

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler

Von der Regierung von Unterfranken
öffentlich bestellter und beeidigter
Sachverständiger
für die Gebiete EMVU – NF und HF

An den Seen 3
63773 Goldbach
Tel.: 06021 921207
Fax: 06021 921208

Dienstadresse:
Fachhochschule Aschaffenburg
Würzburger Str. 45
63743 Aschaffenburg
Tel.: 06021 314 816
Fax: 06021 314 881
ulrich.bochtler@fh-aschaffenburg.de

Messung elektromagnetischer Felder im Stadtgebiet von Aschaffenburg

**Umgebung Werkstraße, 63739 Aschaffenburg
(nach erfolgter Neuinstallation)**

November 2007

Messaufbau

Prüfgrößen

Grenzwerte

Beurteilung

Messprotokoll

Stadt Aschaffenburg
Umgebung Werkstraße, 63739 Aschaffenburg
08.11.2007

Prof. Dr.-Ing. U. Bochtler
Von der Regierung von Unterfranken
öffentlich bestellter und beeidigter
Sachverständiger
für die Gebiete EMVU – NF und HF

Bezeichnung: Messung elektromagnetischer Felder im Innenstadtbereich von Aschaffenburg, Umgebung Werkstraße, 63739 Aschaffenburg

Ergebnis: Die ermittelten Feldstärken lagen an allen erfassten Orten unter dem durch die Bundesimmissionsschutzverordnung vorgegebenen gesetzlichen Grenzwert.

Die größte Summenimmission aus den beiden Funkdienst-Bereichen GSM (D- und E-Netz) und UMTS wurde an Messpunkt 2, Junkerstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 4, ermittelt. Dort kann eine maximal mögliche Gesamtimmission (E-Feld) im Umfang von 3,51 % des gesetzlichen Grenzwerts hochgerechnet werden. Die maximal mögliche Leistungsflussdichte (Mobilfunk-Dienste) beträgt dort 5,86 mW/m².

Die erfassten Momentanwerte an diesem Messpunkt lagen für den Funkdienst GSM bei 2,32% und für den Funkdienst UMTS bei 0,04 % des gesetzlichen Grenzwerts.

Der Funkdienst UMTS ist derzeit an der Basisstation Werkstraße nicht in Betrieb.

Teilnehmende Personen: Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler
Armin Huth

Messorte: Werkstraße
Junkerstraße

Messdatum: 08. November 2007

Ansprechpartner: Umwelt- und Ordnungsamt
Frau Sylke Heinrich
Pfaffengasse 11
63739 Aschaffenburg

Tel.: 06021 / 330 744
Fax: 06021 / 330 624
Email.: sylke.heinrich@aschaffenburg.de

Aschaffenburg, 15. November 2007

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler

INHALTSVERZEICHNIS

Messprotokoll	2
INHALTSVERZEICHNIS	3
1 Einführung	4
1.1 Zweck/Auftrag	4
1.2 Richtlinien und Normen	5
2 Felder in der Umgebung von Sendeanlagen	6
2.1 Antennentypen	6
2.2 Funkwellenausbreitung	8
2.3 Mobilfunksendeanlagen	8
3 Angewandte Messverfahren.....	9
3.1 Hochfrequente elektromagnetische Felder.....	9
3.2 Messequipment	9
3.3 Messgenauigkeit.....	10
3.4 Bestimmung der maximal möglichen Immission bei GSM	10
3.5 Überbewertung von Momentanwerten bei "frequency-hopping"	11
3.6 UMTS-Messverfahren.....	12
4 Standorte, Messpunkte, Messergebnisse.....	14
4.1 Standorte der Mobilfunkbasisstationen	14
4.2 Lage der Messpunkte	15
4.3 Messpunkte	16
4.4 Übersicht der Messergebnisse	17
4.4.1 GSM (D- und E- Netze).....	17
4.4.2 UMTS	17
4.4.3 Gesamtbetrachtung GSM und UMTS	18
4.4.4 Diagramme.....	19
4.5 Hochrechnung bzw. Überbewertung der Messergebnisse	24
5 Anhang.....	25

1 Einführung

1.1 Zweck/Auftrag

Zahlreiche ortsfeste elektronische Geräte und Anlagen sowie Mobiltelefone, Funkrufdienste und andere Telekommunikationseinrichtungen tragen in zunehmendem Maße zu einer Erhöhung der elektromagnetischen Immissionen bei.

Die Intensität elektromagnetischer Felder wird durch die **Feldstärke E** oder die **Leistungsflussdichte S** beschrieben.

Einen ersten wichtigen Schritt bei der Funknetzplanung bildet die Simulation der in einem bestimmten Gebiet auftretenden Feldstärke, der Leistungsflussdichte sowie weiterer Parameter. Abgerundet werden diese rechnergestützten Vorhersagen durch Vor-Ort-Messungen.

Ein Vergleich der Messergebnisse mit den gültigen Grenzwerten ermöglicht eine objektive Einschätzung der Immissionssituation an dem betrachteten Ort.

Im vorliegenden Fall stehen Messungen der hochfrequenten Immissionen in der Umgebung einer bereits im Betrieb befindlichen Mobilfunksendeanlage im Vordergrund. Folgende Fragen sollen mittels der hier gewonnenen Messergebnisse beantwortet werden.

- **Wie groß, im Vergleich zum gesetzlichen Grenzwert, sind die elektromagnetischen Felder (Augenblicksaufnahme) in der Umgebung der Sendeanlagen?**
- **Welche Immissionen sind bei Volllastung der GSM- und UMTS-Anlagen maximal zu erwarten?**

1.2 Richtlinien und Normen

Die Rechtsgrundlage für die Immissionsbewertung in Deutschland wird durch die 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (26. BImSchV) gegeben. Hierin werden Grenzwerte für Hochfrequenz- (10 MHz – 300 GHz) sowie Niederfrequenzanlagen ($16 \frac{2}{3}$ Hz und 50 Hz) festgelegt.

Die festgelegten Immissionsgrenzwerte basieren auf den aktuellen Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO), der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) sowie des Europäischen Rates.

Frequenz [Hz]	Effektivwert der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte	
	elektrische Feldstärke [kV/m]	magnetische Flussdichte [μ T]
16 $\frac{2}{3}$	10	300
50	5	100

Tabelle 1.2-1: Anlagengrenzwerte der 26. BImSchV für Niederfrequenzanlagen

Frequenz [MHz]	Effektivwert der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte	
	elektrische Feldstärke [V/m]	magnetische Feldstärke [A/m]
10 – 400	27,5	0,073
400 – 2 000	$1,375 \sqrt{f}$	$0,0037 \sqrt{f}$
2000-3000000	61	0,16

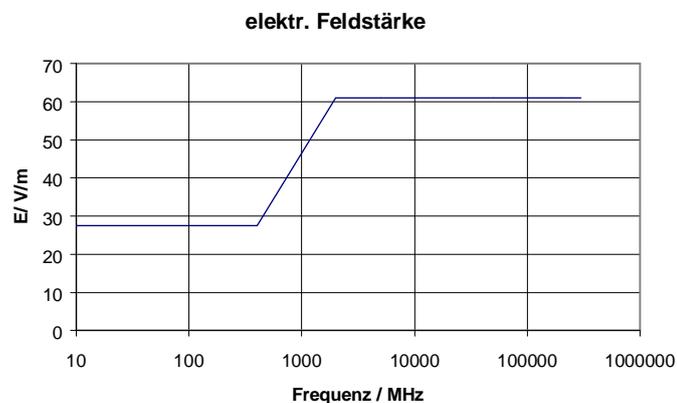


Abbildung und Tabelle 1.2-2: Grenzwerte der 26. BImSchV für Hochfrequenzanlagen

2 Felder in der Umgebung von Sendeanlagen

Für die Betrachtung der ausgesendeten Felder einer Sendeanlage ist neben der Sendeleistung vor allem die Richtcharakteristik (Bündelungsverhalten) der eingesetzten Antennen ein maßgebender Faktor für die Stärke der Felder in der unmittelbaren Umgebung der Anlagen.

2.1 Antennentypen

Betrachtet man die am häufigsten verbauten Antennentypen, so kann man grundsätzlich zwischen zwei Arten unterscheiden.

- Rundstrahlende Antennen
- Richtantennen

In den nachfolgenden Bildern sind typische Antennen und die dazugehörigen Antennendiagramme abgebildet.

