



EINSATZ EINES AUTOMATISCHEN EMF-MESSSYSTEMS IN 63739 ASCHAFFENBURG, FROHSINNSTRASSE 11



Auf Wunsch des Amtes für Umwelt- und Verbraucherschutz der Stadt Aschaffenburg wurde von der Bundesnetzagentur für den Zeitraum vom 24. März 2015 bis zum 23. September 2015 ein automatisches Messsystem (AMS) zur Darstellung der vorhandenen Immissionen durch elektromagnetische Felder (EMF) zur Verfügung gestellt.

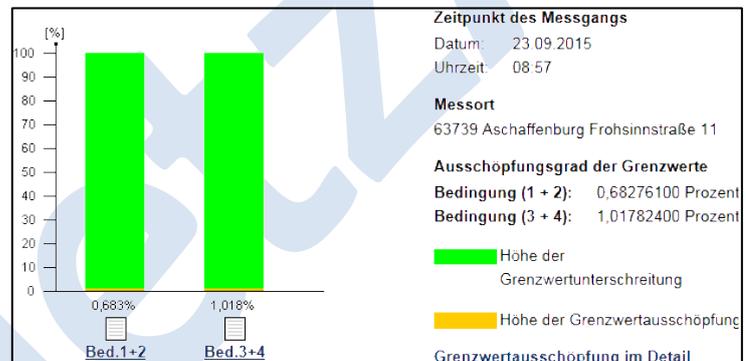


ABBILDUNG 2: EINSATZ DES AMS IN DER FROHSINNSTR.11, IM HINTERGRUND ZU SEHEN FUNKSTANDORT 661478

ABBILDUNG 1: AUSZUG AUS DER EMF-DATENBANK DER BUNDESNETZAGENTUR

Mit diesem Bericht wird eine Auswertung der Ergebnisse dieses Messeinsatzes zur Verfügung gestellt. Die ausgewerteten Messergebnisse können in der für jedermann im Internet frei zugänglichen EMF-Datenbank¹ in Form von Balkendiagrammen aufgerufen werden.

FAZIT DES MESSEINSATZES

Die im Verlauf des Messeinsatzes am Aufstellort gemessenen Immissionen von Funkanlagen liegen in allen Frequenzbereichen deutlich unterhalb der in Deutschland geltenden Grenzwerte zum Schutz von Personen in elektromagnetischen Feldern (26. BImSchV).

Die höchste im Verlauf des Messeinsatzes festgestellte Grenzwertausschöpfung als Summe der Feldstärkewerte aller zu diesem Zeitpunkt erfassten relevanten Funksysteme im u.a. für den Mobilfunk relevanten Frequenzbereich von 100 Kilohertz bis 3 Gigahertz unterschritt die geltenden gesetzlichen Personenschutzgrenzwerte zu mehr als 96,8 % bzw. um mehr als den Faktor 30.

Im zweiten Auswertebereich von 9 Kilohertz bis 10 Megahertz wurden nochmals geringere Ausschöpfungsgrade ermittelt. Die ermittelten Werte lagen hier bei jedem der Messdurchläufe zu mehr als 98,3 % bzw. Faktor 60 unterhalb der geltenden Grenzwerte.

¹ EMF-Datenbank: <http://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/>

INHALT

Informationen zum AMS	2
Grundlage der Messung	3
Ort und Dauer des Messeinsatzes	5
Anlass des Messeinsatzes.....	5
Auswertung der Messergebnisse	5
Standortbescheinigungspflichtige Funkanlagen in der Umgebung.....	10
Maximal erfasste Feldstärkepegel einzelner Funkdienste.....	11
Abkürzungsverzeichnis.....	18

INFORMATIONEN ZUM AMS

WAS IST DAS AUTOMATISCHE MESSSYSTEM DER BUNDESNETZAGENTUR?

Zur Einschätzung und Bewertung der tatsächlichen Immissionen von Funkanlagen eignet sich in besonderer Weise das automatische Messsystem der BNetzA. Mit diesem Messsystem lassen sich rund um die Uhr an Messorten die Immissionen von Funkanlagen im Frequenzbereich von 9 Kilohertz bis 3 Gigahertz erfassen und in Bezug auf die in Deutschland gültigen Grenzwerte zum Schutz von Personen in elektromagnetischen Feldern dokumentieren. Die Messergebnisse bieten damit eine belastbare und transparente Grundlage zur Einschätzung der von Funkanlagen stammenden Immissionen.

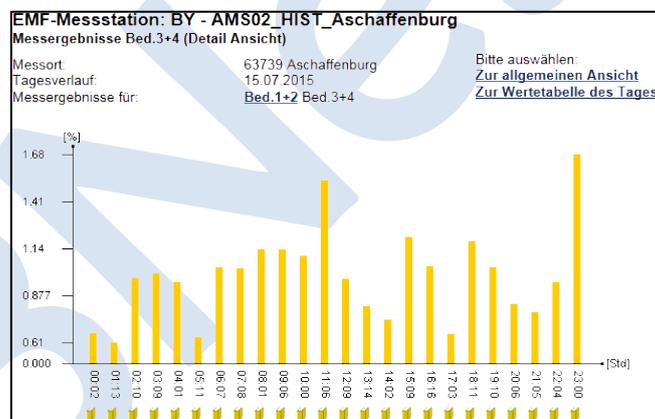


ABBILDUNG 3: AUSZUG AUS DER EMF-DATENBANK DER BUNDESNETZAGENTUR

AUSLEIHE EINES AMS?

Das Messsystem wird von der Bundesnetzagentur für einen zuvor zu vereinbarenden Messzeitraum Gemeinden, Kommunen oder einer für den Schutz von Personen in elektromagnetischen Feldern zuständigen Behörde kostenfrei zur Verfügung gestellt. Die detaillierten Ausleihbedingungen finden Sie auf den EMF-Internetseiten der BNetzA².

Haben Sie als Privatperson Interesse am Einsatz eines AMS, sollten Sie sich mit Ihrem Messwunsch zunächst an die zuständige Stelle der Kommune (z.B. Landratsamt, Umweltamt, Kreisverwaltung) oder des Landes (z.B. Landesumweltamt) wenden.

² Internetauftritt der Bundesnetzagentur: <http://emf3.bundesnetzagentur.de/ams.html>

GRUNDLAGE DER MESSUNG

NACH WELCHEN VORGABEN UND AUF BASIS WELCHER GRENZWERTE WIRD GEMESSEN?

Der Ablauf der Messungen folgt dem in der Messvorschrift 09/EMF/3³ der Bundesnetzagentur festgelegten Verfahren. Dabei werden vom Messsystem nicht nur die Immissionen einzelner Funkssysteme bzw. Sendeanlagen entsprechend den Grenzwerten der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV⁴) bewertet, sondern ebenfalls die Summe aller relevanten Immissionen. Hierzu dienen die in der 26. BImSchV definierten Grenzwertbedingungen, in denen aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsweisen zwei Frequenzbereiche festgelegt sind.

