



EINSATZ EINES AUTOMATISCHEN EMF-MESSSYSTEMS IN 63743 ASCHAFFENBURG, GUTWERKSTRASSE 38A

Auf Wunsch des Amts für Umwelt- und Verbraucherschutz der Stadt Aschaffenburg wurde von der Bundesnetzagentur für den Zeitraum vom 07. Oktober 2015 bis zum 11. Januar

2016 ein automatisches Messsystem (AMS) zur Darstellung der vorhandenen Immissionen durch elektromagnetische Felder (EMF) zur Verfügung gestellt.



ABBILDUNG 2: DAS AUTOMATISCHE MESSSYSTEM
DER BUNDESNETZAGENTUR

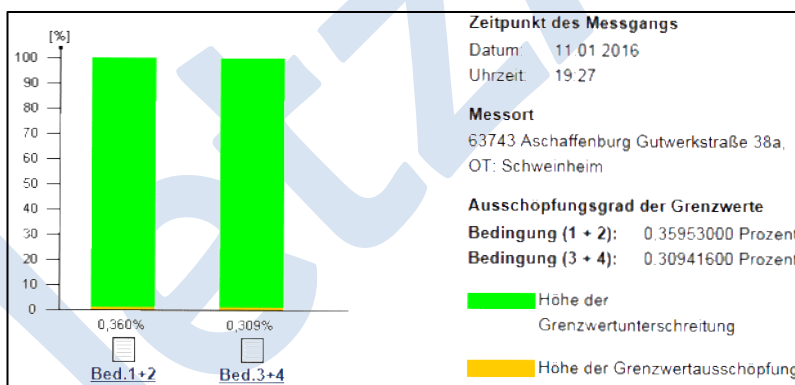


ABBILDUNG 1: AUSZUG AUS DER EMF-DATENBANK DER BUNDESNETZAGENTUR

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 in Deutschland geltenden Grenzwerte zum Schutz von Personen in elektromagnetischen Feldern (26. BImSchV) wurden über den kompletten Zeitraum des Messeinsatzes hinweg in allen Frequenzbereichen deutlich unterschritten.

Frequenzbereich von bis 3 GHz: Im für den Mobilfunk relevanten Frequenzbereich bis 3 GHz (u.a. befand sich eine Mobilfunkanlage in unmittelbarer Nähe zum Messsystem) wurden die geltenden Personenschutzgrenzwerte zu mehr als 98,8 % bzw. um etwa den Faktor 85 unterschritten.

Frequenzbereich von bis 10 MHz: Im Frequenzbereich von 9 Kilohertz bis 10 Megahertz wurden ebenfalls nur geringe Ausschöpfungsgrade ermittelt. Die ermittelten Werte lagen bei jedem der Messdurchläufe zu mehr als 99,4 % bzw. etwa Faktor 170 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
Grafische Darstellung maximal erfasster Feldstärken	8
Standortbescheinigungspflichtige Funkanlagen in der Umgebung	10
Maximal erfasste Feldstärkepegel einzelner Funkdienste	11
Abkürzungsverzeichnis	17

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.

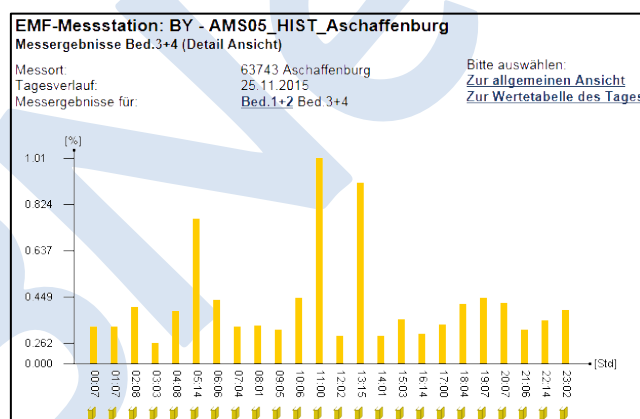


ABBILDUNG 3: AUSZUG AUS DER EMF-DATENBANK DER BUNDESNETZAGENTUR

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.

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

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.

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. Das Messsystem bewertet die Immissionen jedes messtechnisch erfassten Funksystems (Sendefunkanlagen) entsprechend den Grenzwerten der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV⁴), und ermittelt dann bezogen auf die Personenschutzgrenzwerte den Gesamtbetrag aller dieser messtechnisch erfassten Immissionen. Hierzu dienen die in der 26. BImSchV definierten Grenzwertbedingungen, in denen aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsweisen zwei Frequenzbereiche festgelegt sind.