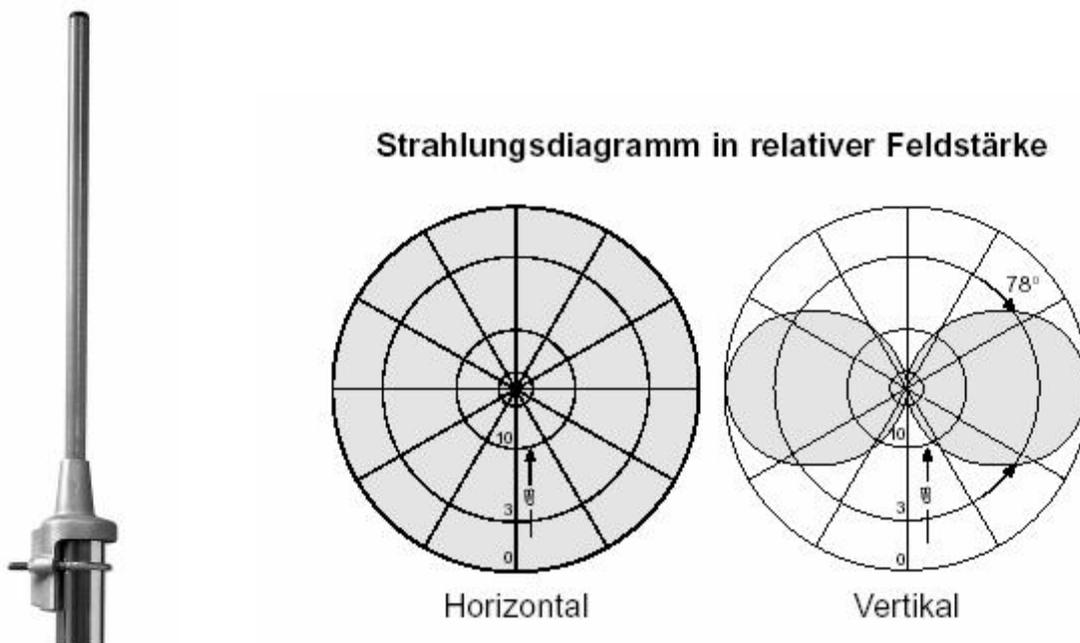


Abbildung 2.1-1: Monopolantenne (Rundstrahler) mit Strahlungsdiagramm (Quelle: A. Kathrein)

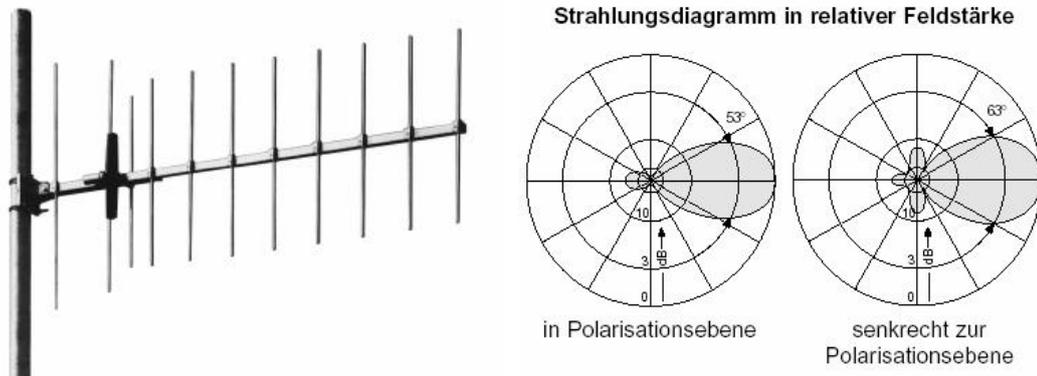


Abbildung 2.1-2: Richtantenne (beispielhaft Yagi-Antenne) mit Strahlungsdiagramm (Quelle: A. Kathrein)

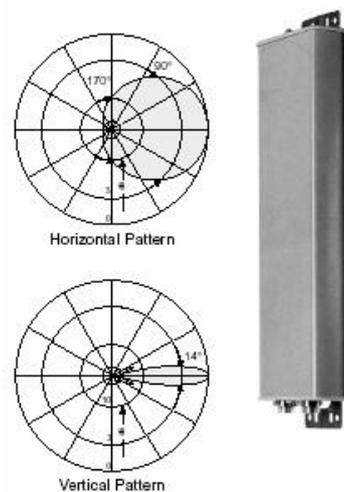


Abbildung 2.1-3: Sektorantenne für Mobilfunk mit Strahlungsdiagramm (Quelle: A. Kathrein)

Typische Sendeleistungen für die unterschiedlichen Funkdienste sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Typische Sendeleistungen für verschiedene Sender von Funkwellen	
Fernsehsendeanlagen	40.000 W
Radiosendeanlagen	2.000 W
Mobilfunksendeanlagen	40 W

Tabelle 2.1-1: Typische Sendeleistungen verschiedener Funkdienste

2.2 Funkwellenausbreitung

Bei der Betrachtung des Ausbreitungsverhaltens von elektromagnetischen Feldern steht im Mittelpunkt, dass die Intensität der Felder mit zunehmendem Abstand von der Sendeantenne abnimmt. Bei einer Freiraumausbreitung (Ausbreitung ohne Hindernisse - Gebäude, Wälder, etc.) nimmt die Leistung in Hauptstrahlrichtung der Antenne quadratisch mit der Entfernung ab. Dies bedeutet, dass die Verdoppelung der Entfernung eine Reduzierung der Leistungsflussdichte auf ein Viertel des Ausgangswertes zur Folge hat.

Durch diese idealisierten Vorstellungen kann die Empfangsleistung eines beliebigen Punktes mit Hilfe der so genannten "Freifeldformel" berechnet werden:

$$S = \frac{G \cdot P}{4 \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{E^2}{Z_{F0}} \quad \text{(Gleichung 2.2-1)}$$

Hierbei entspricht:

- S: Leistungsflussdichte [W/m²]
- G: Gewinn der Basisstationsantenne
(abhängig vom Raumwinkel)
- P: Sendeleistung [W]
- d: Entfernung zur Basisstationsantenne [m]
- E: Elektrische Feldstärke [V/m]
- Z_{F0}: Feldwellenwiderstand (377 Ω)

Bei realen Umgebungsbedingungen (Einfluss von Bebauung, Bewuchs und Landschaft) ist die Abnahme häufig noch wesentlich stärker ausgeprägt.

2.3 Mobilfunksendeanlagen

Bei den Mobilfunksendeanlagen werden heute vor allem Richtantennen eingesetzt, die in der Vertikalen sehr stark bündelnd abstrahlen (vorstellbar wie die Bündelung des Lichts bei einem Scheinwerfer). Der Hauptsendebereich einer solchen Antenne hat in vertikaler Richtung nur einen Öffnungswinkel zwischen 5° und 10°. Zusätzlich ist dieser Bereich bezüglich der Horizontalen häufig um etwa -5° bis -10° nach unten geneigt. Diese Einstellungen sollen bewirken, dass die Versorgung der lokalen Funkzelle optimal gewährleistet ist. Außerdem wird durch die Abwärtsneigung der Antenne verhindert, dass Funkwellen in einer weiter entfernten Funkzelle empfangen werden können.

3 Angewandte Messverfahren

3.1 Hochfrequente elektromagnetische Felder

Die Messung hochfrequenter elektromagnetischer Felder wird mit Hilfe eines Spektrumanalysators oder Messempfängers und geeigneter Antennen durchgeführt. Anhand dieses Equipments können Frequenz und Empfangspegel der einzelnen am Messort zu untersuchenden Funksignale festgestellt werden. Unter Zuhilfenahme der Kalibrierdaten der verwendeten Messantenne und unter Berücksichtigung der Dämpfung des verwendeten Messkabels kann damit die am Messort herrschende Feldstärke bestimmt werden. Bei Messpunkten im Freien ermittelt man dabei in mehreren Schritten die maximale Feldstärkekomponente. Der richtungsabhängige Maximalwert der beiden Komponenten wird mit Hilfe des Maximalwertspeichers im Spektrumanalysator durch Schwenken der Antenne für beide Polarisierungen bestimmt (Schwenkmethode). Dieses Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass mit hoher Zuverlässigkeit der absolute Größtwert der Feldstärke im Raum gefunden wird, auch wenn dieser möglicherweise nur in einem relativ kleinen Volumen vorhanden ist. Die Anwendung dieses Verfahrens gewährleistet eine Immissionsbestimmung nach "worst-case"-Kriterien.