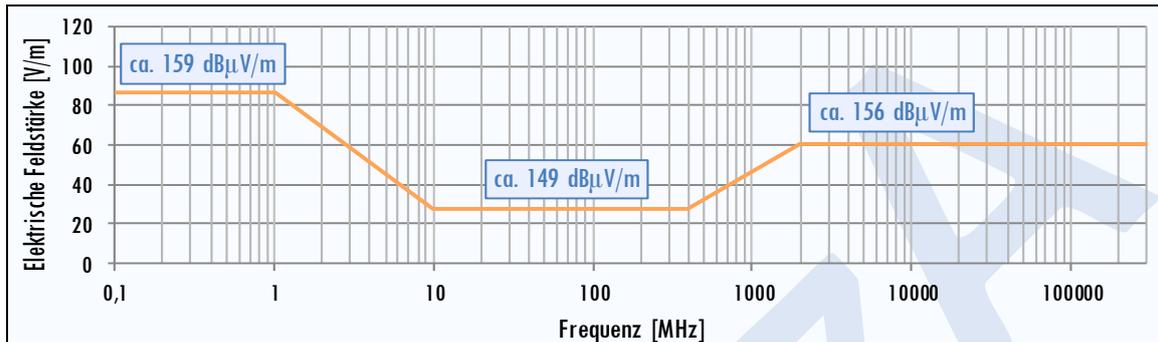


ABBILDUNG 4: GRENZWERTE DER ELEKTRISCHEN FELDSTÄRKE FÜR DIE ALLGEMEINBEVÖLKERUNG NACH 26. BIMSCHV

1) Grenzwertbedingungen 1 und 2 (Reizwirkung):

Der Frequenzbereich für die Bedingungen 1 und 2 erstreckt sich laut Messvorschrift 09/EMF/3 der Bundesnetzagentur von 9 kHz bis 10 MHz. Dieser Bereich beinhaltet im Wesentlichen Rundfunk und Amateurfunk im Lang-, Mittel- und unteren Kurzwellenbereich. Hinzu kommen im Unterschied zur Bedingung 3 und 4 Aussendungen im unteren Lang- bzw. Längstwellenbereich (z.B. Zeitzeichensender DCF77 zur Ansteuerung von Funkuhren oder induktive Anwendungen kurzer Reichweite, wie z.B. elektronische Artikelsicherungssysteme).

$\sum_{i=1}^{10 \text{ MHz}} \frac{I_{E,i}}{G_{E,i}} \leq 1$ <p>GRENZWERTBEDINGUNG 1: ELEKTRISCHES FELD 1 HZ BIS 10 MHz</p>	<p>Mit:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $I_{E,i}$ = Gemessene elektrische Feldstärke bei der Frequenz i ▪ $G_{E,i}$ = Grenzwert der elektrischen Feldstärke bei der Frequenz i ▪ $I_{M,i}$ = Gemessene magnetische Feldstärke bei der Frequenz i ▪ $G_{M,i}$ = Grenzwert der magnetischen Feldstärke bei der Frequenz i
$\sum_{i=1}^{10 \text{ MHz}} \frac{I_{M,i}}{G_{M,i}} \leq 1$ <p>GRENZWERTBEDINGUNG 2: MAGNETISCHES FELD 1 HZ BIS 10 MHz</p>	

TABELLE 1: GRENZWERTBEDINGUNGEN 1 UND 2

Die Berechnung der Grenzwertbedingungen 1 bzw. 2 erfolgt durch Addition der Verhältnisse von gemessener elektrischer Feldstärke zum zur Messfrequenz zugehörigen Grenzwert für alle zum Messzeitpunkt erfassten relevanten Funkssysteme im angegebenen Frequenzbereich. Zur Einhaltung der Grenzwertbedingung muss die Summe dieser Grenzwertausschöpfungen einen Wert kleiner oder gleich eins ergeben.

³ Messvorschrift 09/EMF/3: <http://emf3.bundesnetzagentur.de/pdf/MV.pdf>

⁴ 26. BImSchV: http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_26

Bei einer Messung in ausreichendem Abstand zwischen Messsystem und Funksystem ergeben Bedingung 1 und 2 das gleiche Ergebnis, dort genügt dementsprechend die Berechnung nur einer der beiden Grenzwertbedingungen. Aufgrund der Darstellung der vom AMS gemessenen Immissionen als elektrisches Feld erfolgt die weitere Auswertung nach Bedingung 1.

2) Grenzwertbedingungen 3 und 4 (thermische Wirkung):

Die Messvorschrift 09/EMF/3 sieht für die Ermittlung der Grenzwertbedingungen 3 und 4 einen Frequenzbereich von 100 kHz bis 3 GHz vor. Dies beinhaltet Rundfunk-, TV-, und Mobilfunkfrequenzbereiche, d.h. im Vergleich zu Bedingung 1 und 2 auch den oberen Kurzwellenbereich, UKW, DAB (jeweils Rundfunk), DVB-T (TV) sowie GSM, UMTS und LTE (jeweils Mobilfunk). Ebenfalls abgedeckt werden weitere Amateurfunkfrequenzbereiche sowie beispielweise WLAN bei 2,4 GHz.

$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{I_{E,i}}{G_{E,i}} \right)^2 \leq 1$ <p>GRENZWERTBEDINGUNG 3: ELEKTRISCHES FELD 100 KHZ BIS 300 GHZ</p>	<p>Mit:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $I_{E,i}$ = Gemessene elektrische Feldstärke bei der Frequenz i ▪ $G_{E,i}$ = Grenzwert der elektrischen Feldstärke bei der Frequenz i ▪ $I_{M,i}$ = Gemessene magnetische Feldstärke bei der Frequenz i ▪ $G_{M,i}$ = Grenzwert der magnetischen Feldstärke bei der Frequenz i
$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{I_{M,i}}{G_{M,i}} \right)^2 \leq 1$ <p>GRENZWERTBEDINGUNG 4: MAGNETISCHES FELD 100 KHZ BIS 300 GHZ</p>	

TABELLE 2: GRENZWERTBEDINGUNGEN 3 UND 4

Da auch hier bei einer Messung in ausreichendem Abstand zwischen Messsystem und Funksystem die beide Bedingungen das gleiche Ergebnis liefern, genügt in diesem Fall ebenfalls die Berechnung nur einer der Grenzwertbedingungen. Aufgrund der Darstellung der vom AMS gemessenen Immissionen als elektrisches Feld geschieht dies nach Bedingung 3.

Die Berechnung der Grenzwertbedingungen 3 und 4 erfolgt durch eine quadratische Addition der Verhältnisse von gemessener elektrischer Feldstärke zum zur Messfrequenz zugehörigen Grenzwert für alle zum Messzeitpunkt erfassten relevanten Funksysteme im angegebenen Frequenzbereich. Die Summe aller entsprechenden Grenzwertausschöpfungen muss auch hier einen Wert kleiner oder gleich eins ergeben, andernfalls liegt eine Grenzwertüberschreitung vor.

Wie zu erkennen, überschneiden sich die Grenzwertbedingungen im Frequenzbereich von 100 kHz bis 10 MHz. Innerhalb dieses Bereiches müssen sowohl die Grenzwertbedingungen 1 bzw. 2 als auch 3 bzw. 4 eingehalten werden.

ORT UND DAUER DES MESSEINSATZES

WANN UND WO WURDE GEMESSEN?

Die Messung erfolgte vom 24.03.2015 bis 23.09.2015 in der Frohsinnstraße 11 nahe des Hauptbahnhofs in der Innenstadt von Aschaffenburg. Aufstellort des automatischen Messsystems war das Flachdach des sich an dieser Adresse befindlichen mehrgeschossigen Hochhauses.

ANLASS DES MESSEINSATZES

WARUM WURDE IN DER FROHSINNSTRASSE GEMESSEN?

Gerade im innerstädtischen Bereich sind zur ausreichenden qualitativen Netzabdeckung vermehrt Funkanlagenstandorte mit relativ geringer Leistung anzutreffen. In einem solchem Umfeld befindet sich auch das als Aufstellungsort gewählte mehrgeschossige Gebäude. Auf der gegenüberliegenden Seite des Gebäudes ist in Sichtweite ein typischer Mobilfunkanlagenstandort installiert (Standortbescheinigungsnummer 661478), zu dem das Messsystem im direkten Blickkontakt aufgebaut wurde. Damit ließen sich die Aussendungen der dort installierten Sendeantennen ungehindert messtechnisch erfassen und hinsichtlich der Fragestellung, ob in dem Gebäude ein bedenkliches Feldstärkeniveau durch diesen Mobilfunksendemast erzeugt wird, bewerten.

