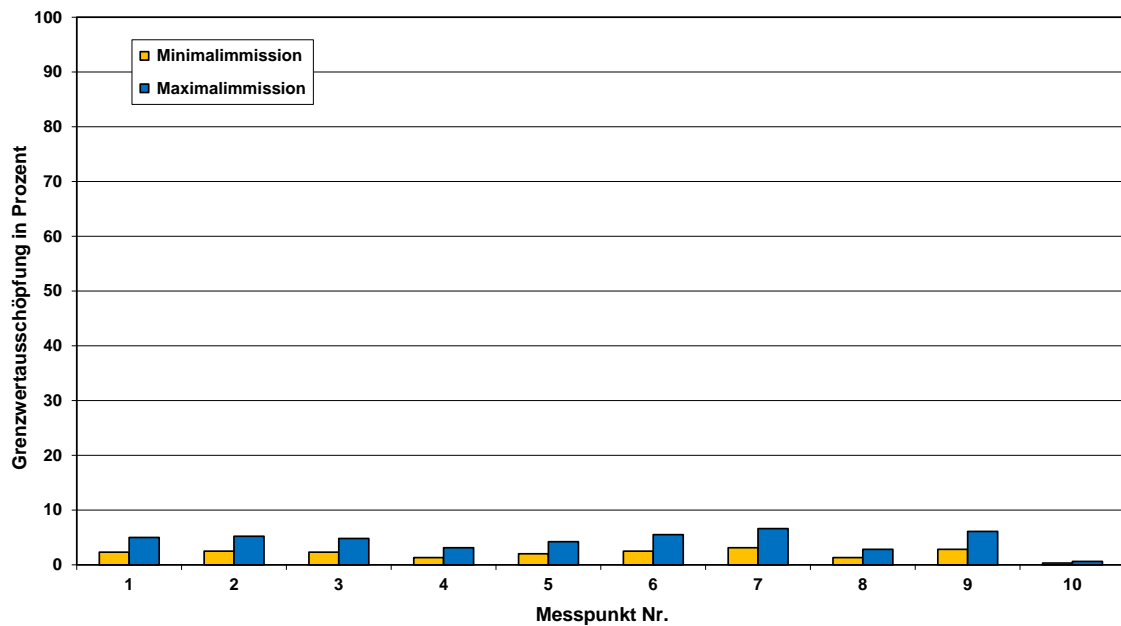


Abb. 5: Grafische Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3 (Grenzwertausschöpfung bezogen auf die Feldstärkegrenzwerte nach 26. BImSchV).

Die Vorgaben der 26. BImSchV sind eingehalten, wenn die Grenzwertausschöpfung auch bei Maximalauslastung den Wert von 100 % unterschreitet, was an allen Messpunkten offensichtlich *deutlich* der Fall ist.

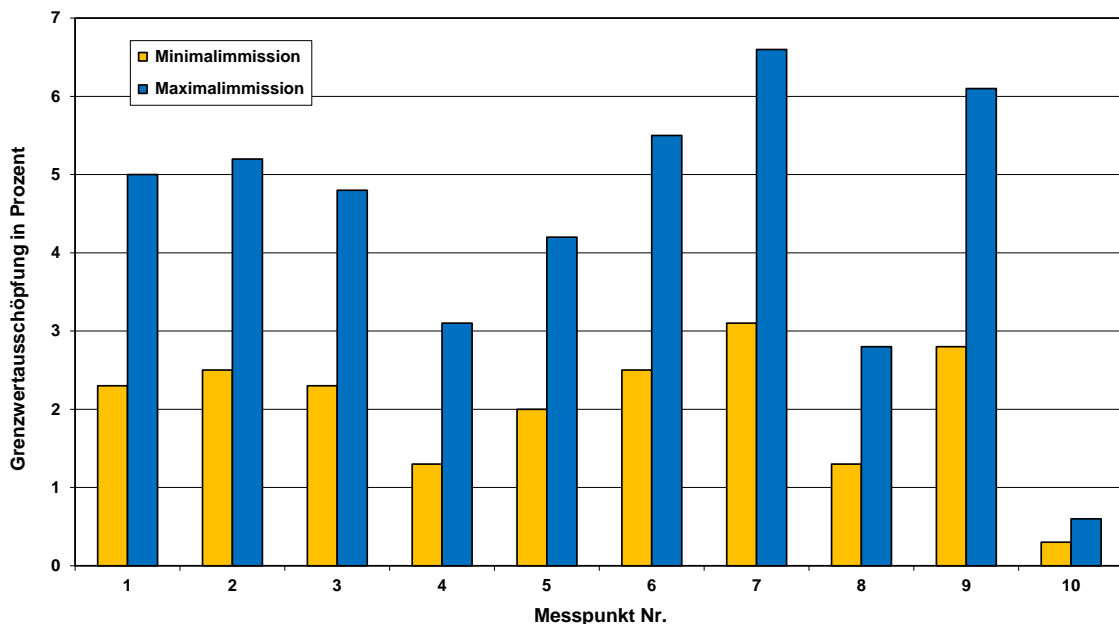


Abb. 6: Vergrößerte Darstellung von Abbildung 5 (Grenzwertausschöpfung bezogen auf die Feldstärkegrenzwerte nach 26. BImSchV).

4.2 Veränderung der Immission im Vergleich zur "Vorhermessung"

Ein Vergleich der gemessenen Immissionswerte nach Inbetriebnahme des neuen Mobilfunkanlagenstandortes mit den Ergebnissen der "Vorhermessung" vom November 2019 soll Aufschluss über die Veränderung der Hochfrequenzimmissionen an den betrachteten Punkten geben.

In folgender Tabelle ist die Veränderung der Mobilfunkimmissionswerte an den untersuchten Punkten zahlenmäßig dokumentiert:

Messpunkt Nr.	Grenzwertausschöpfung Mobilfunk (Messung 11/2019)	Grenzwertausschöpfung Mobilfunk (Messung 07/2021)
1	0,1 %	5,0 %
2	0,1 %	5,2 %
3	0,5 %	4,8 %
4	0,1 %	3,1 %
5	0,4 %	4,2 %
6	0,7 %	5,5 %
7	0,5 %	6,6 %
8	0,1 %	2,8 %
9	0,3 %	6,1 %
10	1,7 %	0,6 %

Tab. 4: Vergleich der Ergebnisse der "Nachhermessung" mit den Resultaten der Messung vom November 2019 (Grenzwertausschöpfung für Maximalimmission bezogen auf die 26. BImSchV).

Abbildung 7 stellt die Ergebnisse aus Tabelle 4 grafisch dar:

Bei näherer Betrachtung der Ergebnisse aus Tabelle 4 bzw. Abbildung 7 erkennt man, dass an neun der zehn untersuchten Punkte eine *deutliche Zunahme* der Immission zu verzeichnen ist. Dies ist nicht verwunderlich, da bisher in der näheren Umgebung der Messpunkte keine Mobilfunkanlage in Betrieb war, so dass bisher nur *vergleichsweise geringe* Mobilfunkimmissionen an den Messpunkten in Germansdorf vorhanden waren.

Allerdings werden auch nach Inbetriebnahme des neuen Anlagenstandortes die Vorgaben der 26. BImSchV weiterhin *deutlich* unterschritten.

Am Messpunkt 10 ergab die "Nachhermessung" einen geringeren Immissionswert als es bei der "Vorhermessung" der Fall gewesen ist. Dieses etwas verwunderliche Ergebnis entstand

dadurch, dass hier nicht zweimal am gleichen Punkt gemessen wurde. Wären "Vor-" und "Nachhermessung" am gleichen Punkt vorgenommen worden, hätte sich auch hier eine Zunahme der Immission ergeben.