Wenn mehrere etwa gleich große Immissionen vorhanden sind, muss eine normgerechte Summation durchgeführt werden, um die Gesamtimmission zu erhalten. Einzelimmissionen, die aufgrund geringer Stärke nur einen vernachlässigbar kleinen Beitrag zur Gesamtimmission liefern, werden nicht berücksichtigt. Die Immissionen an den einzelnen Messpunkten sind dabei meist durch verschiedene Funkanwendungen bedingt.

3.2 Messequipment

Im Rahmen der Messungen wurden die folgenden Messgeräte eingesetzt:

Spektrumanalyzer: ESPI 3 (9 kHz – 3 GHz), Gerätenummer: 100017
Advantest R3131 (9 kHz – 3 GHz), Gerätenummer: 10100037
Antennen: Schwarzbeck, UBA 9116 (25 MHz – 1,1 GHz), SN: 0416
Schwarzbeck, SBA 9113 (500 MHz – 3 GHz), SN: 0120
Software: VMA - **V**irtueller **M**ess **A**ssistent, Version 1.2, botronic gmbh
RFEX EMVU-Messungen, Rohde & Schwarz, Version 4.0

3.3 Messgenauigkeit

Bei Feldstärkemessungen muss immer von einer gewissen gerätebedingten Messunsicherheit ausgegangen werden. In diese Restunsicherheit gehen die Toleranzen der Messgeräte-, Kabel- und Antennenkalibrierung ein. Weiterhin spielt die Messgenauigkeit des verwendeten Spektrumanalysators eine Rolle.

Diese Messunsicherheit von typischerweise ± 3 dB (Faktor 1,4) wird als Sicherheit zu den gemessenen Werten hinzuaddiert, so dass man die geforderte "worst-case"-Abschätzung der vorhandenen Feldstärken erhält.

3.4 Bestimmung der maximal möglichen Immission bei GSM

Bei Funkwellenmessungen hat man es häufig mit zeitvarianten Feldstärken, vor allem im Bereich des Mobilfunks zu tun. Diese Zeitvarianz entsteht bei GSM („Global System for Mobile Communications“, Mobilfunksystem der zweiten Generation, D- und E-Netz) durch das folgend beschriebene Szenario.

- Bei Mobilfunkanlagen mit mehreren Frequenzen pro Funkzelle sendet nur ein Kanal, der so genannte Signalisierungskanal (BCCH: Broadcast Control Channel), dauernd mit maximaler Sendeleistung. Alle weiteren Kanäle, die so genannten Gesprächskanäle (TCH: Traffic Channel), senden mit einer variablen Sendeleistung, die im Verhältnis zu dem momentanen Gesprächsaufkommen steht. Misst man nun in einer Phase mit geringem Gesprächsaufkommen, kann die tatsächlich mögliche Feldstärke am untersuchten Ort deutlich unterschätzt werden.

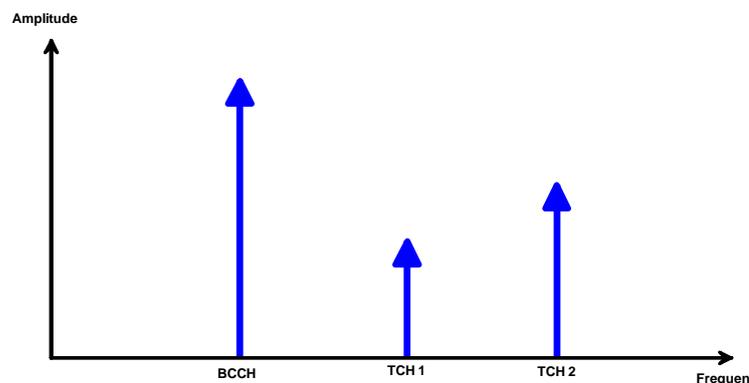


Abbildung 3.4-1: Schematische Darstellung der gemessenen zeitvarianten Mobilfunk-Pegeln (GSM)

Mit den folgenden Maßnahmen wird dem oben beschriebenen Problem bei Anlagen, deren Daten dem Messteam zugänglich gemacht werden, entgegengetreten.

- Die maximal mögliche Immission einer Mobilfunksendeanlage kann durch Messung des Feldstärkepegels, ausgehend vom BCCH der Anlage, berechnet werden. Hierzu wird die gemessene Feldstärke des Signalisierungskanals mit einem Faktor multipliziert, welcher die Anzahl der Gesprächskanäle (Anzahl der durch die RegTP genehmigten Kanäle) und deren maximale Sendeleistung enthält.

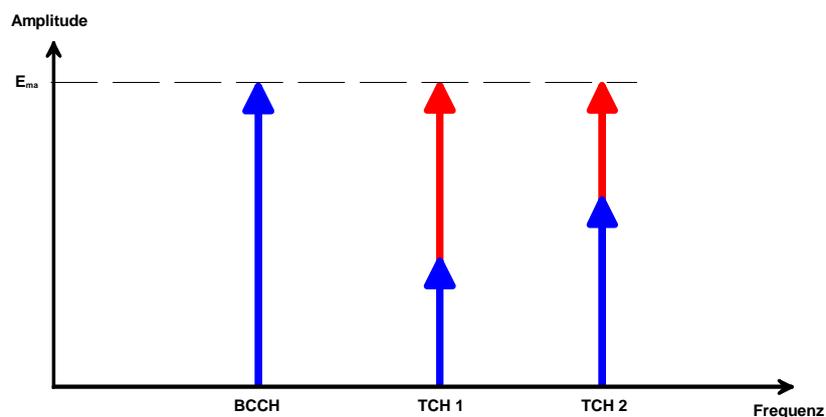


Abbildung 3.4-2: Verkehrskanäle werden bis zum Signalisierungskanalpegel „aufgefüllt“

- Ist in einem vorgegebenen Gebiet der Pegel eines TCHs (Traffic Channel: Verkehrskanal) größer als der zugeordnete BCCH, so wird dieser für die Maximalwertabschätzung herangezogen.

3.5 Überbewertung von Momentanwerten bei “frequency-hopping“

Der GSM-Standard erlaubt die Anwendung des so genannten „frequency-hoppings“, d.h. ein Frequenzsprungverfahren, bei dem ein Übertragungskanal zu unterschiedlichen Zeiten unterschiedliche Frequenzen belegt, kann zu einem wesentlich verbesserten Übertragungsverhalten führen.

Wird die Feldstärke mit Hilfe eines Spektrumanalysators oder Messempfängers mit Maximalwertanzeige (max. hold) erfasst, findet eine Überbewertung – wie in den folgenden zwei Abbildungen gezeigt – statt.

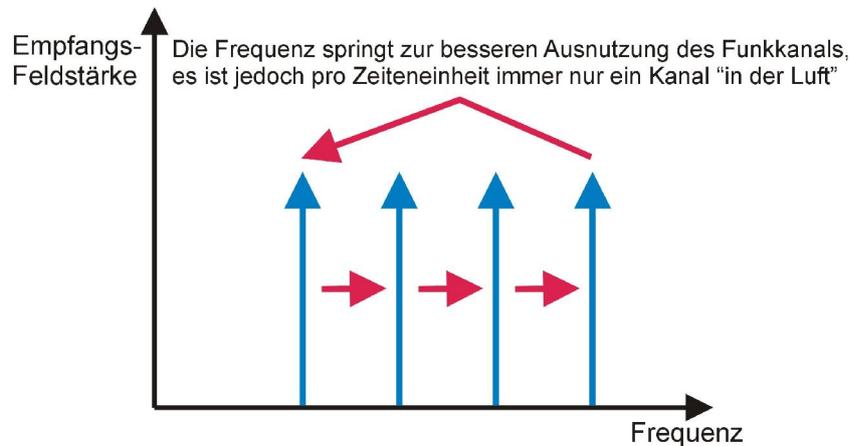


Abbildung 3.5-1: "Hüpfender" Verkehrskanal: Beim Frequenzsprungverfahren werden in kurzen Zeitabständen (z.B. Millisekunden) die Frequenzen gewechselt

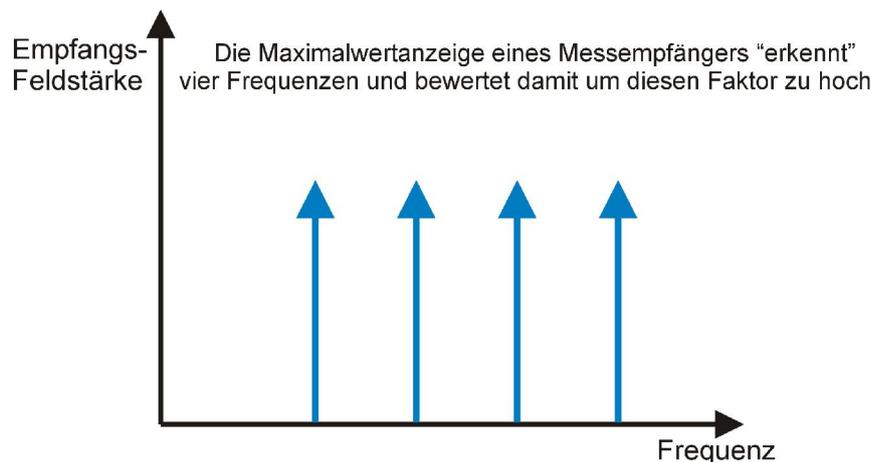


Abbildung 3.5-2: Eine Überbewertung der Immissionen findet bei einer Maximalwertbetrachtung (MaxHold) mit einem Messempfänger bzw. einem Spektrumanalysator statt

3.6 UMTS-Messverfahren

Mit einer Messantenne und einem Spektrumanalysator oder einem Messempfänger kann die elektrische Feldstärke der einzelnen UMTS-Kanäle frequenzselektiv dargestellt werden (UMTS: „Universal Mobile Telecommunications System“, steht für den Mobilfunk der dritten Generation).