Dies war deshalb von besonderem Interesse, da die Nutzer des mehrgeschossigen Gebäudes entsprechende Befürchtungen gegenüber dem Amt für Umwelt- und Verbraucherschutz Aschaffenburg vorgetragen hatten.

AUSWERTUNG DER MESSERGEBNISSE

ALLGEMEINE INFORMATIONEN ZUM VERLAUF DER DIAGRAMME

Ein AMS führt mehrmals pro Stunde einen Messdurchlauf für den kompletten Frequenzbereich von 9 kHz bis 3 GHz durch. Für die Aussendungen aller in einem Messdurchlauf erfassten Funkdienste in Summe wird anschließend der Ausschöpfungsgrad der Grenzwertbedingungen nach der 26. BImSchV bestimmt. Die Auswertungen enthalten sämtliche Funkdienste (Mobilfunk, Rundfunk, Amateurfunk, etc.), die im jeweiligen Messdurchlauf erfasst wurden.

Hierzu ist zu erwähnen, dass die Sendeleistung von Mobilfunkanlagen nicht konstant ist. Sie ist last- und bedarfsabhängig und passt sich durchgehend automatisch an die jeweiligen Erfordernisse an⁵. Eine hohe Anzahl von Nutzern sowie entferntere Aufenthaltsorte der Nutzer zur relevanten Basisstation führen zu einem Hochregeln und umgekehrt zu einer Absenkung der Sendeleistung, was teilweise zu deutlich variierenden Grenzwertausschöpfungen (siehe z.B. Abbildung 3) führt. Ebenfalls abzulesen ist dieser Zusammenhang üblicherweise bei einem Vergleich der Ergebnisse für die Grenzwertbedingung 3 tagsüber (höhere Auslastung der Mobilfunksysteme) mit denen während der Nacht (geringe Auslastung).

Sofern sich im näheren Umfeld des Mess-Standorts keine Funkanlage im betreffenden Frequenzbereich bis 10 MHz befindet (z.B. Mittel- oder Kurzwellenrundfunk), ist auch für die Grenzwertbedin-

⁵ Bei der Erteilung einer Standortbescheinigung wird stets im Sinne des Schutzes von Personen in elektromagnetischen Feldern von der maximalen Anlagenauslastung ausgegangen.

gung 1 im Tagesverlauf ein Absinken der empfangenen Feldstärken zu beobachten. Hier liegt diese Absenkung jedoch aufgrund physikalischer Zusammenhänge nicht nachts, sondern tagsüber.

FREQUENZBEREICH 9 KHZ BIS 10 MHZ (GRENZWERTBEDINGUNG 1 UND 2)

Minimale und maximale Grenzwertausschöpfungen 9 kHz – 10 MHz

Messort	Zeitraum	Minimale Ausschöpfung des Grenzwerts	Maximale Ausschöpfung des Grenzwerts	Durchschnittliche Ausschöpfung des Grenzwerts
Frohsinnstraße 11	24.03. - 23.09.2015	0,25 %	1,62 %	0,72 %

TABELLE 3: MINIMALE, MAXIMALE UND DURCHSCHNITTLICHE GRENZWERTAUSCHÖPFUNG NACH SUMMATIONSFORMEL ZU BEDINGUNG 1+2 (SIEHE 26. BIMSCHV)

Für den Frequenzbereich bis 10 MHz wurden die geltenden Personenschutzgrenzwerte basierend auf der Summationsformel zur Bedingung 1 (siehe vorheriges Unterkapitel zu Informationen zum AMS) für alle Messdurchläufe durchgehend zu mehr als 98,3 % unterschritten. Die Auswertung der durchschnittlichen Immissionen ergab über den kompletten Messzeitraum eine Unterschreitung des Grenzwerts nach Bedingung 1 um mehr als den Faktor 130.

Durchschnittlicher Tagesverlauf der Grenzwertausschöpfungen 9 kHz - 10 MHz, Stundenmittel

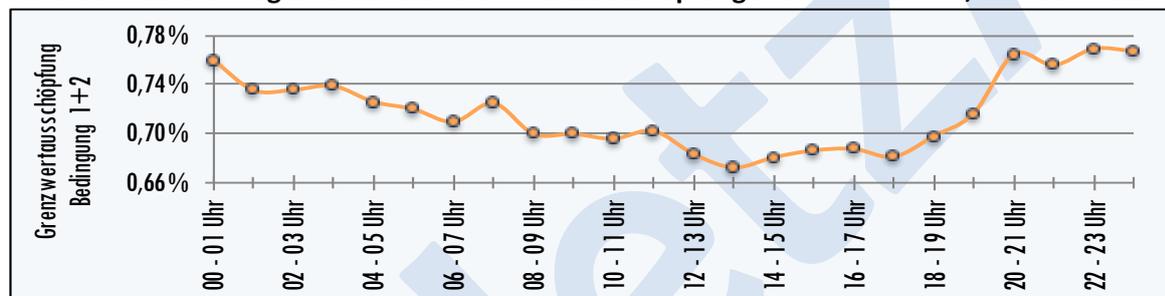


ABBILDUNG 5: TAGESVERLAUF DER DURCHSCHNITTLICHEN GRENZWERTAUSCHÖPFUNG NACH SUMMATIONSFORMEL ZU BEDINGUNG 1+2 (SIEHE 26. BIMSCHV)

Abbildung 5 zeigt den während des Messzeitraums bestimmten durchschnittlichen Tagesverlauf der Grenzwertausschöpfung für den Frequenzbereich von 9 kHz bis 10 MHz, bestimmt nach der Summationsformel zu Bedingung 1. Die Kurve zeigt ohne besondere Auffälligkeiten den zuvor beschriebenen typischen Verlauf mit einem tagsüber leichten Abfall der Immissionen.

FREQUENZBEREICH 100 KHZ BIS 3 GHZ (GRENZWERTBEDINGUNG 3 UND 4)

Minimale und maximale Grenzwertausschöpfungen 100 kHz – 3 GHz

Messort	Zeitraum	Minimale Ausschöpfung des Grenzwerts	Maximale Ausschöpfung des Grenzwerts	Durchschnittliche Ausschöpfung des Grenzwerts
Frohsinnstraße 11	24.03. - 23.09.2015	0,16 %	3,17 %	1,18 %

TABELLE 4: MINIMALE, MAXIMALE UND DURCHSCHNITTLICHE GRENZWERTAUSCHÖPFUNG NACH SUMMATIONSFORMEL ZU BEDINGUNG 3+4 (SIEHE 26. BIMSCHV)

Im beispielsweise auch den Mobilfunk umfassenden Bereich oberhalb von 100 kHz bis 3 GHz (Grenzwertbedingung 3 und 4) wurden die geltenden Personenschutzgrenzwerte nach der 26. BImSchV mit mindestens 96,8 % ebenfalls deutlich unterschritten. Der über den gesamten Messzeitraum bestimmte durchschnittliche Ausschöpfungsgrad lag um etwa den Faktor 85 unter dem Grenzwert nach Bedingung 3.