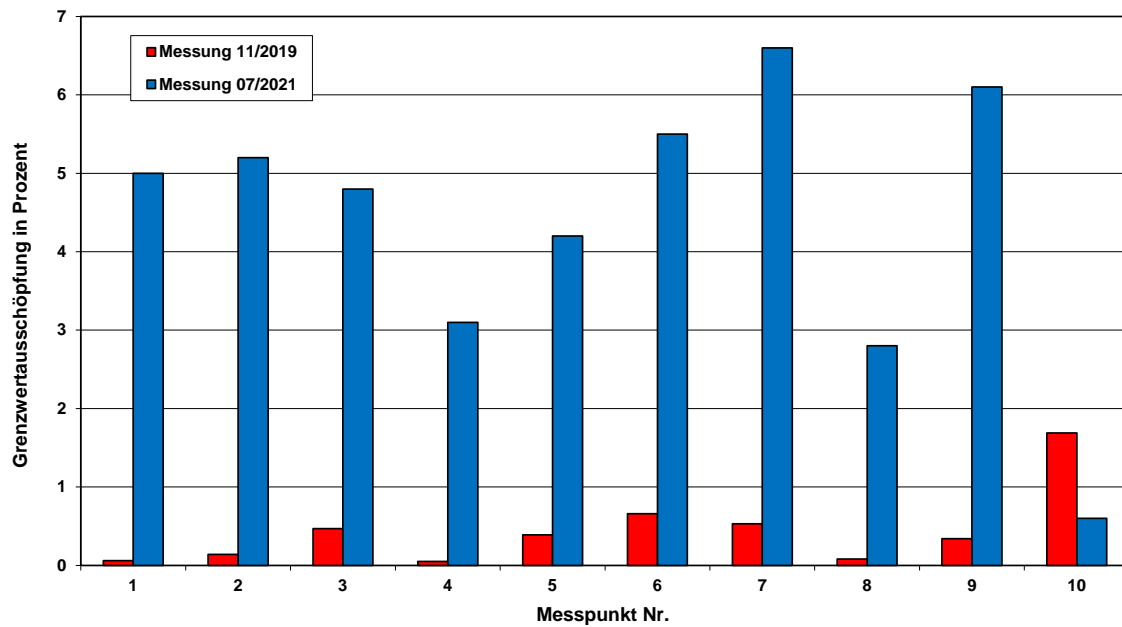


Abb. 7: Grafische Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 4 (Mobilfunk-Grenzwertausschöpfung "11/2019" und "07/2021" für Maximalimmission bezogen auf die 26. BImSchV).

5 Schlussfolgerungen

- Wie aus Tabelle 3 sowie den Abbildungen 5 und 6 ersichtlich, unterschreiten nach Inbetriebnahme des neuen Anlagenstandortes die an den untersuchten Punkten festgestellten Immissionswerte die Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV - auch unter Berücksichtigung der vorhandenen Messunsicherheit - weiterhin *deutlich*.
- Im Rahmen der Messungen ergaben sich - für den Fall der Vollausslastung der verursachenden Mobilfunkanlagen - an den untersuchten Punkten aktuell (feldstärkebezogene) Grenzwertausschöpfungen zwischen *0,6 und 6,6 Prozent der maximal zulässigen Summenimmission*.
- Der Vergleich mit den Resultaten einer vor Inbetriebnahme des Standortes im November 2019 durchgeführten "Vorhermessung" zeigt, dass an den untersuchten Punkten eine *deutliche Zunahme der Immission* stattgefunden hat, was jedoch nicht verwunderlich erscheint, da bisher in der näheren Umgebung der Messpunkte keine Mobilfunkanlage in Betrieb war, so dass bisher nur *vergleichsweise geringe* Mobilfunkimmissionen in Germannsdorf vorhanden waren.

Regensburg, 16. September 2021



Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek



6 Literaturverzeichnis

- [1] **Bundesrepublik Deutschland**
"Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)", Bundesgesetzblatt Jg. 2013, Teil I, Nr.50, Bonn 21.08.2013.
- [2] **International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)**
"Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz)", Health Physics, 118(5): S. 483 - 524; 2020.
- [3] **Der Rat der Europäischen Union**
"Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz)", Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L199, 30.07.1999, S. 59 - 70.
- [4] **Strahlenschutzkommission (SSK)**
"Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern; Empfehlungen der Strahlenschutzkommission", Bonn, 14.09.2001 (www.ssk.de).
- [5] **DIN EN 50413**
Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz); Deutsche Fassung EN 50413:2019.
- [6] **Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)**
"Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. und 18.9.2014 in Landshut"; 09/2014; Internet: www.lai-immissionsschutz.de
- [7] **M. Wuschek**
"Measuring RF Electromagnetic Fields at Mobile Communications Base Stations and Broadcast Transmitter Sites", Narda Safety Test Solutions GmbH, Pfullingen 2019.

7 Anlagen

Anlage 1: Ausführliche Ergebnistabellen

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Messungen der Hochfrequenzfelder als Einzelwerte und als Summe sowie die Hochrechnung auf maximale betriebliche Anlagenauslastung wiedergegeben.

Anmerkung:

Nach 26. BImSchV [1] wird im hier betrachteten Frequenzbereich die Summenbildung bei Vorhandensein mehrerer Signale nicht linear, sondern quadratisch durchgeführt. Dies folgt unmittelbar aus den bekannten Wirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Es gilt also:

$$I_{\text{Summe}} = \left(\frac{E_1}{E_{g1}} \right)^2 + \left(\frac{E_2}{E_{g2}} \right)^2 + \dots + \left(\frac{E_n}{E_{gn}} \right)^2$$

$E_1, E_2, E_n:$	Feldstärke der Einzelimmission
$E_{g1}, E_{g2}, E_{gn}:$	Für die Einzelimmission gültiger Grenzwert
$I_{\text{Summe}}:$	Gesamtimmission (quadratischer Summenwert)

Diese quadratische Summe (in Prozent) wird von der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA) in den Darstellungen ihrer Immissionsmessungen im Internet auch als "Ausschöpfungsgrad der Grenzwerte" bezeichnet.

Um wieder einen Bezug zu den, in der 26. BImSchV angegebenen Feldstärkegrenzwerten herzustellen, wird in diesem Bericht die Wurzel aus der Summenimmission gezogen. Es ergibt sich also die wirksame feldstärkebezogene Immission I_{wirksam} zu:

$$I_{\text{wirksam}} = \sqrt{I_{\text{Summe}}}$$

Um die gesetzlichen Vorgaben einzuhalten, dürfen die Summe der Quadrate und auch die Wurzel daraus den Wert 1 (bzw. 100 %) nicht überschreiten.

Diese Formeln werden in der Auswertung angewendet.

Leistungsdichtewerte können hingegen auf herkömmliche Weise linear aufsummiert werden.