Ein UMTS-Kanal ist durch eine bestimmte Trägerfrequenz definiert. Da die Trägerfrequenzen den Betreibern eindeutig zugeordnet sind, erlaubt eine spektrale Messung die Identifikation und Zuordnung der UMTS-Signale der einzelnen Netze. Nicht unter-

scheiden kann diese Methode hingegen, von welcher Anlage und von welcher Antenne ein UMTS-Signal stammt, da die UMTS-Netze als Gleichwellennetze betrieben werden.

Das UMTS-Signal, das eine bestimmte Zelle versorgt, ist durch seine Trägerfrequenz und durch den Scrambling-Code eindeutig definiert. Anhand der Trägerfrequenz lässt sich feststellen, zu welchem Netz (Betreiber) ein Signal gehört. Aus den Informationen des decodierten Verkehrskanals bzw. durch Angaben des Netzbetreibers ist die aktuell eingestellte Sendeleistung des primären Signalisierungskanals (CPICH) bekannt.

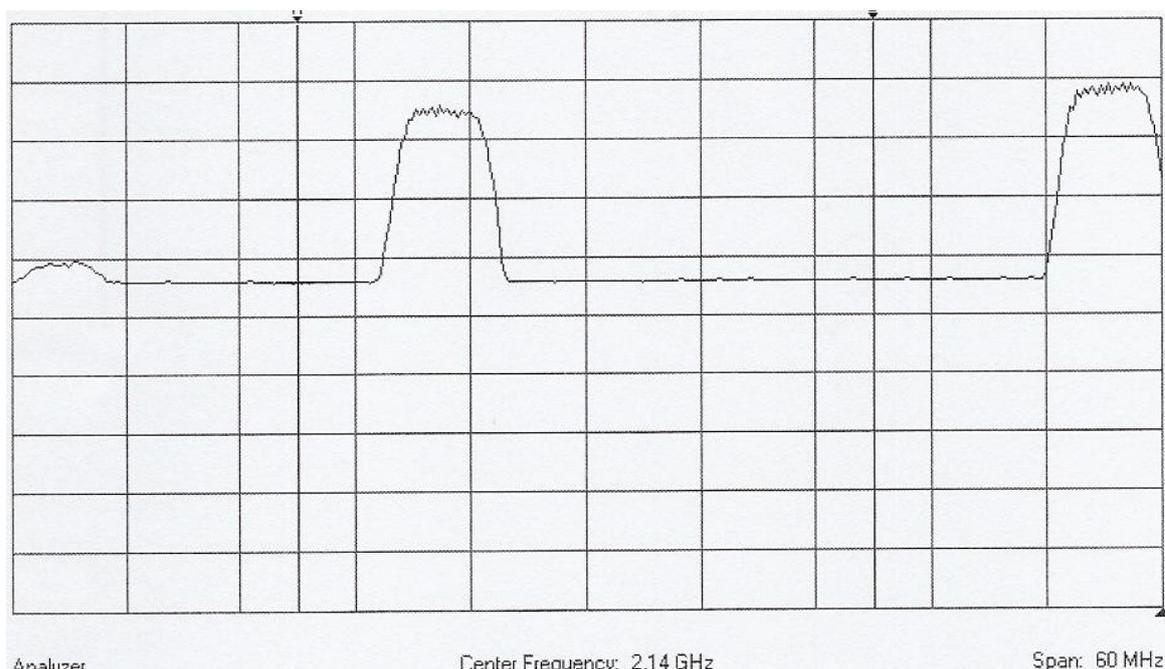


Abbildung 3.6-1: UMTS-Kanäle der Betreiber Vodafone, E-Plus und T-Mobile (Beispiel, v.l.n.r.), schematische Darstellung

Im Allgemeinen wird die Erfassung der momentanen UMTS-Immissionen nach der Spektral-Methode (vergleiche Metas/Buwal) durchgeführt. Gemessen wird dabei die Feldstärke der UMTS-Kanäle und zwar für jeden Kanal einzeln. Diese Messmethode erlaubt UMTS-Signale verschiedener Betreiber zu unterscheiden und zuzuordnen. Sie kann allerdings nicht unterscheiden, von welcher Sendeanlage oder Sendeantenne ein gemessenes UMTS-Signal stammt, da alle Basisstationen eines Betreibers dieselben Trägerfrequenzen verwenden können. Die gemessene Feldstärke je UMTS-Kanal schwankt infolge der variierenden Auslastung der Anlage.

Die Ermittlung der UMTS-Maximalwerte erfolgte mit der Mess- und Steuerungssoftware RFEX, die den Messempfänger ESPI als PN-Scanner verwendet. Die Hochrechnung erfolgt dann über den Hochrechnungsfaktor von 10 dB, der die Skalierung zwischen CPICH und der maximalen Basisstationsleistung wiedergibt.

4 Standorte, Messpunkte, Messergebnisse

4.1 Standorte der Mobilfunkbasisstationen

Die nachfolgende Tabelle ist eine Zusammenstellung der Mobilfunkstandorte, die sich im oder in der Nähe des betrachteten Stadtgebietes befinden:

Umgebung Werkstraße, 63739 Aschaffenburg

Standort BS	Standortbescheinigungs-Nr.	Gebiete/Adresse/Anmerkung (falls bekannt)
1	660491	--
2	660136	sonstige Funkanlage
3	661077	--
4	661197	
5	--	Neuinstallation Werkstraße

Tabelle 4.1-1: Standorte von Funkanlagen im betrachteten Stadtgebiet, Umgebung Werkstraße

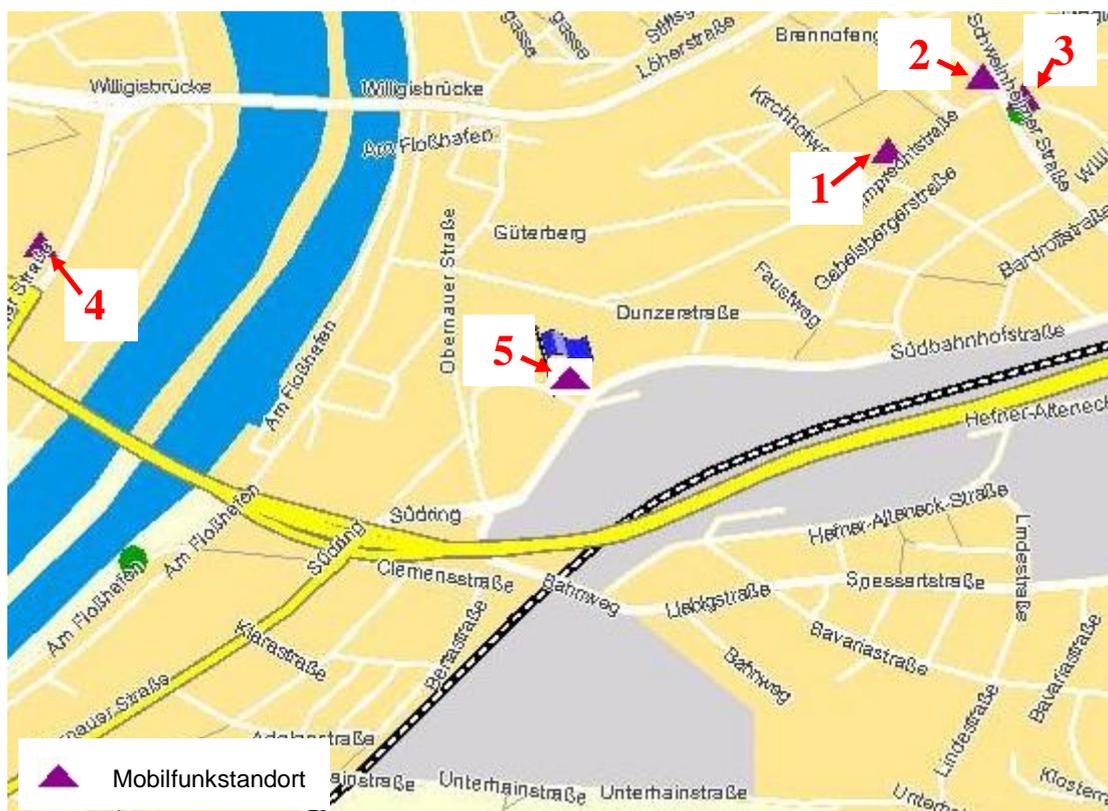


Abbildung 4.1-1: Verteilung der Mobilfunk-Standorte im betrachteten Stadtgebiet von 63739 Aschaffenburg, Umgebung Werkstraße (Quelle Bundesnetzagentur)