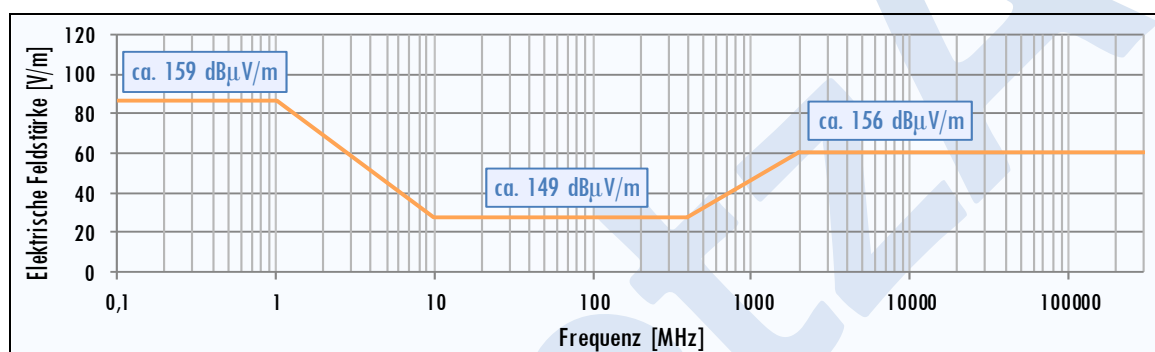


ABBILDUNG 4: GRENZWERTE DER ELEKTRISCHEN FELDSTÄRKE FÜR DIE ALLGEMEINBEVÖLKERUNG NACH 26. BImSchV

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).

$\sum_{i=1}^{10 \text{ MHz}} \frac{I_{E,i}}{G_{E,i}} \leq 1$ GRENZWERTBEDINGUNG 1: ELEKTRISCHES FELD 1 HZ BIS 10 MHz	Mit: $I_{E,i}$ = 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
$\sum_{i=1}^{10 \text{ MHz}} \frac{I_{M,i}}{G_{M,i}} \leq 1$ GRENZWERTBEDINGUNG 2: MAGNETISCHES FELD 1 HZ BIS 10 MHz	

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 al-

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

⁴ 26. BImSchV: http://www.gesetze-im-internet.de/bimsv_26

le zum Messzeitpunkt erfassten relevanten Funkanlagen im angegebenen Frequenzbereich. Zur Einhaltung der Grenzwertbedingung muss die Summe dieser Grenzwertausschöpfungen einen Wert kleiner oder gleich eins ergeben.

Bei einer Messung in ausreichendem Abstand zwischen Messsystem und Funkanlage 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 beispielsweise WLAN bei 2,4 GHz.

$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{I_{E,i}}{G_{E,i}} \right)^2 \leq 1$ GRENZWERTBEDINGUNG 3: ELEKTRISCHES FELD 100 kHz BIS 300 GHz	Mit: ▪ $I_{E,i}$ = Gemessene elektrische Feldstärke bei der Frequenz i ▪ $G_{E,i}$ = Grenzwert der elektrischen Feldstärke bei der Frequenz i
$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{I_{M,i}}{G_{M,i}} \right)^2 \leq 1$ GRENZWERTBEDINGUNG 4: MAGNETISCHES FELD 100 kHz BIS 300 GHz	▪ $I_{M,i}$ = Gemessene magnetische Feldstärke bei der Frequenz i ▪ $G_{M,i}$ = Grenzwert der magnetischen Feldstärke bei der Frequenz i

TABELLE 2: GRENZWERTBEDINGUNGEN 3 UND 4

Da auch hier bei einer Messung in ausreichendem Abstand zwischen Messsystem und Funkanlage 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 Funkanlagen 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 07.10.2015 bis 11.01.2015 in der Gutwerkstraße 38a in Aschaffenburg-Schweinheim. Das automatische Messsystem wurde im westlich des Gebäudes befindlichen Gartenbereich des dortigen „Förderzentrums mit dem Förderschwerpunkt körperliche und motorische Entwicklung“ aufgestellt.

ANLASS DES MESSEINSATZES

WARUM WURDE IN DER GUTWERKSTRAÙE GEMESSEN?

Der in westlicher Richtung in unmittelbarer Nachbarschaft des Förderzentrums in der Schweinheimer Straße 117 befindliche Mobilfunkstandort, für den zuletzt am 10.11.2011 von der Bundesnetzagentur eine Standortbescheinigung (Stob-Nr. 660487) erteilt wurde, war Anlass von Unsicherheiten bezüglich der Immissionen durch elektromagnetische Felder (EMF). Um Anwohnern und Eltern der Schule die örtlichen Feldstärken transparent zu machen, kam in Absprache mit dem Amt für Umwelt- und Verbraucherschutz Aschaffenburg das automatische Messsystem zu Einsatz.