Detaillierte Dokumentation der Mobilfunk-Immissionsmessungen:

"Nachhermessung":

Messort:	Hauzenberg-Germansorf	Uhrzeit:	15:55 - 17:45 Uhr
Leitung:	Dr. Wuschek	Wetter:	Wolkig, trocken
Signal:	Mobilfunk	Analyzer:	SRM-3006
Datum:	27.07.2021	Antenne:	3AX-27M-3G

Signale, deren Intensität zu schwach waren, um auf die Gesamtimmission einen nennswerten Einfluss zu haben, wurden nicht protokolliert.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f [MHz] / Code (UMTS) bzw. Cell-ID (LTE)	Betreiber	GW [V/m]	E (gem.) [dBµV/m]	Aufschl. MU [dB]	Faktor min. Imm.	Emin [dBµV/m]	Emin [V/m]	Smin [% vom GW]	Smin [mW/m²]	Faktor max. Imm. (BNetzA)	Emax (BNetzA) [dBµV/m]	Emax (BNetzA) [V/m]	Emax (BNetzA) [% vom GW]	Smax (BNetzA) [mW/m²]
Messpunkt Nr.	1													
949,8	Telekom	42,3	104,0	0,0	1,0	104,0	0,158	0,375	0,0666	9,5	113,8	0,488	1,154	0,632
952,2	Telekom	42,3	110,3	0,0	1,0	110,3	0,327	0,774	0,2842	9,5	120,1	1,008	2,383	2,695
958,4	Telekom	42,3	93,3	0,0	1,0	93,3	0,046	0,109	0,0057	9,5	103,1	0,142	0,337	0,054
816/336-Max	Telekom	39,2	77,1	0,0	161,4	99,2	0,091	0,232	0,0220	645,7	105,2	0,182	0,464	0,088
816/337-Max	Telekom	39,2	94,3	0,0	161,4	116,4	0,659	1,682	1,1525	645,7	122,4	1,318	3,363	4,610
816/338-Max	Telekom	39,2	65,7	0,0	161,4	87,8	0,024	0,062	0,0016	645,7	93,8	0,049	0,125	0,006
1815/135-Max	Telekom	58,4	62,4	0,0	1028,0	92,5	0,042	0,072	0,0047	4112,0	98,5	0,085	0,145	0,019
1815/136-Max	Telekom	58,4	67,8	0,0	1028,0	97,9	0,079	0,135	0,0164	4112,0	103,9	0,157	0,270	0,066
1815/137-Max	Telekom	58,4	85,3	0,0	1028,0	115,4	0,590	1,011	0,9240	4112,0	121,4	1,180	2,021	3,696
2157,5/375-Max	Telekom	58,7	82,9	0,0	902,3	112,5	0,419	0,715	0,4666	3609,0	118,5	0,839	1,429	1,867
2157,5/376-Max	Telekom	58,7	77,5	0,0	902,3	107,1	0,225	0,384	0,1346	3609,0	113,1	0,451	0,767	0,538
2157,5/377-Max	Telekom	58,7	62,4	0,0	902,3	92,0	0,040	0,067	0,0042	3609,0	98,0	0,079	0,135	0,017
						minimal:	1,1	2,3	3,1		maximal (BNetzA):	2,3	5,0	14,3
Messpunkt Nr.	2													
949,8	Telekom	42,3	108,6	0,0	1,0	108,6	0,269	0,636	0,1922	9,5	118,4	0,829	1,959	1,822
952,2	Telekom	42,3	95,3	0,0	1,0	95,3	0,058	0,138	0,0090	9,5	105,1	0,179	0,424	0,085
958,4	Telekom	42,3	100,1	0,0	1,0	100,1	0,101	0,239	0,0271	9,5	109,9	0,311	0,736	0,257
816/336-Max	Telekom	39,2	93,1	0,0	161,4	115,2	0,574	1,465	0,8742	645,7	121,2	1,148	2,929	3,497
816/337-Max	Telekom	39,2	75,1	0,0	161,4	97,2	0,072	0,184	0,0139	645,7	103,2	0,145	0,369	0,055
816/338-Max	Telekom	39,2	88,5	0,0	161,4	110,6	0,338	0,862	0,3031	645,7	116,6	0,676	1,725	1,213
1815/135-Max	Telekom	58,4	79,6	0,0	1028,0	109,7	0,306	0,524	0,2487	4112,0	115,7	0,612	1,049	0,995
1815/136-Max	Telekom	58,4	85,2	0,0	1028,0	115,3	0,583	0,999	0,9029	4112,0	121,3	1,167	1,998	3,612
1815/137-Max	Telekom	58,4	60,0	0,0	1028,0	90,1	0,032	0,055	0,0027	4112,0	96,1	0,064	0,110	0,011
2157,5/375-Max	Telekom	58,7	62,6	0,0	902,3	92,2	0,041	0,069	0,0044	3609,0	98,2	0,081	0,138	0,017
2157,5/376-Max	Telekom	58,7	86,3	0,0	902,3	115,9	0,620	1,057	1,0209	3609,0	121,9	1,241	2,114	4,084
2157,5/377-Max	Telekom	58,7	81,5	0,0	902,3	111,1	0,357	0,608	0,3381	3609,0	117,1	0,714	1,216	1,352
						minimal:	1,2	2,5	3,9		maximal (BNetzA):	2,5	5,2	17,0
Messpunkt Nr.	3													
929,4	Telefónica	41,8	93,1	0,0	1,0	93,1	0,045	0,108	0,0054	4,0	99,1	0,090	0,216	0,022
944,0	Telefónica	42,0	90,6	0,0	1,0	90,6	0,034	0,081	0,0030	4,0	96,6	0,068	0,161	0,012
949,8	Telekom	42,3	94,4	0,0	1,0	94,4	0,052	0,124	0,0073	9,5	104,2	0,162	0,382	0,069
952,2	Telekom	42,3	97,6	0,0	1,0	97,6	0,076	0,179	0,0153	9,5	107,4	0,234	0,552	0,145
958,4	Telekom	42,3	109,8	0,0	1,0	109,8	0,309	0,731	0,2533	9,5	119,6	0,952	2,250	2,402
816/336-Max	Telekom	39,2	75,1	0,0	161,4	97,2	0,072	0,184	0,0139	645,7	103,2	0,145	0,369	0,055
816/337-Max	Telekom	39,2	83,1	0,0	161,4	105,2	0,182	0,463	0,0874	645,7	111,2	0,363	0,926	0,350
816/338-Max	Telekom	39,2	87,9	0,0	161,4	110,0	0,315	0,805	0,2640	645,7	116,0	0,631	1,610	1,056
1815/135-Max	Telekom	58,4	88,8	0,0	1028,0	118,9	0,883	1,512	2,0685	4112,0	124,9	1,766	3,024	8,274
1815/137-Max	Telekom	58,4	67,9	0,0	1028,0	98,0	0,080	0,136	0,0168	4112,0	104,0	0,159	0,273	0,067
2157,5/375-Max	Telekom	58,7	68,1	0,0	902,3	97,7	0,076	0,130	0,0155	3609,0	103,7	0,153	0,260	0,062
2157,5/377-Max	Telekom	58,7	86,8	0,0	902,3	116,4	0,657	1,120	1,1455	3609,0	122,4	1,314	2,239	4,582
						minimal:	1,2	2,3	3,9		maximal (BNetzA):	2,5	4,8	17,1
Messpunkt Nr.	4													
949,8	Telekom	42,3	109,2	0,0	1,0	109,2	0,288	0,682	0,2206	9,5	119,0	0,888	2,099	2,092
952,2	Telekom	42,3	94,6	0,0	1,0	94,6	0,054	0,127	0,0076	9,5	104,4	0,165	0,391	0,073
816/336-Max	Telekom	39,2	89,4	0,0	161,4	111,5	0,375	0,957	0,3729	645,7	117,5	0,750	1,913	1,492
816/337-Max	Telekom	39,2	74,6	0,0	161,4	96,7	0,068	0,174	0,0123	645,7	102,7	0,136	0,348	0,049
1815/136-Max	Telekom	58,4	78,2	0,0	1028,0	108,3	0,261	0,446	0,1802	4112,0	114,3	0,521	0,893	0,721
1815/137-Max	Telekom	58,4	66,4	0,0	1028,0	96,5	0,067	0,115	0,0119	4112,0	102,5	0,134	0,229	0,048
2157,5/376-Max	Telekom	58,7	73,9	0,0	902,3	103,5	0,149	0,254	0,0587	3609,0	109,5	0,298	0,507	0,235
						minimal:	0,6	1,3	0,9		maximal (BNetzA):	1,3	3,1	4,7
Messpunkt Nr.	5													
929,4	Telefónica	41,8	82,5	0,0	1,0	82,5	0,013	0,032	0,0005	4,0	88,5	0,027	0,064	0,002
944,0	Telefónica	42,0	86,2	0,0	1,0	86,2	0,020	0,049	0,0011	4,0	92,2	0,041	0,097	0,004
949,8	Telekom	42,3	107,6	0,0	1,0	107,6	0,240	0,567	0,1526	9,5	117,4	0,739	1,746	1,447
952,2	Telekom	42,3	103,3	0,0	1,0	103,3	0,146	0,346	0,0567	9,5	113,1	0,450	1,064	0,538
958,4	Telekom	42,3	85,4	0,0	1,0	85,4	0,019	0,044	0,0009	9,5	95,2	0,057	0,136	0,009
816/336-Max	Telekom	39,2	90,7	0,0	161,4	112,8	0,435	1,111	0,5031	645,7	118,8	0,871	2,222	2,012
816/337-Max	Telekom	39,2	90,5	0,0	161,4	112,6	0,426	1,086	0,4804	645,7	118,6	0,851	2,171	1,922
1815/136-Max	Telekom	58,4	79,7	0,0	1028,0	109,8	0,310	0,530	0,2545	4112,0	115,8	0,619	1,061	1,018
1815/137-Max	Telekom	58,4	81,5	0,0	1028,0	111,6	0,381	0,653	0,3852	4112,0	117,6	0,762	1,305	1,541
2157,5/375-Max	Telekom	58,7	79,5	0,0	902,3	109,1	0,284	0,483	0,2133	3609,0	115,1	0,567	0,966	0,853
2157,5/376-Max	Telekom	58,7	73,7	0,0	902,3	103,3	0,145	0,248	0,0561	3609,0	109,3	0,291	0,496	0,224
						minimal:	0,9	2,0	2,1		maximal (BNetzA):	1,9	4,2	9,6