4.2 Lage der Messpunkte

Übersicht der Messpunkte:

Messpunkt-Nummer	Beschreibung Messpunkt	Abbildung-Nr.
1	Werkstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 2	4.3-1
2	Junkerstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 4	4.3-2

Tabelle 4.2-1: Übersicht Messpunkte

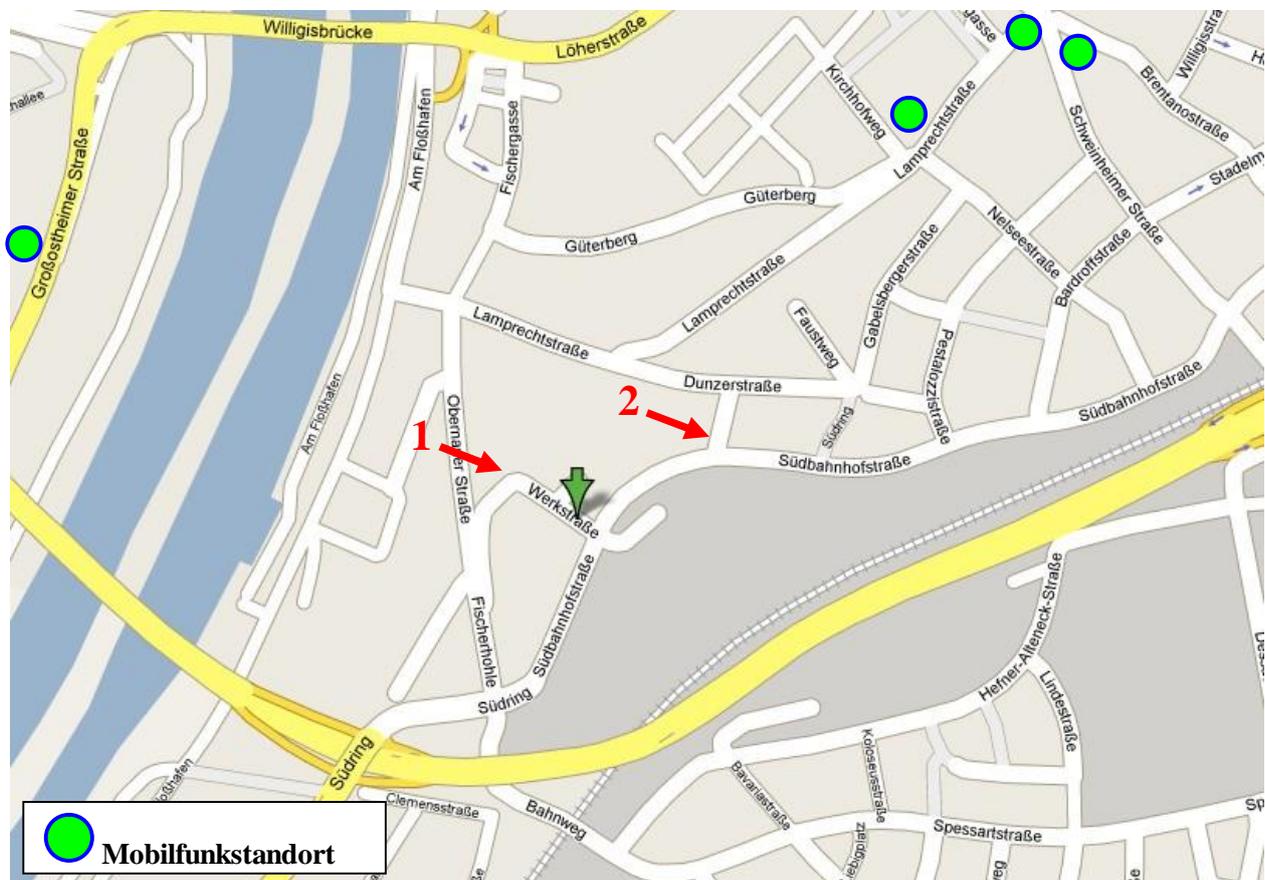


Abbildung 4.2-1: Grobe Lage der Messpunkte in 63739 Aschaffenburg, Umgebung Werkstraße
(Quelle www.maps.google.de)

4.3 Messpunkte

Über die folgenden Abbildungen können die einzelnen Messpunkte zugeordnet werden.



Abbildung 4.3-1. Messpunkt 1: Werkstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 2



Abbildung 4.3-2, Messpunkt 2: Junkerstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 4

4.4 Übersicht der Messergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die Messergebnisse als zusammengefasste Daten aufgelistet. Eine genauer gegliederte Aufstellung findet sich im Anhang des Berichts.

4.4.1 GSM (D- und E- Netze)

Messpunkt / -ort	Gemessene Summen- Immissionen (GSM-Momentaufnahme) [Prozent vom Grenzwert bezogen auf das elektrische Feld]	Maximal mögliche Immissionen durch GSM-Anlagen [Prozent vom Grenzwert bezogen auf das elektrische Feld, <u>Hochrechnung</u>]
Messpunkt 1: Werkstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 2	1,54	2,23
Messpunkt 2: Junkerstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 4	2,32	3,51

Grenzwerte: GSM 900 ca. 42 V/m
GSM 1800 ca. 59 V/m
UMTS 61 V/m
Rundfunk / TV ca. 28 – 79 V/m (je nach Frequenz)

Tabelle 4.4-1: Zusammenfassung der GSM-Messwerte (Momentanwerte und Hochrechnung)

4.4.2 UMTS

Messpunkt / -ort	Gemessene Summen- Immissionen (UMTS-Momentaufnahme) [Prozent vom Grenzwert bezogen auf das elektrische Feld]]	Maximal mögliche Immissionen durch UMTS-Anlagen [Prozent vom Grenzwert bezogen auf das elektrische Feld, <u>Hochrechnung</u>]
Messpunkt 1: Werkstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 2	0,03	0,14
Messpunkt 2: Junkerstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 4	0,04	0,12

Grenzwerte: GSM 900 ca. 42 V/m
GSM 1800 ca. 59 V/m
UMTS 61 V/m
Rundfunk / TV ca. 28 – 79 V/m (je nach Frequenz)

Tabelle 4.4-2: Zusammenfassung der UMTS-Messwerte (Momentanwerte und Hochrechnung)

4.4.3 Gesamtbetrachtung GSM und UMTS

Messpunkt / -ort	Maximal mögliche Gesamt-Immissionen durch GSM- und UMTS-Anlagen [Prozent vom Grenzwert bezogen auf das elektrische Feld, Hochrechnung]
Messpunkt 1: Werkstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 2	2,23
Messpunkt 2: Junkerstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 4	3,51

Grenzwerte: GSM 900 ca. 42 V/m
 GSM 1800 ca. 59 V/m
 UMTS 61 V/m
 Rundfunk / TV ca. 28 – 79 V/m (je nach Frequenz)

Tabelle 4.4-3: Gesamtbetrachtung GSM-/UMTS-Messwerte (Hochrechnung)