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

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

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
Gutwerkstraße 38a	07.11.2015 - 11.01.2016	0,18 %	0,59 %	0,34 %

TABELLE 3: MINIMALE, MAXIMALE UND DURCHSCHNITTICHE GRENZWERTAUSCHÖPFUNG NACH SUMMATIONSFORMEL ZU BEDINGUNG 1 (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 99,4 % unterschritten. Die Auswertung der durchschnittlichen Immissionen ergab über den kompletten Messzeitraum eine Unterschreitung des Grenzwerts nach Bedingung 1 um etwa den Faktor 300.

Durchschnittlicher Tagesverlauf der Grenzwertausschöpfungen 9 kHz - 10 MHz, Stundenmittel

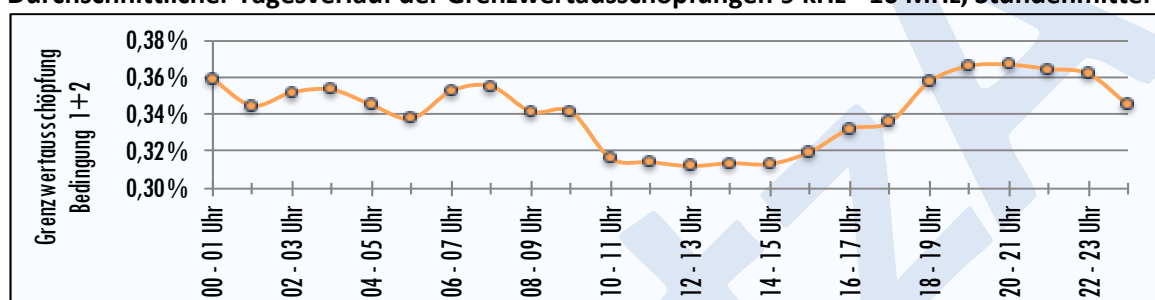


ABBILDUNG 5: TAGESVERLAUF DER DURCHSCHNITTICHEN GRENZWERTAUSCHÖPFUNG NACH SUMMATIONSFORMEL ZU BEDINGUNG 1 (SIEHE 26. BImSchV)

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 den zuvor beschriebenen typischen Verlauf mit einem leichten Anstieg der Immissionen während der Abend- und Nachtstunden.

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
Gutwerkstraße 38a	07.11.2015 - 11.01.2016	0,08 %	1,18 %	0,31 %

TABELLE 4: MINIMALE, MAXIMALE UND DURCHSCHNITTICHE GRENZWERTAUSCHÖPFUNG NACH SUMMATIONSFORMEL ZU BEDINGUNG 3 (SIEHE 26. BImSchV)

Im beispielsweise auch den Mobilfunk umfassenden Bereich oberhalb von 100 kHz bis 3 GHz (Grenzwertbedingung 3) wurden die geltenden Personenschutzgrenzwerte nach der 26. BImSchV mit mindestens 98,8 % ebenfalls deutlich unterschritten. Der über den gesamten Messzeitraum bestimmte durchschnittliche Ausschöpfungsgrad lag auch hier in etwa um den Faktor 300 unter dem Grenzwert nach Bedingung 3.

Durchschnittlicher Tagesverlauf der Grenzwertausschöpfungen 100 kHz – 3 GHz, Stundenmittel

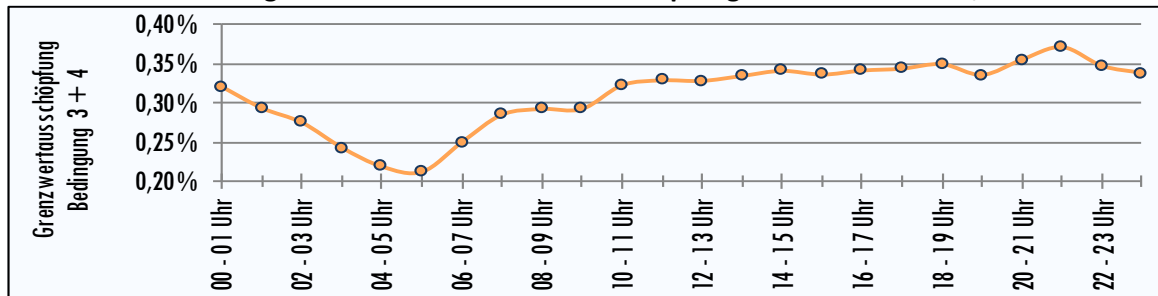


ABBILDUNG 6: TAGESVERLAUF DER DURCHSCHNITTlichen GRENZWERTAUSSCHÖPFUNG NACH SUMMATIONSFORMEL ZU BEDINGUNG 3 (SIEHE 26. BIMSchV)