Durchschnittlicher Tagesverlauf der Grenzwertausschöpfungen 100 kHz – 3 GHz, Stundenmittel

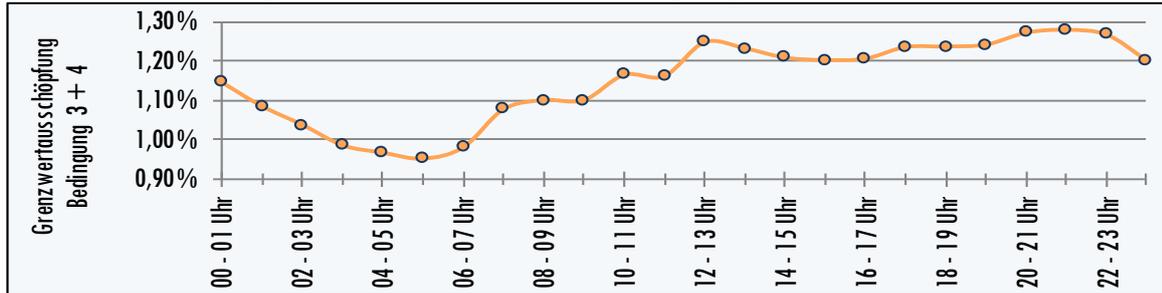


ABBILDUNG 6: TAGESVERLAUF DER DURCHSCHNITTlichen GRENZWERTAUSSCHÖPFUNG NACH SUMMATIONSFORMEL ZU BEDINGUNG 3+4 (SIEHE 26. BIMSCHV)

Der in Abbildung 6 zu sehende durchschnittliche Tagesverlauf der Grenzwertausschöpfung im Frequenzbereich von 100 kHz bis 3 GHz berechnet nach der Summationsformel zur Grenzwertbedingung 3 entspricht mit einem Absinken der Feldstärken nach Mitternacht ebenfalls einem recht typischen Verlauf.

Die maximale Grenzwertausschöpfung im Verlauf des Messeinsatzes unter Berücksichtigung aller zum Zeitpunkt des jeweiligen Messdurchlaufs erfassten Funksysteme wie Mobilfunk, Rundfunk, etc. in Summe betrug wie geschildert im Bereich von 9 kHz bis 10 Megahertz (Grenzwertbedingung 1) maximal ca. 1,62 %, sowie im Bereich von 100 Kilohertz bis 3 Gigahertz (Grenzwertbedingung 3) etwa 3,17 %. Die Personenschutzgrenzwerte wurden dementsprechend in jedem Messdurchlauf zu mehr als 96,8 % unterschritten.

Nach dieser allgemeinen Auswertung werden die gewonnenen Ergebnisse im Folgenden hinsichtlich der wesentlichen in diesen Frequenzbereichen betriebenen Funksysteme aufgeschlüsselt, um deren jeweiligen Anteil an der gesamten Grenzwertausschöpfung bewerten zu können.

GRAFISCHE DARSTELLUNG MAXIMAL ERFASSTER FELDSTÄRKEN

Um einen Gesamteindruck zu erhalten, werden im Folgenden die messtechnisch erfassten Feldstärken über der Frequenz grafisch dargestellt. Zur besseren Übersicht wurde die Darstellung in zwei Frequenzbereiche aufgeteilt.

Abbildung 7 zeigt den Frequenzbereich bis 100 MHz, der u.a. den Rundfunkbereich der Mittel- und Kurzwelle sowie teilweise UKW umfasst. In Abbildung 8 ist der Bereich ab 100 MHz bis 3 GHz zu sehen, der sich vom oberen UKW-Radiobereich u.a. über das terrestrische Fernsehen (DVB-T) und die Mobilfunksysteme (GSM, UMTS und LTE) erstreckt.

Bei den Grafiken ist zu beachten, dass die gemessene Feldstärke in V/m zur besseren Darstellbarkeit in dB μ V/m umgerechnet wurde. Anschließend an die beiden Abbildungen folgt hierzu eine Tabelle als einfache Umrechnungshilfe.

Messtechnisch maximal erfasste Feldstärkewerte über den Frequenzbereich 9 kHz – 100 MHz

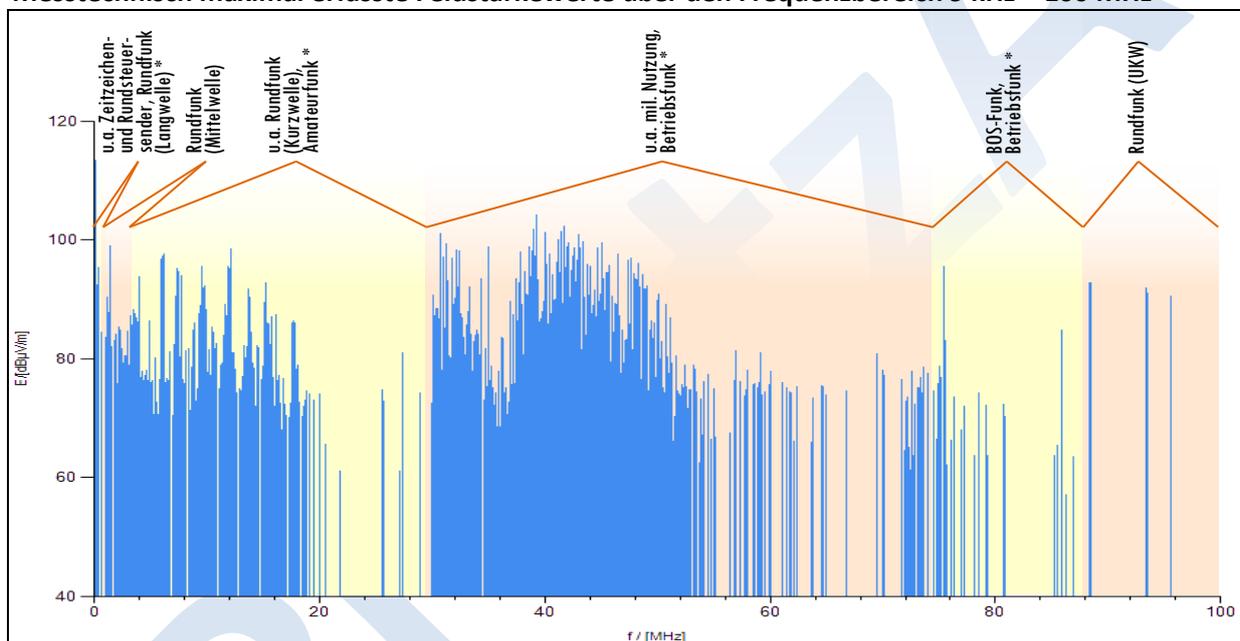


ABBILDUNG 7: MAXIMAL GEMESSENE FELDSTÄRKEWERTE AM AUFSTELLORT FROHSINNSTRASSE 11, ASCHAFFENBURG (9 kHz – 100 MHz)

* In einigen Fällen teilen sich mehrere Funkdienste einen Frequenzbereich, beispielsweise im Bereich um 2400 MHz Amateurfunk und WLAN⁶. Da es sich hier um Immissionsmessungen handelt, ist eine eindeutige Zuordnung zu einzelnen Funkanwendungen nur bedingt möglich. Zur besseren Verständlichkeit sind jedoch für die Frequenzen der für die Auswertung bestimmenden Feldstärken Funkdienste eingetragen.