4.4.4 Diagramme

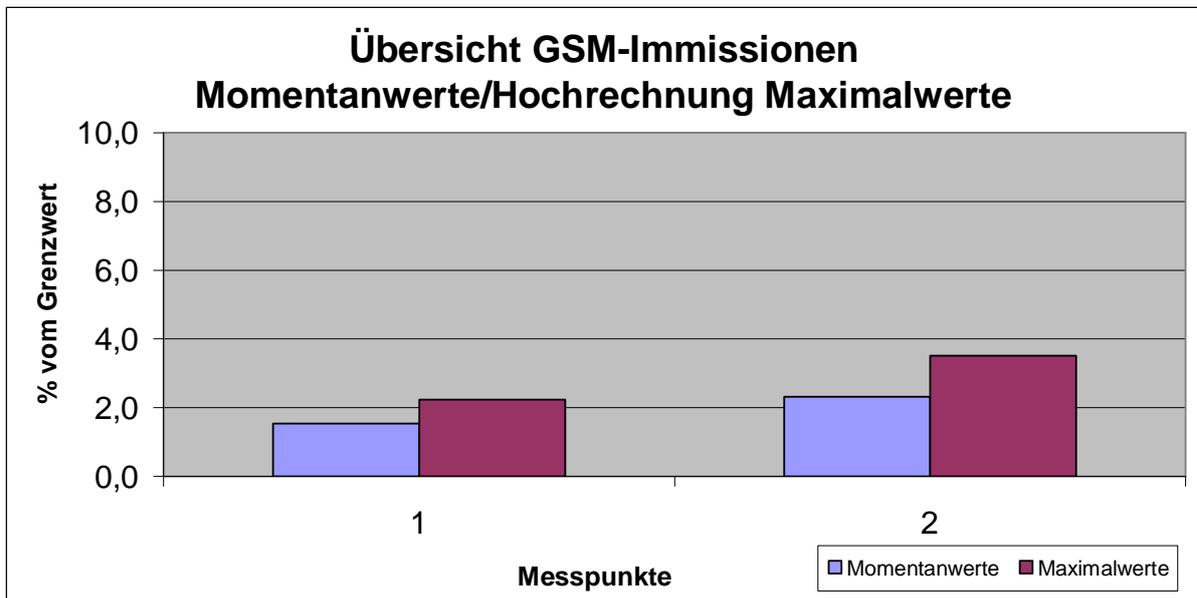


Diagramm 4.4-1: GSM-Messwerte (Momentanwerte und Hochrechnung) an den Messpunkten

Messpunkt	Lage
1	Werkstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 2
2	Junkerstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 4

Tabelle 4.4-4: Zuordnung Messpunkte

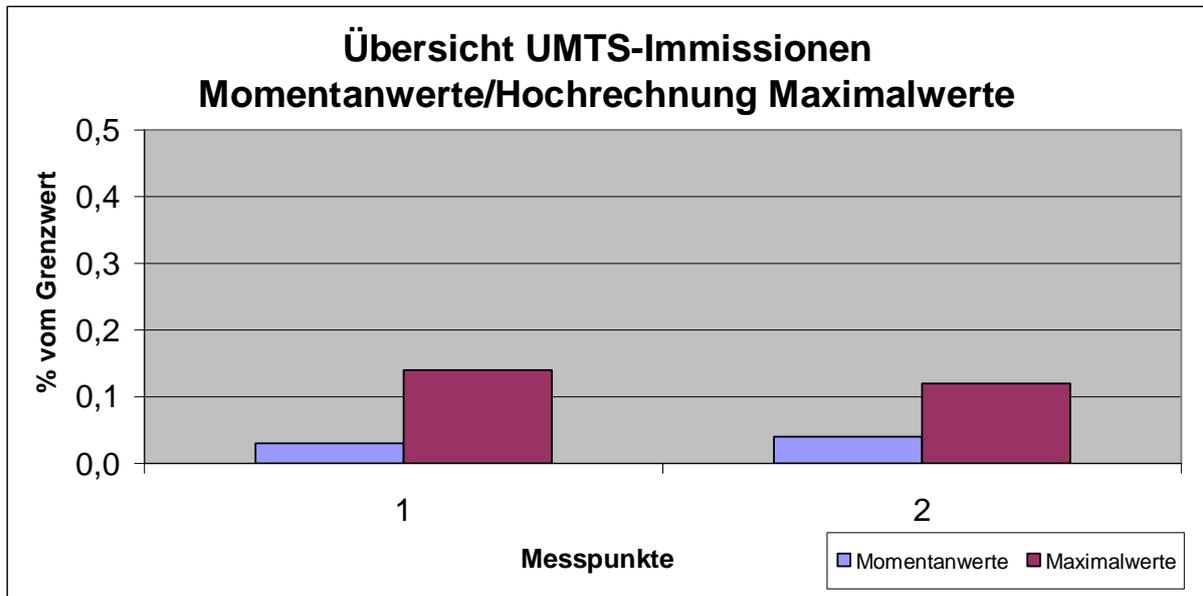


Diagramm 4.4-2: UMTS-Messwerte (Momentanwerte und Hochrechnung) an den Messpunkten

Messpunkt	Lage
1	Werkstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 2
2	Junkerstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 4

Tabelle 4.4-5: Zuordnung Messpunkte

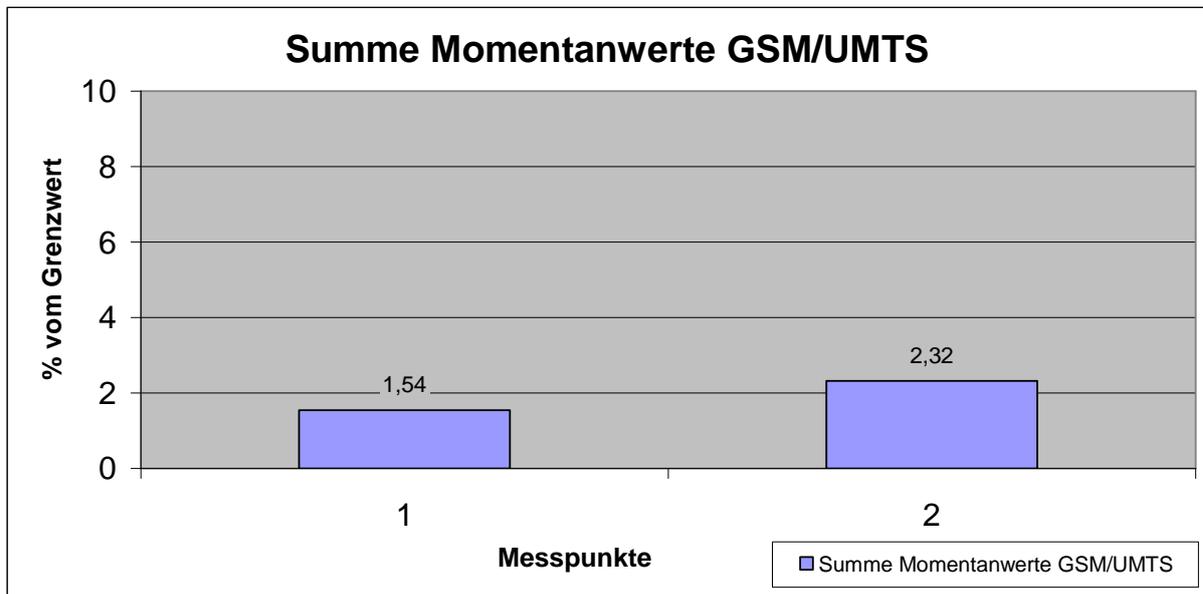


Diagramm 4.4-3: Summe Momentanwerte der GSM-/UMTS-Anlagen

Messpunkt	Lage
1	Werkstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 2
2	Junkerstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 4