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 Grenzwertausschöpfung im Verlauf des Messeinsatzes unter Berücksichtigung aller zum Zeitpunkt der jeweiligen Messdurchläufe erfassten Immissionen durch Funkanlagen (Mobilfunk, Rundfunk, etc.) in Summe betrug wie tabellarisch dargestellt im Bereich von 9 kHz bis 10 Megahertz (Grenzwertbedingung 1) maximal ca. 0,59 %, sowie im Bereich von 100 Kilohertz bis 3 Gigahertz (Grenzwertbedingung 3) etwa 1,18 %.

Im Folgenden werden die messtechnisch erfassten Ergebnisse nach dem in diesen Frequenzbereichen betriebenen Funkdienste aufgeschlüsselt, um den 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

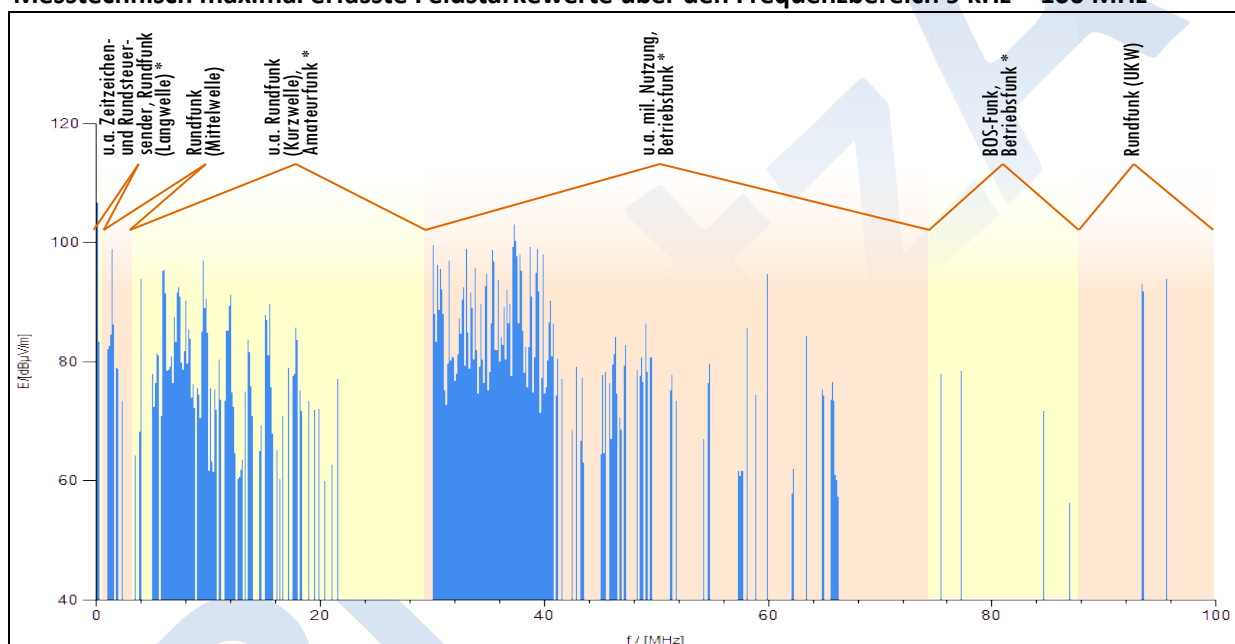


ABBILDUNG 7: MAXIMAL GEMESSENE FELDSTÄRKEWERTE AM AUFSTELLORT (9 kHz – 100 MHz)