Messpunkt Nr.	6													
944,0	Telefónica	42,0	89,1	0,0	1,0	89,1	0,029	0,068	0,0022	4,0	95,1	0,057	0,136	0,009
949,8	Telekom	42,3	86,3	0,0	1,0	86,3	0,021	0,049	0,0011	9,5	96,1	0,064	0,150	0,011
952,2	Telekom	42,3	112,1	0,0	1,0	112,1	0,403	0,952	0,4302	9,5	121,9	1,240	2,931	4,079
816/337-Max	Telekom	39,2	94,7	0,0	161,4	116,8	0,690	1,761	1,2636	645,7	122,8	1,380	3,522	5,055
1815/137-Max	Telekom	58,4	86,8	0,0	1028,0	116,9	0,701	1,201	1,3051	4112,0	122,9	1,403	2,402	5,220
2157,5/375-Max	Telekom	58,7	84,8	0,0	902,3	114,4	0,522	0,889	0,7228	3609,0	120,4	1,044	1,779	2,891
						minimal:	1,2	2,5	3,7		maximal (BNetzA):	2,6	5,5	17,3
Messpunkt Nr.	7													
929,4	Telefónica	41,8	101,8	0,0	1,0	101,8	0,123	0,294	0,0401	4,0	107,8	0,246	0,589	0,161
944,0	Telefónica	42,0	100,7	0,0	1,0	100,7	0,108	0,258	0,0312	4,0	106,7	0,217	0,516	0,125
949,8	Telekom	42,3	87,0	0,0	1,0	87,0	0,022	0,053	0,0013	9,5	96,8	0,069	0,163	0,013
952,2	Telekom	42,3	96,6	0,0	1,0	96,6	0,068	0,160	0,0121	9,5	106,4	0,208	0,492	0,115
958,4	Telekom	42,3	112,1	0,0	1,0	112,1	0,403	0,952	0,4302	9,5	121,9	1,240	2,931	4,079
806/298-Max	Vodafone	38,9	79,5	0,0	300,0	104,3	0,164	0,420	0,0709	1200,0	110,3	0,327	0,841	0,284
816/338-Max	Telekom	39,2	91,9	0,0	161,4	114,0	0,500	1,276	0,6632	645,7	120,0	1,000	2,551	2,653
1815/135-Max	Telekom	58,4	91,3	0,0	1028,0	121,4	1,178	2,016	3,6783	4112,0	127,4	2,355	4,033	14,713
1865,1/306-Max	Vodafone	59,2	72,3	0,0	600,0	100,1	0,101	0,171	0,0270	2400,0	106,1	0,202	0,341	0,108
2157,5/377-Max	Telekom	58,7	90,2	0,0	902,3	119,8	0,972	1,856	2,5060	3609,0	125,8	1,944	3,312	10,024
						minimal:	1,7	3,1	7,5		maximal (BNetzA):	3,5	6,6	32,3
Messpunkt Nr.	8													
949,8	Telekom	42,3	103,1	0,0	1,0	103,1	0,143	0,338	0,0542	9,5	112,9	0,440	1,040	0,513
952,2	Telekom	42,3	84,9	0,0	1,0	84,9	0,018	0,042	0,0008	9,5	94,7	0,054	0,128	0,008
958,4	Telekom	42,3	95,9	0,0	1,0	95,9	0,062	0,147	0,0103	9,5	105,7	0,192	0,454	0,098
816/336-Max	Telekom	39,2	90,5	0,0	161,4	112,6	0,426	1,086	0,4804	645,7	118,6	0,851	2,171	1,922
1815/135-Max	Telekom	58,4	64,9	0,0	1028,0	95,0	0,056	0,097	0,0084	4112,0	101,0	0,113	0,193	0,034
1815/136-Max	Telekom	58,4	78,8	0,0	1028,0	108,9	0,279	0,478	0,2068	4112,0	114,9	0,559	0,956	0,827
2157,5/376-Max	Telekom	58,7	79,2	0,0	902,3	108,8	0,274	0,467	0,1991	3609,0	114,8	0,548	0,933	0,796
						minimal:	0,6	1,3	1,0		maximal (BNetzA):	1,3	2,8	4,2
Messpunkt Nr.	9													
949,8	Telekom	42,3	113,5	0,0	1,0	113,5	0,473	1,119	0,5938	9,5	123,3	1,457	3,444	5,630
952,2	Telekom	42,3	87,4	0,0	1,0	87,4	0,023	0,055	0,0015	9,5	97,2	0,072	0,171	0,014
958,4	Telekom	42,3	90,4	0,0	1,0	90,4	0,033	0,078	0,0029	9,5	100,2	0,102	0,241	0,028
816/336-Max	Telekom	39,2	95,2	0,0	161,4	117,3	0,731	1,865	1,4178	645,7	123,3	1,462	3,730	5,671
1815/136-Max	Telekom	58,4	88,7	0,0	1028,0	118,8	0,873	1,495	2,0214	4112,0	124,8	1,746	2,990	8,086
2157,5/376-Max	Telekom	58,7	84,5	0,0	902,3	114,1	0,504	0,859	0,6745	3609,0	120,1	1,009	1,718	2,698
						minimal:	1,3	2,8	4,7		maximal (BNetzA):	2,9	6,1	22,1
Messpunkt Nr.	10													
929,4	Telefónica	41,8	92,0	0,0	1,0	92,0	0,040	0,095	0,0042	4,0	98,0	0,080	0,190	0,017
944,0	Telefónica	42,0	93,0	0,0	1,0	93,0	0,045	0,106	0,0053	4,0	99,0	0,089	0,213	0,021
949,8	Telekom	42,3	87,7	0,0	1,0	87,7	0,024	0,057	0,0016	9,5	97,5	0,075	0,177	0,015
796/217-Max	Telefónica	38,7	67,3	0,0	300,0	92,1	0,040	0,104	0,0043	1200,0	98,1	0,080	0,207	0,017
806/298-Max	Vodafone	38,9	68,7	0,0	300,0	93,5	0,047	0,121	0,0059	1200,0	99,5	0,094	0,242	0,024
816/336-Max	Telekom	39,2	73,8	0,0	161,4	95,9	0,062	0,159	0,0103	645,7	101,9	0,124	0,317	0,041
1815/136-Max	Telekom	58,4	63,5	0,0	1028,0	93,6	0,048	0,082	0,0061	4112,0	99,6	0,096	0,164	0,024
1865,1/306-Max	Vodafone	59,2	66,3	0,0	600,0	94,1	0,051	0,085	0,0068	2400,0	100,1	0,101	0,171	0,027
						minimal:	0,1	0,3	0,0		maximal (BNetzA):	0,3	0,6	0,2