⁶ Frequenznutzungsplan erhältlich über Internetauftritt der BNetzA: <http://www.bundesnetzagentur.de>

Messtechnisch maximal erfasste Feldstärkewerte über den Frequenzbereich 100 MHz – 3 GHz

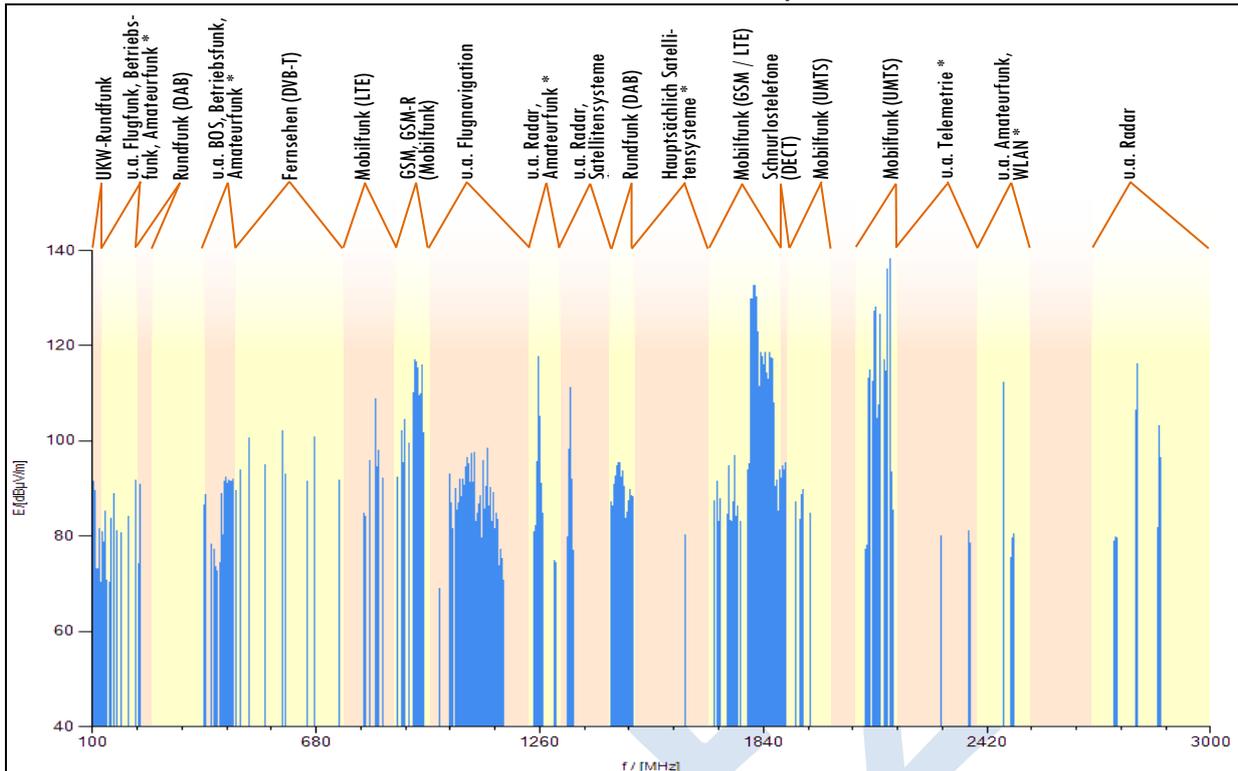


ABBILDUNG 8: MAXIMAL GEMESSENE FELDKRÄFTWERTE AM AUFSTELLORT FROHSINNSTRASSE 11, ASCHAFFENBURG (100 MHz – 3 GHz)

* Frequenzbereich, dem mehrere Funkdienste zugeordnet sind. Siehe dazu auch Anmerkung auf vorheriger Seite.

Hinweis

Die nachfolgende Tabelle 5 dient als Hilfe, um die in der Grafik in dBµV/m dargestellten Feldstärken linear in Volt pro Meter (V/m) auszudrücken.

dBµV/m	V/m	dBµV/m	V/m	dBµV/m	V/m	dB / Spannungsverhältnis
0	0,000001	60	0,001	120	1	+6 dB ≙ Faktor 2
20	0,00001	80	0,01	140	10	+12 dB ≙ Faktor 4
40	0,0001	100	0,1	160	100	+20 dB ≙ Faktor 10

TABELLE 5: UMRECHNUNGSHILFE DBµV/M NACH V/M

STANDORTBESCHEINIGUNGSPFLICHTIGE FUNKANLAGEN IN DER UMGEBUNG

Zur weiteren Einschätzung der Messergebnisse erfolgt zunächst ein Überblick über standortbescheinigungspflichtige Funkanlagen⁷ in der Umgebung des Mess-Standorts. Abbildung 9 zeigt hierfür den zum Zeitpunkt des Messeinsatzes aktuellen Ausschnitt aus der Karte der EMF-Datenbank, in der standortbescheinigungspflichtige Funkstandorte jeweils mit einem orangenen Dreieck  markiert sind.

Am auf der gegenüberliegenden Straßenseite befindlichen Funkstandort 661478 wurden zum Zeitpunkt der Messungen folgende Funksysteme betrieben:

- UMTS 2100 MHz
- LTE 800 MHz
- LTE 1800 MHz

Im weiteren Umkreis wurden laut Standortbescheinigung folgende Funksysteme betrieben:

- Mobilfunk:
 - GSM 900 MHz + 1800 MHz
 - UMTS 2100 MHz
 - LTE 800 MHz + 1800 MHz
- Bahnfunk:
 - GSM-R 900 MHz
 - Weiterer Bahnfunk
- Sonstige Funksysteme (z.B. Betriebsfunk, BOS-Funk, Datenfunk)

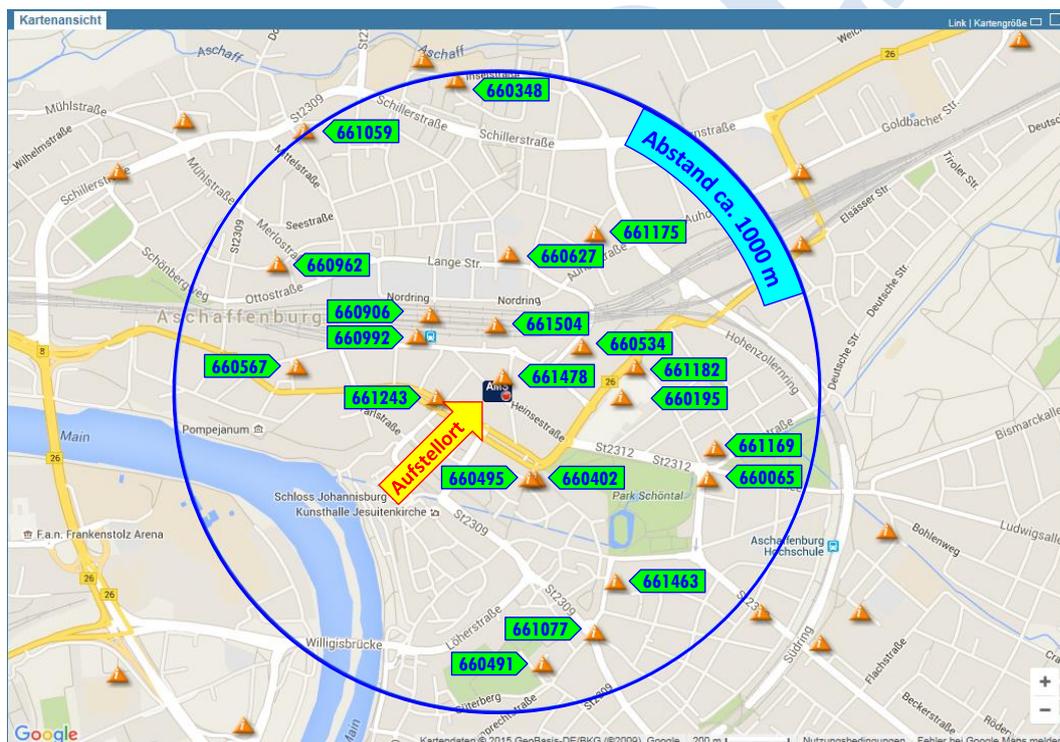


ABBILDUNG 9: AUSZUG AUS EMF-DATENBANK DER BUNDESNETZAGENTUR. KARTENDATEN © 2015 GEOBASIS-DE/BKG (©2009), GOOGLE

⁷ Eine von der Bundesnetzagentur erteilte Standortbescheinigung ist auf Grundlage der BEMFV erforderlich, wenn an einem Funkstandort eine oder mehrere Funkanlagen mit einer äquivalenten Strahlungsleistung von insgesamt 10 Watt EIRP oder mehr betrieben werden sollen.