* 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

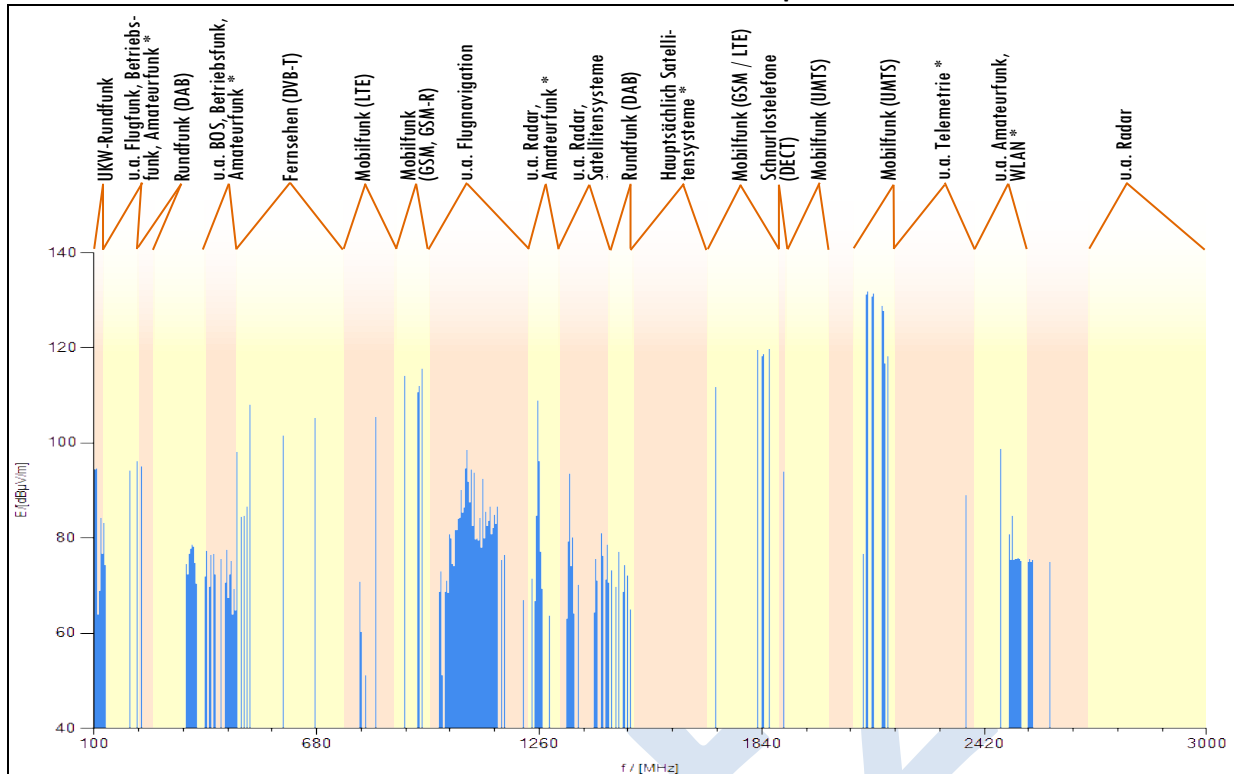


ABBILDUNG 8: MAXIMAL GEMESSENE FELDTÄRKEWERTE AM AUFSTELLORT (100 MHz – 3 GHz)

* 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. Mit einem grünen Punkt  markiert ebenfalls zu erkennen sind Orte, an denen in der Vergangenheit Feldstärkemessungen im Rahmen der durch die Bundesnetzagentur regelmäßig durchgeführten EMF-Messreihen durchgeführt wurden.

Am in unmittelbarer Nähe zum Messsystem befindlichen Funkstandort 660487 waren zum Zeitpunkt der Messungen folgende Funkdienste bescheinigt:

- Mobilfunk:
 - GSM 900 MHz
 - GSM 1800 MHz
 - UMTS 2100 MHz

Im weiteren Umkreis wurden laut Standortbescheinigung folgende Funkdienste betrieben:

- Mobilfunk:
 - GSM 900 MHz
 - GSM 1800 MHz
 - UMTS 2100 MHz
 - LTE 800 MHz und 1800 MHz (LTE 2600 MHz noch nicht in Betrieb gemeldet)
- Richtfunk