"Vorhermessung":

Messort:	Hauzenberg-Germannorsf										Uhrzeit:	15:15 - 17:40 Uhr		
Leitung:	Dr. Wuschek										Wetter:	Sonnig, trocken		
Signal:	Mobilfunk										Analyzer:	SRM-3006		
Datum:	22.11.2019										Antenne:	3AX-27M-3G		

Signale, deren Intensität zu schwach waren, um auf die Gesamtmission einen nennenswerten Einfluss zu haben, wurden nicht protokolliert.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f [MHz] / Code (UMTS bzw. Cell-ID (LTE))	Betreiber	GW [V/m]	E (gem.) [dBµV/m]	Aufsch. MU [dB]	Faktor min. Imm.	Emin [dBµV/m]	Emin [V/m]	Emin [% vom GW]	Smin [mW/m²]	Faktor max. Imm. (BNetzA)	Emax (BNetzA) [dBµV/m]	Emax (BNetzA) [V/m]	Emax (BNetzA) [% vom GW]	Smax (BNetzA) [mW/m²]
Messpunkt Nr. 1														
929,4	Telefónica	41,8	79,3	0,0	1,0	79,3	0,009	0,022	0,0002	4,0	85,3	0,018	0,044	0,001
944,0	Vodafone	42,0	77,1	0,0	1,0	77,1	0,007	0,017	0,0001	4,0	83,1	0,014	0,034	0,001
						minimal:	0,01	0,03	0,0004		maximal (BNetzA):	0,02	0,06	0,001
Messpunkt Nr. 2														
929,4	Telefónica	41,8	80,9	0,0	1,0	80,9	0,011	0,027	0,0003	4,0	86,9	0,022	0,053	0,001
944,0	Vodafone	42,0	81,7	0,0	1,0	81,7	0,012	0,029	0,0004	4,0	87,7	0,024	0,058	0,002
806/298-Max	Vodafone	38,9	62,5	0,0	300,0	87,3	0,023	0,059	0,0014	1200,0	93,3	0,046	0,119	0,006
						minimal:	0,03	0,07	0,0021		maximal (BNetzA):	0,06	0,14	0,009
Messpunkt Nr. 3														
929,4	Telefónica	41,8	92,0	0,0	1,0	92,0	0,040	0,095	0,0042	4,0	98,0	0,080	0,190	0,017
944,0	Vodafone	42,0	90,4	0,0	1,0	90,4	0,033	0,079	0,0029	4,0	96,4	0,066	0,158	0,012
796/217-Max	Telefónica	38,7	66,3	0,0	300,0	91,1	0,036	0,092	0,0034	1200,0	97,1	0,072	0,185	0,014
806/298-Max	Vodafone	38,9	71,9	0,0	300,0	96,7	0,068	0,175	0,0123	1200,0	102,7	0,136	0,350	0,049
						minimal:	0,09	0,23	0,0228		maximal (BNetzA):	0,19	0,47	0,091
Messpunkt Nr. 4														
929,4	Telefónica	41,8	71,9	0,0	1,0	71,9	0,004	0,009	0,00004	4,0	77,9	0,008	0,019	0,0002
944,0	Vodafone	42,0	72,9	0,0	1,0	72,9	0,004	0,011	0,0001	4,0	78,9	0,009	0,021	0,0002
806/298-Max	Vodafone	38,9	52,1	0,0	300,0	76,9	0,007	0,018	0,0001	1200,0	82,9	0,014	0,036	0,0005
						minimal:	0,01	0,02	0,0002		maximal (BNetzA):	0,02	0,05	0,001
Messpunkt Nr. 5														
929,4	Telefónica	41,8	88,7	0,0	1,0	88,7	0,027	0,065	0,0020	4,0	94,7	0,054	0,130	0,008
944,0	Vodafone	42,0	89,8	0,0	1,0	89,8	0,031	0,074	0,0025	4,0	95,8	0,062	0,147	0,010
958,0	Telekom	42,3	81,2	0,0	1,0	81,2	0,011	0,027	0,0003	4,0	87,2	0,023	0,054	0,001
1844,6	Telefónica	58,9	89,8	0,0	1,0	89,8	0,031	0,052	0,0025	4,0	95,8	0,062	0,105	0,010
796/217-Max	Telefónica	38,7	60,0	0,0	300,0	84,8	0,017	0,045	0,0008	1200,0	90,8	0,035	0,090	0,003
806/298-Max	Vodafone	38,9	69,1	0,0	300,0	93,9	0,049	0,127	0,0065	1200,0	99,9	0,099	0,254	0,026
816/182-Max	Telekom	39,2	62,2	0,0	300,0	87,0	0,022	0,057	0,0013	1200,0	93,0	0,045	0,114	0,005
816/268-Max	Telekom	39,2	62,4	0,0	300,0	87,2	0,023	0,058	0,0014	1200,0	93,2	0,046	0,116	0,006
						minimal:	0,08	0,19	0,0173		maximal (BNetzA):	0,16	0,39	0,069
Messpunkt Nr. 6														
925,4	Telefónica	41,8	82,6	0,0	1,0	82,6	0,013	0,032	0,0005	4,0	88,6	0,027	0,065	0,002
928,2	Telefónica	41,8	81,3	0,0	1,0	81,3	0,012	0,028	0,0004	4,0	87,3	0,023	0,056	0,001
929,4	Telefónica	41,8	89,9	0,0	1,0	89,9	0,031	0,075	0,0026	4,0	95,9	0,063	0,150	0,010
944,0	Vodafone	42,0	90,8	0,0	1,0	90,8	0,035	0,083	0,0032	4,0	96,8	0,069	0,165	0,013
949,8	Telekom	42,3	82,6	0,0	1,0	82,6	0,013	0,032	0,0005	4,0	88,6	0,027	0,064	0,002
958,0	Telekom	42,3	80,6	0,0	1,0	80,6	0,011	0,025	0,0003	4,0	86,6	0,021	0,051	0,001
959,6	Telekom	42,3	90,9	0,0	1,0	90,9	0,035	0,083	0,0033	4,0	96,9	0,070	0,166	0,013
1843,2	Telefónica	58,9	80,3	0,0	1,0	80,3	0,010	0,018	0,0003	4,0	86,3	0,021	0,035	0,001
1844,6	Telefónica	58,9	90,9	0,0	1,0	90,9	0,035	0,060	0,0033	4,0	96,9	0,070	0,119	0,013
806/298-Max	Vodafone	38,9	69,9	0,0	300,0	94,7	0,054	0,139	0,0078	1200,0	100,7	0,108	0,278	0,031
806/144-Max	Vodafone	38,9	60,6	0,0	300,0	85,4	0,019	0,048	0,0009	1200,0	91,4	0,037	0,095	0,004
816/182-Max	Telekom	39,2	74,4	0,0	300,0	99,2	0,091	0,232	0,0219	1200,0	105,2	0,182	0,464	0,088
816/180-Max	Telekom	39,2	63,2	0,0	300,0	88,0	0,025	0,064	0,0017	1200,0	94,0	0,050	0,128	0,007
2167,2/386	Telekom	61,0	82,1	0,0	2,0	85,1	0,018	0,030	0,0009	20,0	95,1	0,057	0,093	0,009
2167,2/270	Telekom	61,0	73,1	0,0	2,0	76,1	0,006	0,010	0,0001	20,0	86,1	0,020	0,033	0,001
2167,2/141	Telekom	61,0	72,3	0,0	2,0	75,3	0,006	0,010	0,0001	20,0	85,3	0,018	0,030	0,001
						minimal:	0,13	0,33	0,0475		maximal (BNetzA):	0,27	0,66	0,197
Messpunkt Nr. 7														
929,4	Telefónica	41,8	94,5	0,0	1,0	94,5	0,053	0,127	0,0075	4,0	100,5	0,106	0,254	0,030
944,0	Vodafone	42,0	90,7	0,0	1,0	90,7	0,034	0,082	0,0031	4,0	96,7	0,069	0,163	0,012
796/217-Max	Telefónica	38,7	68,2	0,0	300,0	93,0	0,045	0,115	0,0053	1200,0	99,0	0,089	0,230	0,021
806/298-Max	Vodafone	38,9	72,2	0,0	300,0	97,0	0,071	0,181	0,0132	1200,0	103,0	0,141	0,363	0,053
						minimal:	0,10	0,26	0,0291		maximal (BNetzA):	0,21	0,53	0,116
Messpunkt Nr. 8														
929,4	Telefónica	41,8	77,4	0,0	1,0	77,4	0,007	0,018	0,0001	4,0	83,4	0,015	0,035	0,0006
944,0	Vodafone	42,0	75,6	0,0	1,0	75,6	0,006	0,014	0,0001	4,0	81,6	0,012	0,029	0,0004
806/298-Max	Vodafone	38,9	56,8	0,0	300,0	81,6	0,012	0,031	0,0004	1200,0	87,6	0,024	0,062	0,0015
						minimal:	0,02	0,04	0,0006		maximal (BNetzA):	0,03	0,08	0,002