MAXIMAL ERFASSTE FELDSTÄRKEPEGEL EINZELNER FUNKDIENSTE

Auf den folgenden Seiten werden die während des Messzeitraums erfassten Feldstärkewerte einzelner Funkdienste dargestellt und die jeweilige prozentuale Grenzwertausschöpfung nach der bzw. den für den Frequenzbereich zugehörigen relevanten Grenzwertbedingung(en) beurteilt. Dies soll eine Einschätzung darüber ermöglichen, welchen Beitrag der jeweilige Funkdienst zur gesamten Immissionssituation vor Ort beisteuert.

DARSTELLUNG DER PROZENTUALEN GRENZWERTAUSCHÖPFUNG

Zum leichteren Verständnis der für die folgenden Tabellenübersichten berechneten prozentualen Ausschöpfungsgrade folgt zunächst eine kurze Darstellung der je nach zu verwendender Grenzwertbedingung unterschiedlichen Berechnung.

Für Immissionen bei Betriebsfrequenzen über 100 kHz (dies betrifft nahezu alle gemessenen Funkdienste) kommen dabei, wie auf Seite 3 erläutert, die Grenzwertbedingungen 3 oder 4 zur Anwendung. Die prozentuale Grenzwertausschöpfung GWA, die ein einzelnes Funksystem am Messort verursacht, berechnet sich entsprechend Bedingung 3 zu:

$$GWA_{Fsys} = \left(\frac{E_{mess}}{E_{grenz}} \right)^2 \quad \text{Beispiel: } GWA_{Fsys} = \left(\frac{5 \text{ V/m}}{50 \text{ V/m}} \right)^2 = 0,01 = 1 \%$$

FORMEL 5: PROZENTUALE GRENZWERTAUSCHÖPFUNG FÜR FUNKSYSTEME NACH GRENZWERTBEDINGUNG 3

Mit:

- GWA_{Fsys} = prozentuale Grenzwertausschöpfung des Funksystems
- E_{mess} = Gemessener Feldstärkewert
- E_{grenz} = Geltender Grenzwert der elektrischen Feldstärke

Bei Betriebsfrequenzen unterhalb von 10 MHz müssen zusätzlich die Grenzwertbedingungen 1 bzw. 2 beachtet werden. Hier berechnet sich die prozentuale Grenzwertausschöpfung GWA, die ein einzelnes Funksystem am Messort verursacht, entsprechend Bedingung 1 zu:

$$GWA_{Fsys} = \frac{E_{mess}}{E_{grenz}} \quad \text{Beispiel: } GWA_{Fsys} = \frac{5 \text{ V/m}}{50 \text{ V/m}} = 0,1 = 10 \%$$

FORMEL 6: PROZENTUALE GRENZWERTAUSCHÖPFUNG FÜR FUNKSYSTEME NACH GRENZWERTBEDINGUNG 1

Wiederum mit:

- GWA_{Fsys} = prozentuale Grenzwertausschöpfung des Funksystems
- E_{mess} = Gemessener Feldstärkewert

E_{grenz} = Geltender Grenzwert der elektrischen Feldstärke

FOKUS MOBILFUNK

Die folgenden Tabellen zeigen, aufgeschlüsselt in die Frequenzbereiche der einzelnen Mobilfunkdienste, die Frequenzen bzw. Kanäle im Bereich des Mobilfunks mit den innerhalb des jeweiligen Zeitraums am höchsten bestimmten Ausschöpfungen der geltenden Grenzwerte für die elektrische Feldstärke.

LTE, Frequenzbereich 800 MHz, sortiert nach Grenzwertausschöpfung

Mobilfunk-Technologie	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Prozentuale Ausschöpfung = $\left(\frac{E_{\text{mess}}}{E_{\text{grenz}}}\right)^2 \cdot 100 \%$
LTE	818,0	18.04.2015	23:51	0,061	39,3	0,00024%
LTE	805,7	29.07.2015	15:51	0,017	39,0	0,00002%

TABELLE 6: GRENZWERTAUSCHÖPFUNGEN IM FREQUENZBEREICH LTE 800 MHz

Im Frequenzbereich von LTE um 800 MHz (790 – 821 MHz) wurden im Laufe des Messeinsatzes in zwei Bereichen (Telekom und Vodafone) Feldstärkewerte erfasst. Die maximale von einem Funksystem verursachte Ausschöpfung der Feldstärkegrenzwerte lag in diesem Bereich um mehr als den Faktor 400000 unterhalb des geltenden Grenzwerts.

GSM + GSM-R, Frequenzbereich 900 MHz, sortiert nach Grenzwertausschöpfung (Top 10)

Mobilfunk-Technologie	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Prozentuale Ausschöpfung = $\left(\frac{E_{\text{mess}}}{E_{\text{grenz}}}\right)^2 \cdot 100 \%$
GSM	937,8	20.05.2015	09:46	0,705	42,1	0,028%
GSM	939,6	16.09.2015	11:07	0,675	42,1	0,026%
GSM	940,0	02.04.2015	12:43	0,635	42,2	0,023%
GSM	953,0	18.06.2015	12:17	0,623	42,4	0,022%
GSM	943,8	22.09.2015	13:34	0,582	42,2	0,019%
GSM	953,8	14.09.2015	13:20	0,553	42,5	0,017%
GSM	941,2	27.08.2015	07:46	0,469	42,2	0,012%
GSM	944,2	01.04.2015	17:06	0,446	42,3	0,011%
GSM	939,0	16.04.2015	13:49	0,441	42,1	0,011%
GSM	938,0	04.04.2015	13:01	0,434	42,1	0,011%

TABELLE 7: GRENZWERTAUSCHÖPFUNGEN IM FREQUENZBEREICH GSM / GSM-R 900 MHz

Die am stärksten gemessenen Feldstärkewerte einzelner GSM-Systeme im Frequenzbereich um 900 MHz (918 – 960 MHz) haben im Maximalfall etwa 0,03 % Grenzwertausschöpfung beigesteuert, dies bedeutet eine Unterschreitung des geltenden Grenzwerts um mehr als den Faktor 3000.

GSM/LTE, Frequenzbereich 1800 MHz, sortiert nach Grenzwertausschöpfung (Top 10)

Mobilfunk-Technologie	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Prozentuale Ausschöpfung = $\left(\frac{E_{\text{mess}}}{E_{\text{Grenz}}}\right)^2 \cdot 100 \%$
LTE	1815,0	09.07.2015	19:15	4,294	58,6	0,54%
GSM	1846,2	27.03.2015	00:02	0,854	59,0	0,021%
GSM	1855,4	17.09.2015	15:22	0,848	59,0	0,021%
GSM	1838,4	16.09.2015	09:55	0,766	59,0	0,017%
GSM	1858,2	17.09.2015	15:37	0,738	59,3	0,016%
GSM	1864,8	17.09.2015	14:44	0,723	59,4	0,015%
GSM	1859,2	18.09.2015	07:44	0,718	59,3	0,015%
GSM	1862,6	17.09.2015	16:03	0,703	59,3	0,014%
GSM	1859,4	17.09.2015	13:47	0,693	59,3	0,014%
GSM	1858,4	01.04.2015	20:07	0,681	59,3	0,013%

TABELLE 8: GRENZWERTAUSCHÖPFUNGEN IM FREQUENZBEREICH GSM / LTE 1800 MHz⁸

Die aufgenommenen Feldstärkewerte bewegen sich für die in diesem Mobilfunk-Frequenzbereich betriebenen GSM-Systeme maximal im Bereich von etwa 0,02 % der geltenden Grenzwerte. In diesem Frequenzbereich am stärksten wurde mit etwa 0,54 % Grenzwertausschöpfung ein LTE-System empfangen, wobei es sich vermutlich um Ausstrahlungen des dem Messort direkt gegenüberliegenden Funkstandorts 661478 handelt. Eine eindeutige Zuordnung zu einem Funkstandort ist mittels des AMS jedoch nicht möglich.