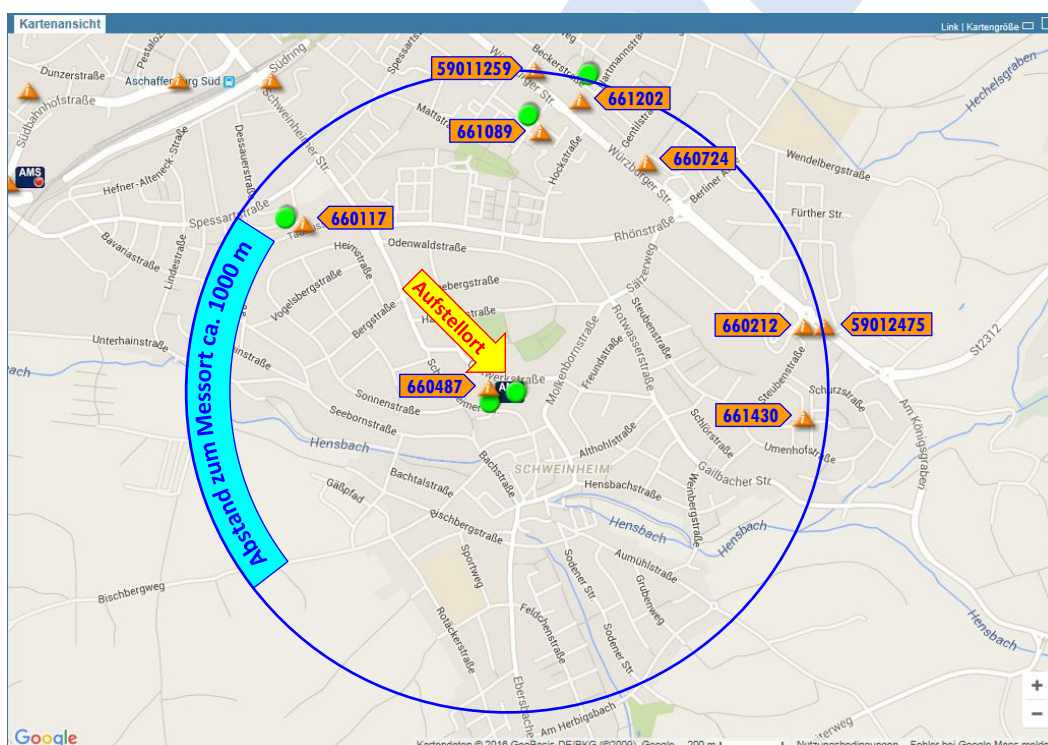


ABBILDUNG 9: AUSZUG AUS EMF-DATENBANK DER BUNDESNETZAGENTUR. KARTENDATEN © 2016 GEOBASIS-DE/BKG (©2009), GOOGLE

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 höchsten innerhalb des Mess-Zeitraums gemessenen elektrischen Feldstärkewerten, sowie deren prozentuale Grenzwertausschöpfung bewertet nach Bedingung 3.

LTE, Frequenzbereich 800 MHz

Mobilfunk-Technologie	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Maximale Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Prozentuale Ausschöpfung = $\left(\frac{E_{\text{mess}}}{E_{\text{grenz}}}\right)^2 \cdot 100 \%$
LTE	793,9	02.12.2015	10:14	0,0034	38,7	0,00000079%
LTE	809,5	02.12.2015	10:32	0,0004	39,1	0,00000001%

TABELLE 6: GRENZWERTAUSSCHÖPFUNGEN IM FREQUENZBEREICH LTE 800 MHz

Im Frequenzbereich von LTE um 800 MHz (791 – 821 MHz) wurden im Laufe des Messeinsatzes nur äußerst geringe Immissionen von Funkanlagen festgestellt.

GSM + GSM-R, Frequenzbereich 900 MHz (Top 7)

Mobilfunk-Technologie	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Maximale Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Prozentuale Ausschöpfung = $\left(\frac{E_{\text{mess}}}{E_{\text{grenz}}}\right)^2 \cdot 100 \%$
GSM	953,0	19.11.2015	22:55	0,592	42,4	0,019%
GSM	954,8	14.10.2015	15:50	0,443	42,5	0,011%
GSM	948,8	19.11.2015	21:31	0,390	42,4	0,008%
GSM	953,2	19.11.2015	22:55	0,384	42,5	0,008%
GSM	942,0	30.11.2015	13:58	0,338	42,2	0,006%
GSM	947,0	27.11.2015	12:47	0,273	42,3	0,004%
GSM	948,2	24.11.2015	10:39	0,268	42,3	0,004%

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

GSM900 wird unter anderem am dem Förderzentrum benachbarten Funkstandort 660487 betrieben. Trotz des geringen Abstandes zwischen Funkstandort und Messsystem lagen die festgestellten Feldstärkeimmissionen in allen Messdurchgängen weit unterhalb des Grenzwerts, die die Grenzwertbedingung 3 mit maximal 0,019 % bzw. einer Unterschreitung um durchgehend mehr als den Faktor 5000 aber nur sehr gering ausschöpfen.