Messpunkt Nr.	9													
929,4	Telefónica	41,8	89,5	0,0	1,0	89,5	0,030	0,071	0,0024	4,0	95,5	0,060	0,143	0,009
944,0	Vodafone	42,0	85,6	0,0	1,0	85,6	0,019	0,045	0,0010	4,0	91,6	0,038	0,091	0,004
959,6	Telekom	42,3	87,6	0,0	1,0	87,6	0,024	0,057	0,0015	4,0	93,6	0,048	0,113	0,006
796/217-Max	Telefónica	38,7	60,6	0,0	300,0	85,4	0,019	0,048	0,0009	1200,0	91,4	0,037	0,096	0,004
806/298-Max	Vodafone	38,9	62,8	0,0	300,0	87,6	0,024	0,061	0,0015	1200,0	93,6	0,048	0,123	0,006
816/182-Max	Telekom	39,2	67,9	0,0	300,0	92,7	0,043	0,110	0,0049	1200,0	98,7	0,086	0,219	0,020
						minimal:	0,07	0,17	0,0122		maximal (BNetzA):	0,14	0,34	0,049
Messpunkt Nr.	10													
929,4	Telefónica	41,8	101,1	0,0	1,0	101,1	0,114	0,272	0,0342	4,0	107,1	0,227	0,543	0,137
944,0	Vodafone	42,0	99,1	0,0	1,0	99,1	0,090	0,215	0,0216	4,0	105,1	0,180	0,429	0,086
957,6	Telekom	42,3	82,2	0,0	1,0	82,2	0,013	0,030	0,0004	4,0	88,2	0,026	0,061	0,002
959,6	Telekom	42,3	90,3	0,0	1,0	90,3	0,033	0,077	0,0028	4,0	96,3	0,065	0,155	0,011
796/217-Max	Telefónica	38,7	78,0	0,0	300,0	102,8	0,138	0,356	0,0502	1200,0	108,8	0,275	0,711	0,201
806/298-Max	Vodafone	38,9	83,4	0,0	300,0	108,2	0,256	0,659	0,1741	1200,0	114,2	0,512	1,317	0,696
816/182-Max	Telekom	39,2	69,3	0,0	300,0	94,1	0,051	0,129	0,0068	1200,0	100,1	0,101	0,258	0,027
816/180-Max	Telekom	39,2	61,6	0,0	300,0	86,4	0,021	0,053	0,0012	1200,0	92,4	0,042	0,106	0,005
2167,2/386	Telekom	61,0	84,2	0,0	2,0	87,2	0,023	0,038	0,0014	20,0	97,2	0,073	0,119	0,014
2167,2/141	Telekom	61,0	75,4	0,0	2,0	78,4	0,008	0,014	0,0002	20,0	88,4	0,026	0,043	0,002
						minimal:	0,33	0,84	0,2928		maximal (BNetzA):	0,67	1,69	1,181

Legende zu obigen Tabellen:

- Spalte 1** Frequenz des Signalisierungskanals BCCH (MCCH) bei GSM (TETRA) bzw. Mittenfrequenz und Scramblingcode / Cell-ID bei UMTS/LTE
- Spalte 2** Messpunktnummer; Betreiberzuordnung
- Spalte 3** Gesetzlicher Grenzwert nach 26. BImSchV in V/m (Worst Case)
- Spalte 4** Gemessene Feldstärke des BCCH (GSM), des MCCH (TETRA), des CPICH (UMTS) bzw. der RS-Signale (LTE) in dBµV/m
Anmerkung: Wurde bei den GSM bzw. TETRA-Messungen festgestellt, dass ein Verkehrskanal (TCH) am Messpunkt eine höhere Immission erzeugt als der dazugehörige BCCH (MCCH), ist hier die Immission des TCH dokumentiert und bildet die Basis für die weitere Auswertung.
- Spalte 5** Messunsicherheitsaufschlag in dB (Es wird keine Messunsicherheit aufgeschlagen, daher ist dieser Wert zu Null gesetzt).
- Spalte 6** Faktor für die minimale Immission; bei GSM und TETRA = 1 (da die minimale Immission etwa der Immission entspricht, die allein durch den BCCH (MCCH) verursacht wird) und bei UMTS = 2 (da die minimale Immission in etwa doppelt so groß ist, wie die Immission, die allein durch den CPICH erzeugt wird). Bei LTE wird hier ein Wert verwendet, der um den Faktor vier kleiner ist, als der in Spalte 11 verwendete Faktor zur Extrapolation auf maximale Leistung, da bei LTE die minimal abgestrahlte Leistung in etwa ein Viertel der maximal abgestrahlten Leistung beträgt.
- Spalte 7** Minimale Immission (inkl. Messunsicherheitsaufschlag) in dBµV/m:
<Spalte 7> = <Spalte 4> + <Spalte 5> + 10·log <Spalte 6>
- Spalte 8** Wert aus Spalte 7 als elektrische Feldstärke in V/m
- Spalte 9** Prozentuale Grenzwertausschöpfung: <Spalte 9> = 100 %·<Spalte 8> / <Spalte 3>
- Spalte 10** Wert aus Spalte 7 als Leistungsdichte in mW/m²
- Spalte 11** Faktor für die maximale Immission bei dem von der BNetzA genehmigtem bzw. bei dem aktuell vom Betreiber realisierten Anlagenausbau:
Bei GSM bzw. TETRA fließt in diesen Faktor die von der BNetzA pro Funkzelle genehmigte Maximalleistung im Verhältnis zur aktuellen Leistung des BCCH- (MCCH-) Kanals ein.
Bei UMTS fließt in diesen Faktor die von der BNetzA pro Funkzelle genehmigte Maximalleistung im Verhältnis zur aktuellen CPICH-Leistung ein.
Bei LTE fließt in diesen Faktor die von der BNetzA pro Funkzelle genehmigte Maximalleistung im Verhältnis zur aktuellen RS-Leistung ein.
- Spalte 12** Maximale Immission (inkl. Messunsicherheitsaufschlag) in dBµV/m:
<Spalte 12> = <Spalte 4> + <Spalte 5> + 10·log <Spalte 11>
- Spalte 13** Wert aus Spalte 12 als elektrische Feldstärke in V/m
- Spalte 14** Prozentuale Grenzwertausschöpfung: <Spalte 14> = 100 %·<Spalte 13> / <Spalte 3>

Spalte 15 Wert aus Spalte 12 als Leistungsdichte in mW/m^2

In den gelb markierten Feldern sind die Summenwerte (minimale bzw. maximale Immission) angegeben (Spalten 8/9 und 13/14: quadratische Summation; Spalten 10 und 15: lineare Summation).