UMTS, Frequenzbereich 2100 MHz, sortiert nach Grenzwertausschöpfung (Top 8)

Mobilfunk-Technologie	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Prozentuale Ausschöpfung = $\left(\frac{E_{\text{mess}}}{E_{\text{Grenz}}}\right)^2 \cdot 100 \%$
UMTS	2167,2	29.08.2015	21:36	8,128	61,0	1,78%
UMTS	2162,3	06.04.2015	00:58	6,335	61,0	1,08%
UMTS	2132,6	01.04.2015	17:37	2,536	61,0	0,17%
UMTS	2127,5	11.07.2015	22:39	2,262	61,0	0,14%
UMTS	2142,5	11.07.2015	22:27	2,102	61,0	0,12%
UMTS	2152,4	17.05.2015	11:33	0,702	61,0	0,013%
UMTS	2117,6	04.04.2015	12:43	0,559	61,0	0,008%
UMTS	2157,2	22.05.2015	17:28	0,542	61,0	0,008%

TABELLE 9: GRENZWERTAUSCHÖPFUNGEN IM FREQUENZBEREICH UMTS 2100 MHz

Im Frequenzbereich von UMTS (2110 – 2170 MHz) wurden im Rahmen des Messeinsatzes die für den Mobilfunk stärksten Feldstärkepegel erfasst. Die beiden Systeme der Telekom, vermutlich empfangen vom gegenüberliegenden Funkstandort 661478, trugen im Verlauf der Messungen maximal 1,08 % bzw. 1,78 % der erlaubten Grenzwertausschöpfung zu den Gesamtmissionen bei.

⁸ Der Frequenzbereich von 1805 – 1880 MHz wird von allen Netzbetreibern für GSM 1800 eingesetzt, zusätzlich von E-Plus und der Telekom in manchen Regionen auch für LTE 1800. In den Fällen, wo aus diesem Grund eine eindeutige Zuordnung zwischen GSM und LTE nicht möglich war, wurde die Einordnung anhand der aufgenommenen Messdaten vorgenommen.

LTE, Frequenzbereich 2600 MHz

Im Umfeld des Messortes war von der Bundesnetzagentur zum Zeitpunkt der Messungen kein Funkstandort für die Nutzung von LTE bei 2600 MHz bescheinigt. Der entsprechende Frequenzbereich von 2500 – 2690 MHz war dennoch Teil der Immissionsmessung, es wurden dort jedoch keine Aussendungen von Funksystemen festgestellt.

Kommunikationsrichtung: Mobilgerät ➔ Basisstation (Mobilgerät sendet, Top 5)

Der Einsatz eines AMS ermöglicht als weitere Vergleichsmöglichkeit ebenso eine Auswertung für die umgekehrte Kommunikationsrichtung⁹, d.h. die Auswertung der Anteile von sendenden Mobilgeräten an der Grenzwertausschöpfung. Oder mit anderen Worten: Wie viel Sendeleistung von im Umfeld betriebenen Mobilgeräten (Smartphone, Handy, etc.) kommt am Messsystem an?

Mobilfunk-Technologie	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Prozentuale Ausschöpfung = $\left(\frac{E_{\text{mess}}}{E_{\text{grenz}}}\right)^2 \cdot 100 \%$
LTE	834,0	31.08.2015	09:27	0,275	39,7	0,0048%
GSM	908,0	04.08.2015	11:15	0,169	41,4	0,0017%
GSM	903,5	19.05.2015	15:59	0,129	41,3	0,0010%
GSM	908,0	13.07.2015	11:52	0,103	41,4	0,0006%
GSM	902,0	15.09.2015	18:27	0,080	41,3	0,0004%

TABELLE 10: GRENZWERTAUSSCHÖPFUNGEN DURCH MOBILGERÄTE

Wo und in welcher Entfernung zum Messsystem sich das jeweilige Mobilgerät zum Zeitpunkt der Messung befand ist nicht bekannt, weshalb eine wirkliche Wertung der Messergebnisse nicht möglich ist. Diese Tabelle soll allerdings deutlich machen, dass auch Smartphones, Handys, etc. zur gesamten Grenzwertausschöpfung beitragen.

⁹ Eine Funkverbindung im Mobilfunk besteht zwischen Basisstation und Mobilgerät (z.B. Handy oder Smartphone). Die Kommunikation erfolgt dabei in beide Richtungen: Sowohl die Basisstation als auch das Mobilgerät senden ihre Informationen zur jeweiligen Gegenseite. Bei den aktuell betriebenen Mobilfunktechnologien sind beiden Seiten unterschiedliche Frequenzbereiche zugewiesen, so dass anhand der Sendefrequenz zugeordnet werden kann, ob das gemessene Signal von einer Basisstation oder einem Mobilgerät stammt.

FOKUS AMATEURFUNK

In der folgenden Tabelle wurden die Amateurfunkbänder (d.h. Frequenzbereiche) aufgelistet, in denen vom AMS innerhalb des jeweiligen Zeitraums relevante elektrische Feldstärken gemessen wurden. Es ist jeweils pro Frequenzbereich der in dieser Zeit maximal gemessene Feldstärkewert mit zugehöriger Frequenz angegeben. Hierzu kann zusätzlich der prozentuale Anteil dieses Funkdiensts an der Grenzwertausschöpfung abgelesen werden, beurteilt nach der für den jeweiligen Frequenzbereich relevanten Grenzwertbedingung.

Messung in Amateurfunkfrequenzbändern (Top 10)

Amateurfunkband	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Ausschöpfung Grenzwertbedingung 1 + 2	Ausschöpfung Grenzwertbedingung 3 + 4
* 23 cm	1257,125	29.08.2015	09:00	0,760	48,8	-	0,024%
6 m	50,805	02.07.2015	10:27	0,029	27,5	-	0,00011%
70 cm	434,419	10.08.2015	15:28	0,028	28,7	-	0,000094%
80 m	3,541	06.07.2015	08:07	0,024	46,2	0,051%	0,000026%
40 m	7,199	14.04.2015	20:27	0,019	32,4	0,058%	0,000034%
160 m	1,906	24.07.2015	15:19	0,016	63,0	0,026%	0,000007%
13 cm	2372,500	02.04.2015	10:59	0,011	61,0	-	0,000003%
20 m	14,007	14.05.2015	20:31	0,009	27,5	-	0,000011%
10 m	28,862	28.06.2015	09:15	0,005	27,5	-	0,000004%
2 m	144,981	15.09.2015	11:58	0,003	27,5	-	0,000001%

TABELLE 11: GRENZWERTAUSCHÖPFUNGEN IM BEREICH DES AMATEURFUNKS

Anhand der in der Tabelle zu sehenden ermittelten Feldstärkewerte war der Anteil von Aussendungen auf unter anderem für den Amateurfunk freigegebenen Frequenzen^{10,11} an der örtlichen Grenzwertausschöpfung sehr gering. Die maximale von einem in diesen Frequenzbereich fallenden Funksystem verursachte Ausschöpfung der Feldstärkegrenzwerte lag im Verlauf der Messungen um mehr als den Faktor 1500 (Grenzwertbedingung 1) bzw. 4000 (Grenzwertbedingung 3) unter dem Grenzwert.