GSM/LTE, Frequenzbereich 1800 MHz (Top 7)

Mobilfunk-Technologie	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Maximale Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Prozentuale Ausschöpfung = $\left(\frac{E_{\text{mess}}}{E_{\text{grenz}}}\right)^2 \cdot 100 \%$
GSM	1858,4	28.12.2015	08:51	0,964	59,3	0,026%
GSM	1830,4	04.11.2015	01:59	0,930	59,0	0,025%
GSM	1842,8	30.11.2015	23:23	0,847	59,0	0,021%
GSM	1842,6	30.11.2015	15:50	0,802	59,0	0,018%
GSM	1858,6	28.12.2015	08:32	0,772	59,3	0,017%
GSM	1858,6	28.12.2015	08:32	0,772	59,3	0,017%
GSM	1834,0	29.08.2015	03:16	0,104	58,9	0,0003%

TABELLE 8: GRENZWERTAUSSCHÖPFUNGEN IM FREQUENZBEREICH GSM / LTE 1800 MHz⁸

Auch Systeme für GSM1800 wurden von der Bundesnetzagentur unter anderem am Standort 660487 bescheinigt. Die gemessenen Feldstärkewerte liegen für die im zugehörigen Frequenzbereich um 1800 MHz erfassten Funkanlagen nach Bedingung 3 in allen Messgängen unterhalb von 1 V/m, was ähnlich der Situation bei GSM900 einer Unterschreitung des geltenden Grenzwerts um annähernd den Faktor 4000 entspricht.

UMTS, Frequenzbereich 2100 MHz (Top 8)

Mobilfunk-Technologie	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Maximale Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Prozentuale Ausschöpfung = $\left(\frac{E_{\text{mess}}}{E_{\text{grenz}}}\right)^2 \cdot 100 \%$
UMTS	2117,6	21.11.2015	17:59	3,883	61,0	0,41%
UMTS	2132,6	25.10.2015	22:06	3,700	61,0	0,37%
UMTS	2112,8	25.11.2015	02:22	3,583	61,0	0,35%
UMTS	2127,5	11.12.2015	17:17	3,436	61,0	0,32%
UMTS	2152,4	25.11.2015	05:31	2,753	61,0	0,20%
UMTS	2157,2	28.11.2015	07:53	2,422	61,0	0,16%
UMTS	2167,2	16.12.2015	20:12	0,806	61,0	0,02%
UMTS	2162,3	30.12.2015	15:32	0,678	61,0	0,01%

TABELLE 9: GRENZWERTAUSSCHÖPFUNGEN IM FREQUENZBEREICH UMTS 2100 MHz

Im Frequenzbereich um 2100 MHz betreiben sämtliche Mobilfunkbetreiber Funkanlagen am Standort 230793. Die am Ort des Messgerätes aufgenommenen Immissionen liegen hier höher als in den GSM-Frequenzbereichen, mit Maximalwerten einzelner Funkanlagen von unter 4 % jedoch auch hier noch um den Faktor 25 unterhalb der erlaubten Grenzwertausschöpfung nach Bedingung 3.

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

Mobilfunk-Technologie	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Maximale Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Prozentuale Ausschöpfung = $\left(\frac{E_{\text{mess}}}{E_{\text{grenz}}}\right)^2 \cdot 100 \%$
LTE	2589,6	10.11.2015	14:58	0,0055	61,0	0,0000008%

TABELLE 10: GRENZWERTAUSCHÖPFUNGEN IM FREQUENZBEREICH LTE 800 MHz

Im Frequenzbereich von LTE um 2600 MHz (2620 – 2690 MHz) wurde im Laufe des Messeinsatzes nur zu einem einzigen Zeitpunkt eine Aussendung einer Funkanlage festgestellt, die jedoch nur einen minimalen Beitrag zur Grenzwertausschöpfung nach Bedingung 3 beigetragen hat.

Kommunikationsrichtung: Mobilgerät ➔ Basisstation (Mobilgerät sendet, Top 4)

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 Ausschöpfung zur zu erfüllenden Grenzwertbedingung 3. 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	Maximale Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Prozentuale Ausschöpfung = $\left(\frac{E_{\text{mess}}}{E_{\text{grenz}}}\right)^2 \cdot 100 \%$
GSM	909,6	31.12.2015	02:03	0,499	41,5	0,014%
GSM	1719,8	28.10.2015	10:47	0,383	57,0	0,005%
LTE	834,0	11.11.2015	13:15	0,183	39,7	0,002%
LTE	2506,6	10.12.2015	18:10	0,006	61,0	0,000001%

TABELLE 11: GRENZWERTAUSCHÖPFUNGEN 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 RADIO & TV

Die folgende Tabelle zeigt die für den Rundfunk freigegebenen Frequenzen, bei denen im Verlaufe der Messungen mit dem AMS die höchsten elektrischen Feldstärkewerte registriert wurden. Der Anteil an der Grenzwertausschöpfung wurde jeweils nach der bzw. den für den Frequenzbereich zugehörigen relevanten Grenzwertbedingung(en) beurteilt.