Die genaue zahlenmäßige Berechnung der Hochrechnungsfaktoren für maximale Immission wird in diesem Bericht nicht dokumentiert, da es sich hierbei um von den Betreibern als vertraulich eingestufte Daten handelt. Diese Informationen können nur nach Vorlage einer Freigabeerklärung des jeweiligen Betreibers zur Verfügung gestellt werden.

Falls Messwerte von weiter entfernten (d.h. unbekannt) Mobilfunkanlagenstandorten mit in die Auswertung einbezogen wurden, kommen typische Anlagendaten für die Hochrechnung auf Maximalauslastung zur Anwendung.

Anlage 2: Grenzwerte für hochfrequente Immissionen

Die Bewertung elektromagnetischer Felder ist in Deutschland seit Januar 1997 in der "26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes" (26. BImSchV) [1] verbindlich geregelt. Die in dieser Verordnung festgelegten Immissionsgrenzwerte entsprechen den aktuellen Empfehlungen der *Internationalen Kommission für den Schutz nicht ionisierender Strahlung* (ICNIRP) [2], des *Europäischen Rates* [3], sowie der deutschen *Strahlenschutzkommission* [4].

Die festgelegten Grenzwerte für die hier relevanten Hochfrequenzimmissionen ab 10 MHz sind in folgender Tabelle aufgelistet und in Bild 1 grafisch dargestellt.

Signalfrequenz [MHz]	Effektivwert der elektrischen und magnetischen Feldstärke	
	elektrische Feldstärke [V/m]	magnetische Feldstärke [A/m]
10 - 400	28	0,073
400 - 2.000	$1,375 \cdot \sqrt{f}$	$0,0037 \cdot \sqrt{f}$
2.000 - 300.000	61	0,16

f : Signalfrequenz in MHz

Tabelle 1: Grenzwerte der 26. BImSchV für Hochfrequenzanlagen

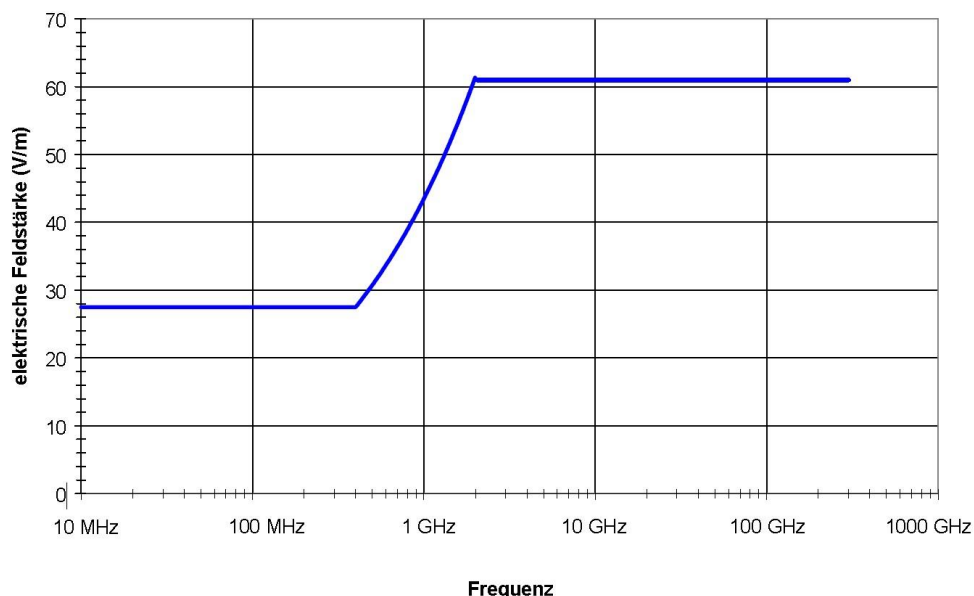


Bild 1: Grafische Darstellung der Grenzwerte (elektrische Feldstärke) aus Tabelle 1 (nach 26. BImSchV) für Hochfrequenzanlagen ab 10 MHz

Folgendes Vorgehen wird bei der Festlegung der Immissionsgrenzwerte für nicht ionisierende Strahlung angewandt:

Die *Internationale Strahlenschutzkommission* (ICNIRP) erarbeitet Grenzwertempfehlungen auf der Basis des aktuellen Forschungsstandes. Grundlage ist die von der WHO und der Umweltorganisation der Vereinten Nationen (UNEP) gemeinsam durchgeführte Bewertung der aktuellen wissenschaftlichen Befunde. Die Ergebnisse dieser Bewertung sind in den sog. "*Environmental Health Criteria*" (z.B. EHC Doc.137) zusammengefasst und als Buch veröffentlicht. In regelmäßigen Abständen prüft die ICNIRP den aktuellen Stand der Forschung und entscheidet darüber, ob eine Aktualisierung der Grenzwerte erforderlich ist. Die zurzeit aktuellen Empfehlungen der ICNIRP für den Hochfrequenzbereich stammen aus dem Jahr 2020 [2].

Die ICNIRP wird von der *Weltgesundheitsorganisation* (WHO), der *Internationalen Arbeitsorganisation* (ILO) sowie der *Europäischen Union* als die staatlich unabhängige Organisation anerkannt, die Grenzwerte im Bereich nicht ionisierender Strahlung empfiehlt.

Im Jahr 1999 hat der *Rat der Europäischen Union* die "*Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz - 300 GHz)*" verabschiedet [3]. Diese Empfehlung basiert ebenfalls auf den Richtwerten der ICNIRP und empfiehlt den Mitgliedsstaaten die Übernahme dieser Werte in nationale Gesetze und Normen.

Das Prinzip des Personenschutzes im Bereich des Mobilfunks ist die Begrenzung der vom Körper aufgenommenen Energie. Als Maß hierfür dient die "*spezifische Absorptionsrate*" (SAR), gemessen in Watt pro Kilogramm (W/kg) Körpergewicht. Um den Schutz der Bevölkerung vor den thermischen Einwirkungen hochfrequenter nicht ionisierender Strahlen zu gewährleisten, wurden die sog. "*Basisgrenzwerte*" so festgelegt, dass eine zusätzliche Erwärmung von Körperbereichen um mehr als 1°C mit Sicherheit ausgeschlossen wird.

Um diese Sicherheit zu gewährleisten, ist der *Basisgrenzwert* so gewählt, dass er um den Faktor 10 niedriger liegt, als die spezifische Absorptionsrate, ab der Wirkungen auf den Menschen wissenschaftlich gesichert nachgewiesen werden können. Bei Personen, die im Rahmen ihrer *beruflichen Tätigkeit* während der gesamten täglichen Arbeitszeit (typ. 6 bis 8 Std.) hochfrequenten Feldern ausgesetzt sind, dürfen also maximal Immissionen auftreten, die um den *Faktor 10 unter der Grenze für nachgewiesene Gesundheitsbeeinträchtigungen* liegen.

Aus Gründen einer *zusätzlichen Sicherheit*, wird für die *Allgemeinbevölkerung* (d.h. alle Personengruppen) der *Grenzwert für die Dauerexposition* (24h-Wert) nochmals um den Faktor 5 gegenüber dem Arbeitsplatzwert reduziert, so dass hier insgesamt eine *Unterschreitung um den Faktor 50 bezüglich wissenschaftlich nachgewiesener negativer Gesundheitswirkungen vorliegt*.