* Aufgrund vom Messsystem in vergleichbarer Größenordnung ebenfalls erfasster Feldstärkewerte im Bereich von 1300 bis 1350 MHz (außerhalb des 23 cm-Amateurfunkbandes) ist davon auszugehen, dass es sich bei den hier innerhalb des 23 cm-Amateurfunkbandes erfassten Feldstärkewerten nicht um Amateurfunk, sondern um ebenfalls in diesem Bereich freigegebenen Flugfunkverkehr handelte.

¹⁰ Die Mehrheit der für den Amateurfunk freigegebenen Frequenzbereiche ist ebenfalls für andere Funkdienste freigegeben, beispielsweise WLAN im Frequenzbereich von 2400 – 2483,5 MHz. Eine eindeutige Zuordnung zu einzelnen Funkanwendungen kann daher insbesondere hier nicht erfolgen.

FOKUS RADIO & TV

Die folgende Tabelle zeigt die zehn Frequenzen im Bereich des Rundfunks¹¹ mit dem innerhalb des Zeitraums am höchsten bestimmten Anteil an der Grenzwertausschöpfung, beurteilt nach der für den jeweiligen Frequenzbereich relevanten Grenzwertbedingung.

Messung in Radio- & TV-Frequenzbereichen (Top 10)

Frequenzbereich	Programm / Standort	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Ausschöpfung Grenzwertbed. 1 + 2	Ausschöpfung Grenzwertbed. 3 + 4
DVB-T	Programmbouquet ARD / Pfaffenberg	594	31.03.2015	18:28	0,126	33,5	-	0,0014%
DVB-T	Programmbouquet "Dritte Programme" / Pfaffenberg	674	21.08.2015	09:51	0,110	35,7	-	0,0009%
DVB-T	Programmbouquet ZDF / Pfaffenberg	506	01.04.2015	00:25	0,106	30,9	-	0,0012%
Mittelwelle	Deutschlandfunk / Heusweiler	1,424	14.04.2015	00:10	0,090	72,9	0,12%	0,00015%
Kurzwelle	Internationaler Kurzwellenrundfunk	6,155	29.07.2015	08:23	0,076	35,1	0,22%	0,00047%
Kurzwelle	Internationaler Kurzwellenrundfunk	6,021	06.06.2015	04:17	0,073	35,5	0,21%	0,00043%
Kurzwelle	Internationaler Kurzwellenrundfunk	5,959	04.08.2015	22:29	0,069	35,6	0,19%	0,00037%
Kurzwelle	Internationaler Kurzwellenrundfunk	9,461	14.05.2015	23:11	0,060	28,3	0,21%	0,00046%
Kurzwelle	Internationaler Kurzwellenrundfunk	11,842	23.06.2015	21:38	0,060	27,5	-	0,00047%
Mittelwelle	Sunrise Radio / Großbritannien	1,463	21.06.2015	02:47	0,059	71,9	0,08%	0,00007%

TABELLE 12: GRENZWERTAUSCHÖPFUNGEN IM BEREICH DER RADIO- & TV-FREQUENZBEREICHE

Die Immissionen einzelner Funksysteme im Frequenzbereich von Radio- und TV-Aussendungen bewegen sich durchgehend um mehr als den Faktor 400 (Grenzwertbedingung 1) bzw. mehr als den Faktor 70000 (Grenzwertbedingung 3) unterhalb der geltenden Grenzwerte.

¹¹ Aufgrund der verwendeten Messbandbreite und der sich damit ergebenden Frequenzauflösung können die Frequenzangaben insbesondere im unteren Frequenzbereich (Lang-, Mittel-, und Kurzwelle) um wenige Kilohertz abweichen.

FOKUS SONSTIGE FUNKDIENSTE

Neben den bereits aufgeführten Funkdiensten wurden vom Messsystem auch auf weiteren Frequenzen Aussendungen aufgenommen, dies können beispielsweise Betriebsfunk, Polizei- und Rettungsfunk oder Flugradar sein. In der folgenden Übersicht sind hierzu die höchsten bestimmten Feldstärkewerte je nach ihrer Betriebsfrequenz mit ihrem Anteil zur Grenzwertausschöpfung nach Bedingung 1 und / oder Bedingung 3 angegeben¹². Für eine Zuordnung der aufgenommenen Frequenzen zu den jeweiligen Funkdiensten siehe den Frequenznutzungsplan der Bundesnetzagentur¹³.

Messung in sonstigen Frequenzbereichen (Top 5)

Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Ausschöpfung Grenzwertbedingung 1	Ausschöpfung Grenzwertbedingung 3
0,018	23.07.2015	17:16	0,663	83,0	0,80%	-
2808,125	18.07.2015	02:57	0,642	61,0	-	0,011%
0,129	24.07.2015	09:10	0,463	87,0	0,53%	0,0028%
1338,94	03.09.2015	02:47	0,363	50,3	-	0,0052%
0,0775	24.07.2015	09:10	0,219	83,0	0,26%	-

TABELLE 13: GRENZWERTAUSCHÖPFUNGEN DURCH SONSTIGE FUNKDIENSTE

Die in Tabelle 13 zu sehende Auswertung der Feldstärkewerte im Bereich sonstiger Funkdienste zeigte keine auffällig hohen Immissionen.

¹² Wurden von einem Funkdienst mehrere Frequenzen innerhalb eines gleichen Frequenzbereichs erfasst, wird nur der höchste erfasste Feldstärkewert angegeben.

¹³ Frequenznutzungsplan erhältlich über Internetauftritt der BNetzA: <http://www.bundesnetzagentur.de>

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Bedeutung
26. BImSchV	26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (Verordnung über elektromagnetische Felder)
AMS	Automatisches Messsystem für elektromagnetische Felder
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BNetzA	Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
BEMFV	Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
DAB, DAB+	Digital Audio Broadcasting (Übertragungsstandard für terrestrische Verbreitung von Digitalradio)
dB μ V/m	Logarithmisches Maß für die elektrische Feldstärke, bezogen auf 1 Mikrovolt pro Meter
DRM	Digital Radio Mondiale (Übertragungsstandard für terrestrische Verbreitung von Digitalradio, Anwendung hauptsächlich auf Lang-, Mittel- und Kurzwelle)
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial (Übertragungsstandard für terrestrische Verbreitung von digitalem Radio & TV, findet in Deutschland nur für TV Anwendung)
EMF	Elektromagnetische Felder
GHz	Gigahertz (Frequenzangabe): 1.000.000 kHz = 1.000 MHz = 1 GHz
GSM	Global System for Mobile Communications (Mobilfunkstandard)
GWA	Grenzwertausschöpfung
ICNIRP	Internationale Strahlenschutzkommission
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
kHz	Kilohertz (Frequenzangabe): 1.000.000 kHz = 1.000 MHz = 1 GHz
LTE	Long Term Evolution (Mobilfunkstandard)
SSK	Strahlenschutzkommission
MHz	Megahertz (Frequenzangabe): 1.000.000 kHz = 1.000 MHz = 1 GHz
UKW	Ultrakurzwelle (30...300 MHz)
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System (Mobilfunkstandard)
V/m	Volt pro Meter (Maßeinheit für die elektrische Feldstärke)
WLAN	Wireless Local Area Network (Funkübertragungsstandard für kurze Reichweiten)

Bei weiteren Fragen zum Einsatz des automatischen Messsystems wenden Sie sich bitte an:

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
 Referat 414
 Umweltverträglichkeit von Funkanlagen, EMF-Datenbank, Energieeffizienz in der
 Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)
 Postfach 8001
 55003 Mainz

Copyright © Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen 2015
 Vervielfältigung und Verbreitung ausdrücklich gestattet
<http://emf3.bundesnetzagentur.de>