Messung in Radio- & TV-Frequenzbereichen (Top 6)¹⁰

Frequenzbereich	Programm / Standort	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Maximale Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Ausschöpfung Grenzwertbedingung 1	Ausschöpfung Grenzwertbedingung 3
DVB-T	Digitales Fernsehen	506	21.12.2015	15:02	0,249	30,9	-	0,0065%
DVB-T	Digitales Fernsehen	674	11.10.2015	21:03	0,178	35,7	-	0,0025%
DVB-T	Digitales Fernsehen	594	24.11.2015	11:50	0,118	33,5	-	0,0012%
Mittelwelle	Rundfunk	1,421	19.10.2015	22:19	0,087	73,0	0,12%	0,0001%
DVB-T	Digitales Fernsehen	474	31.10.2015	18:28	0,079	29,9	-	0,0007%
Kurzwelle	Rundfunk	9,501	10.10.2015	18:44	0,071	28,2	0,25%	0,0006%

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

Die Immissionen von Funkanlagen im Frequenzbereich von Radio- und TV-Aussendungen bewegten sich in einem sehr niedrigen Bereich mit durchgehend um mindestens etwa den Faktor 400 (Grenzwertbedingung 1) bzw. Faktor 15000 (Grenzwertbedingung 3) unterhalb der geltenden Grenzwerte.

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 die prozentuale Grenzwertausschöpfung dieses Funkdiensts abgelesen werden, beurteilt nach der bzw. den für den jeweiligen Frequenzbereich relevanten Grenzwertbedingungen.

Messung in Amateurfunkfrequenzbändern (Top 5)

Amateurfunkband	Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Maximale Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Ausschöpfung Grenzwertbedingung 1	Ausschöpfung Grenzwertbedingung 3
23 cm	1256,5	02.01.2016	11:30	0,275	48,7	-	0,0032%
13 cm	2372,5	12.10.2015	21:23	0,028	61,0	-	0,000021%
40 m	7,025	03.01.2016	15:09	0,015	32,8	0,045%	0,000020%
160 m	1,845	13.10.2015	11:45	0,009	64,1	0,014%	0,000002%
70 cm	431,550	10.10.2015	10:10	0,006	28,6	-	0,000004%

TABELLE 13: GRENZWERTAUSSCHÖPFUNGEN 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^{6,11} an der örtlichen Grenz-

¹⁰ 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.

wertausschöpfung sehr gering. Die maximale von einer in diesen Frequenzbereich fallenden Funkanlage verursachte Ausschöpfung der Feldstärkegrenzwerte lag im Verlauf der Messungen um mehr als den Faktor 2000 (Grenzwertbedingung 1) bzw. 30000 (Grenzwertbedingung 3) unter dem Grenzwert.

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 6)

Frequenz [MHz]	Datum	Uhrzeit	Feldstärke [V/m]	Grenzwert [V/m]	Ausschöpfung Grenzwertbedingung 1	Ausschöpfung Grenzwertbedingung 3
0,129	04.01.2016	13:40	0,214	87,0	0,25%	0,0006%
37,367	25.11.2015	11:22	0,142	27,5	-	0,0027%
0,077	02.01.2016	19:53	0,110	83,0	0,13%	-
30,014	11.10.2015	16:26	0,095	27,5	-	0,0012%
2462	03.01.2016	04:21	0,085	61,0	-	0,0002%
1,072	16.11.2015	08:29	0,082	84,0	0,10%	0,0001%

TABELLE 14: GRENZWERTAUSCHÖPFUNGEN DURCH SONSTIGE FUNKDIENSTE

Die höchste festgestellte Grenzwertausschöpfung berechnet nach Bedingung 1 wurde im Bereich der sonstigen Frequenzen mit einer Unterschreitung des erlaubten Werts um etwa den Faktor 4000 auf der Frequenz des Rundsteuersenders Mainflingen festgestellt. Folgend Bedingung 3 lag die im Messzeitraum festgestellte Grenzwertausschöpfung in jedem Messgang mindestens um den Faktor 35000 unterhalb der erlaubten Ausschöpfung.

¹¹ 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.

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 Fragen zu diesem Bericht oder zum Einsatz des 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 2016
Vervielfältigung und Verbreitung ausdrücklich gestattet
<http://emf3.bundesnetzagentur.de>