Da die spezifische Absorptionsrate SAR im menschlichen Körper schwierig zu bestimmen ist, werden in einem weiteren Schritt "*abgeleitete Grenzwerte*" für die leichter zu messende *elektrische* und *magnetische Feldstärke* aus den Basisgrenzwerten ermittelt. Sie sind so gewählt, dass bei einer Einhaltung der abgeleiteten Grenzwerte auf jeden Fall sichergestellt ist, dass auch die dazugehörigen Basisgrenzwerte unterschritten werden.

Das eben beschriebene Verfahren wird im folgenden Bild grafisch dargestellt.

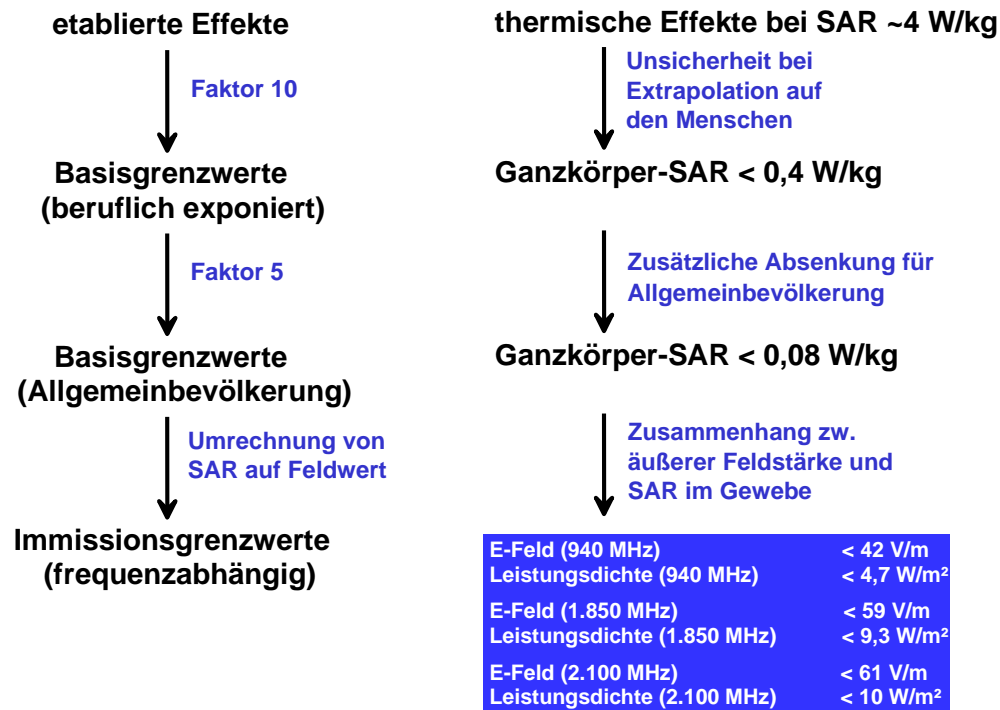
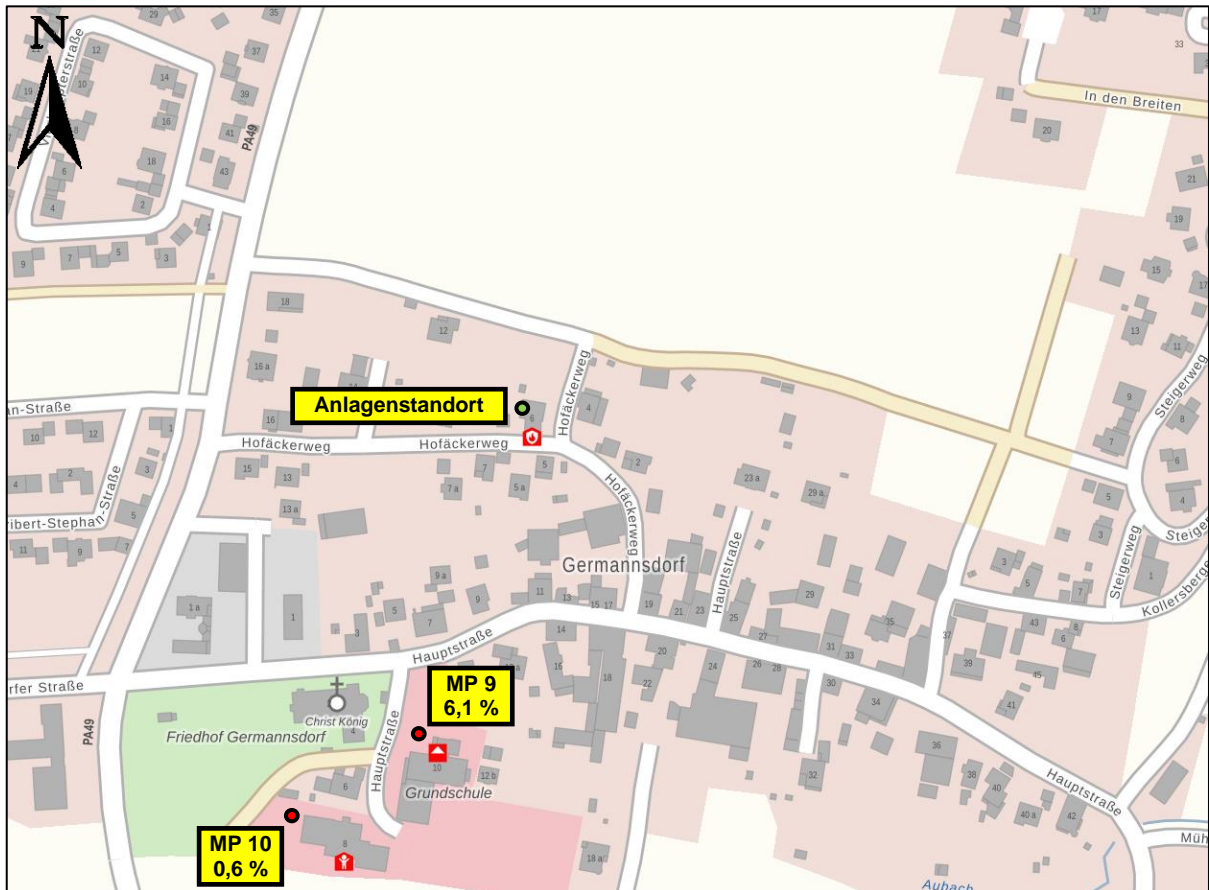


Bild 2: Darstellung der Entstehung internationaler Grenzwertempfehlungen

Um zu berücksichtigen, dass in manchen Situationen die einzelnen Körperteile sehr unterschiedlich den elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sein können (beispielsweise wirken bei Benutzung von Mobiltelefonen die hochfrequenten elektromagnetischen Felder hauptsächlich auf den Kopf ein) bzw. dass bestimmte Körperteile empfindlicher als andere reagieren (z.B. das Auge), hat es sich als zweckmäßig erwiesen, national wie international für Teilbereiche des Körpers zusätzlich "*Teilkörpergrenzwerte*" festzusetzen. Diese werden z.B. bei der Bewertung der Immissionen, verursacht durch die Benutzung von Mobiltelefonen angewendet.

Anlage 3: Lageplan mit Anlagenstandort und den Messpunkten



An jedem Messpunkt ist der im Rahmen der "Nachhermessung" vom 27. Juli 2021 festgestellte Mobilfunk-Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollausbau der Anlagen nach BNetzA-Standortbescheinigung) gemäß den Vorgaben der 26. BImSchV ("Grenzwertausschöpfung" bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.

Anlage 4: Fotos



Bild 7: Messpunkt 9



Bild 8: Blick von Messpunkt 9 zum Anlagenstandort



Bild 9: Messpunkt 10