Tabelle 4.4-6: Zuordnung Messpunkte

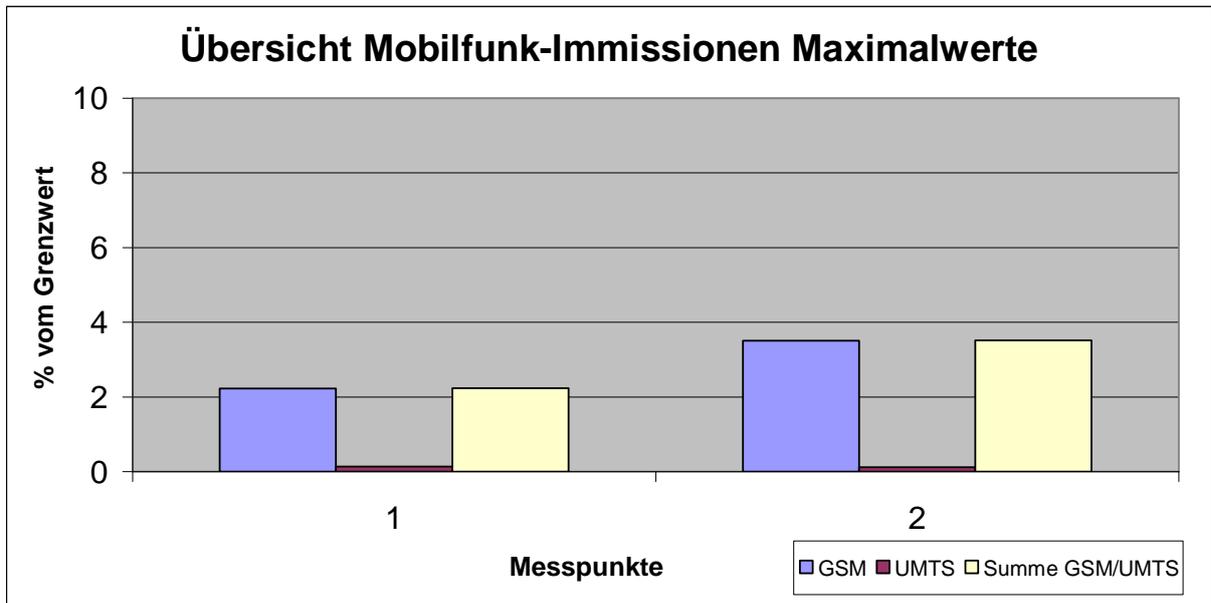


Diagramm 4.4-4: Hochrechnung Maximal-Immissionen der GSM-/UMTS-Anlagen

Messpunkt	Lage
1	Werkstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 2
2	Junkerstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 4

Tabelle 4.4-7: Zuordnung Messpunkte

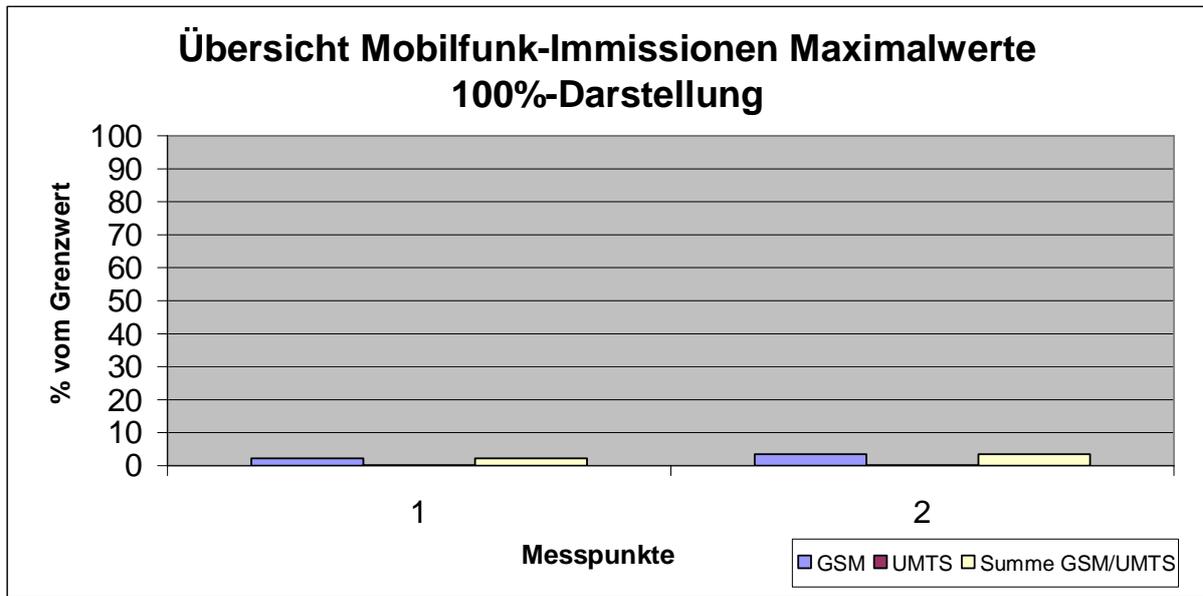


Diagramm 4.4-5: Maximal-Immissionen bei Vollaustattung der GSM-/UMTS-Anlagen (100%-Darstellung)

Messpunkt	Lage
1	Werkstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 2
2	Junkerstraße, vor Anwesen Haus-Nr. 4

Tabelle 4.4-8: Zuordnung Messpunkte

4.5 Hochrechnung bzw. Überbewertung der Messergebnisse

Im vorliegenden Bericht werden mehrere Abschätzungen und Hochrechnungen vorgenommen, die an dieser Stelle nochmals zusammengefasst erwähnt werden sollen.

a) Mess-Unsicherheit

Auf alle (!) erfassten elektrischen Feldstärken wird die Messunsicherheit als (voller) Wert aufaddiert (nicht wie bei anderen Messvorgängen als plus/minus Toleranzangabe). Dies bedeutet bereits für die Momentanwertbetrachtung eine Hochrechnung der Feldstärke um den Faktor 1,4 (3 dB).

b) Hochrechnung auf Anlagen-Gesamtauslastung und Anlagen-Endausbau

Auf die identifizierten Signalisierungskanäle (BCCH-Kanäle bei GSM bzw. CPICH bei UMTS) wird auf Basis der derzeitigen Anlagenkonfiguration eine Hochrechnung auf die Vollausslastung der Anlage vorgenommen. Dieser Wert repräsentiert den Zustand, dass alle (!) verfügbaren Sendestationen mit dem maximal möglichen Pegel bzw. für die maximal mögliche Zahl von Teilnehmern senden würden.

Üblicherweise werden von den Betreibern im Rahmen der Errichtung von Standorten im Hinblick auf die in Zukunft gegebenenfalls benötigten Übertragungsbandbreiten (5-Jahres-Zeitraum und darüber) bereits die entsprechenden Kanäle auf Reserve beantragt. Die Nutzung dieser Reserven insbesondere im UMTS-Bereich (je Betreiber zwei genehmigte Kanäle) scheint anhand der derzeitigen Markt-Entwicklung nicht erkennbar. Insbesondere das gleichzeitige „Hochfahren“ von GSM (D- und E-Netz) und UMTS kann angesichts der zu erwartenden Migration von GSM-Kunden zu UMTS aus technischer Sicht als weitestgehend unwahrscheinlich angenommen werden.

Die ermittelte Gesamthochrechnung umfasst die Addition der Messtoleranzen sowie die Anlagenvollausslastung inklusive des genehmigten Anlagen-Endausbaus.

5 Anhang

Literatur

METAS, BUWAL, „Mobilfunk-Basisstationen (UMTS FDD) Messempfehlung“, Entwurf vom 17.9.2003, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, Schweiz

RegTP, Messvorschrift für bundesweite EMVU Messreihen der vorhandenen Umgebungsfeldstärken, Reg TP MV 09/EMF/03, Februar 2003, Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Bonn
(RegTP, jetzt Bundesnetzagentur)

Weitere Unterlagen im Anhang :

Einzel-Messungen als Tabellenblätter (2 Seiten)
Ermittlung der Maximalimmissionen (1 Seiten)
Kalibrierschein Spektrumanalysator ESPI (2 Seiten)

Messpunkt: 1

Gebiet: Aschaffenburg

Messpunktadresse: Werkstraße 2 Datum / Zeit: Donnerstag, 8. November 2007 / 07:54
 Postleitzahl / Ort: 63739 Aschaffenburg Rechtswert:
 Wetter: bedeckt Hochwert:
 Temperatur [°C] / Luftfeuchtigkeit [%]: 8 / 68 Lage: innerorts
 Leiter: Dr. Bochtler Kommentar: vor Anwesen Haus-Nr. 2
 Karte: Bild:

Messergebnisse:

Frequenzbereich	Freq. in MHz	E (gem.) in dBµV/m	Aufschlag in dB	E(Korrig.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²	Summe E in Prozent vom GW
Mobilfunk GSM	937,40	82,48	3	85,48	0,019	42,10	0,04	0,94	
	938,40	80,72	3	83,72	0,015	42,12	0,04	0,62	
	939,20	92,97	3	95,97	0,063	42,14	0,15	10,49	
	939,80	89,62	3	92,62	0,043	42,15	0,10	4,85	
	942,20	103,87	3	106,87	0,220	42,21	0,52	128,93	
	943,00	108,44	3	111,44	0,373	42,22	0,88	369,54	
	944,60	110,12	3	113,12	0,453	42,26	1,07	543,57	
	945,60	80,54	3	83,54	0,015	42,28	0,04	0,60	
	947,20	80,62	3	83,62	0,015	42,32	0,04	0,61	
	951,60	85,41	3	88,41	0,026	42,42	0,06	1,84	
	952,60	81,40	3	84,40	0,017	42,44	0,04	0,73	
	954,40	97,82	3	100,82	0,110	42,48	0,26	32,04	
	959,60	94,41	3	97,41	0,074	42,59	0,17	14,62	
	1833,80	73,90	3	76,90	0,007	58,88	0,01	0,13	
	1835,00	90,96	3	93,96	0,050	58,90	0,08	6,59	
	1836,00	72,29	3	75,29	0,006	58,92	0,01	0,09	
	1836,80	69,51	3	72,51	0,004	58,93	0,01	0,05	
	1839,00	74,21	3	77,21	0,007	58,96	0,01	0,14	
	1840,80	79,33	3	82,33	0,013	58,99	0,02	0,45	
	1842,00	71,53	3	74,53	0,005	59,01	0,01	0,08	
	1844,80	71,44	3	74,44	0,005	59,06	0,01	0,07	
	1845,80	71,15	3	74,15	0,005	59,07	0,01	0,07	
	1846,40	76,61	3	79,61	0,010	59,08	0,02	0,24	
	1850,60	82,61	3	85,61	0,019	59,15	0,03	0,96	
1851,80	83,68	3	86,68	0,022	59,17	0,04	1,24		
1860,20	73,59	3	76,59	0,007	59,30	0,01	0,12		
1861,60	85,51	3	88,51	0,027	59,33	0,04	1,88		
1862,40	79,30	3	82,30	0,013	59,34	0,02	0,45		
1868,60	79,73	3	82,73	0,014	59,44	0,02	0,50		
1870,40	76,72	3	79,72	0,010	59,47	0,02	0,25		
1873,80	80,31	3	83,31	0,015	59,52	0,02	0,57		
1874,60	79,89	3	82,89	0,014	59,53	0,02	0,52	1,54	
Mobilfunk UMTS	2157,33	83,49	3	86,49	0,021	61,00	0,03	1,18	0,03

Messpunkt: 2

Gebiet: Aschaffenburg

Messpunktadresse: Junkerstraße 4 Datum / Zeit: Donnerstag, 8. November 2007 / 08:07
 Postleitzahl / Ort: 63739 Aschaffenburg Rechtswert:
 Wetter: bedeckt Hochwert:
 Temperatur [°C] / Luftfeuchtigkeit [%]: 8 / 68 Lage: innerorts
 Leiter: Dr. Bochtler Kommentar: vor Anwesen Haus-Nr. 4
 Karte: Bild:

Messergebnisse:

Frequenzbereich	Freq. in MHz	E (gem.) in dBµV/m	Aufschlag in dB	E(Korrig.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²	Summe E in Prozent vom GW
Mobilfunk GSM	939,20	88,36	3	91,36	0,037	42,14	0,09	3,62	
	939,80	114,29	3	117,29	0,732	42,15	1,74	1421,87	
	941,20	105,62	3	108,62	0,270	42,18	0,64	192,96	
	942,20	84,42	3	87,42	0,024	42,21	0,06	1,47	
	943,00	86,08	3	89,08	0,028	42,22	0,07	2,14	
	944,60	92,16	3	95,16	0,057	42,26	0,14	8,69	
	951,60	112,16	3	115,16	0,573	42,42	1,35	870,88	
	954,40	91,23	3	94,23	0,051	42,48	0,12	7,03	
	959,60	94,86	3	97,86	0,078	42,59	0,18	16,21	
	1835,00	96,10	3	99,10	0,090	58,90	0,15	21,56	
	1836,00	78,18	3	81,18	0,011	58,92	0,02	0,35	
	1839,00	90,82	3	93,82	0,049	58,96	0,08	6,40	
	1840,80	77,97	3	80,97	0,011	58,99	0,02	0,33	
	1844,80	77,22	3	80,22	0,010	59,06	0,02	0,28	
	1846,40	79,94	3	82,94	0,014	59,08	0,02	0,52	
	1850,60	77,70	3	80,70	0,011	59,15	0,02	0,31	
	1851,80	68,84	3	71,84	0,004	59,17	0,01	0,04	
	1861,60	80,60	3	83,60	0,015	59,33	0,03	0,61	
	1866,80	67,80	3	70,80	0,003	59,41	0,01	0,03	
	1868,60	73,32	3	76,32	0,007	59,44	0,01	0,11	
	1870,40	78,22	3	81,22	0,012	59,47	0,02	0,35	
	1872,60	76,14	3	79,14	0,009	59,50	0,02	0,22	
	1873,80	74,69	3	77,69	0,008	59,52	0,01	0,16	
	1874,60	86,12	3	89,12	0,029	59,53	0,05	2,17	2,32
Mobilfunk UMTS	2157,33	85,41	3	88,41	0,026	61,00	0,04	1,84	0,04

Hochrechnung auf Maximalwerte GSM/UMTS

Ort: 63739 Aschaffenburg, Umgebung Werkstraße
Durchf.: Dr. Bochtler
Signal: Mobilfunk

Datum: 08.11.2007
Uhrzeit: 7.45 - 8.15
Wetter: bedeckt

Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl *	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	nach Betreiber			
									Prozent vom GW	S in µW/m²	Prozent vom GW	S in µW/m²
1	939,8	T-Mobile	89,6		3	98,64	0,09	42,15	0,20	19,41		
GSM	954,4	T-Mobile	97,8		3	106,84	0,22	42,48	0,52	128,18		
	943,0	T-Mobile	110,1		3	119,14	0,91	42,22	2,14	2174,30		
	952,6	T-Mobile	81,4		3	90,42	0,03	42,44	0,08	2,92	2,22	2324,80
	937,4	Vodafone	82,5		3	91,50	0,04	42,10	0,09	3,75		
	945,6	Vodafone	80,5		3	89,56	0,03	42,28	0,07	2,40		
	947,2	Vodafone	80,6		3	89,64	0,03	42,32	0,07	2,44		
	1850,6	Vodafone	82,6		3	88,62	0,03	59,15	0,05	1,93		
	1851,8	Vodafone	83,7		3	89,69	0,03	59,17	0,05	2,47	0,15	12,99
	1868,6	E-Plus	85,5		3	94,53	0,05	59,44	0,09	7,53		
	1870,4	E-Plus	76,7		3	79,72	0,01	59,47	0,02	0,25		
	1874,6	E-Plus	79,9		3	85,90	0,02	59,53	0,03	1,03	0,10	8,81
	1835,0	O2	91,0		3	96,97	0,07	58,90	0,12	13,19		
	1844,8	O2	71,4		3	77,45	0,01	59,06	0,01	0,15		
	1836,0	O2	72,3		3	78,30	0,01	58,92	0,01	0,18		
	1833,8	O2	73,9		3	79,91	0,01	58,88	0,02	0,26		
	1846,4	O2	76,6		3	82,62	0,01	59,08	0,02	0,49		
	1840,8	O2	79,3		3	85,34	0,02	58,99	0,03	0,91	0,13	15,17
UMTS	2112,8	Vodafone	86,4		3	92,44	0,04	61,00	0,07	4,65	0,07	4,65
	2132,6	E-Plus	83,4		3	89,39	0,03	61,00	0,05	2,31	0,05	2,31
	2157,3	O2	87,7		3	93,69	0,05	61,00	0,08	6,20	0,08	6,20
	2167,2	T-Mobile	88,3		3	94,31	0,05	61,00	0,09	7,16	0,09	7,16
		sonstige							0,04	0,89	0,04	0,89
Summen							0,95		2,23	2383,0	2,23	2382,98

2	939,8	T-Mobile	114,3		3	123,31	1,46	42,15	3,47	5687,46		
GSM	954,4	T-Mobile	94,9		3	103,88	0,16	42,48	0,37	64,85		
	943,0	T-Mobile	92,2		3	101,18	0,11	42,22	0,27	34,77	3,50	5787,09
	1850,6	Vodafone	77,7		3	83,71	0,02	59,15	0,03	0,62		
	1851,8	Vodafone	68,8		3	74,85	0,01	59,17	0,01	0,08	0,03	0,70
	1868,6	E-Plus	80,6		3	89,62	0,03	59,44	0,05	2,43		
	1866,8	E-Plus	67,8		3	73,81	0,00	59,41	0,01	0,06		
	1870,4	E-Plus	78,2		3	81,22	0,01	59,47	0,02	0,35		
	1874,6	E-Plus	86,1		3	92,13	0,04	59,53	0,07	4,33	0,09	7,18
	1835,0	O2	96,1		3	102,11	0,13	58,90	0,22	43,12		
	1844,8	O2	77,2		3	83,23	0,01	59,06	0,02	0,56		
	1836,0	O2	78,2		3	84,19	0,02	58,92	0,03	0,70		
	1846,4	O2	79,9		3	85,95	0,02	59,08	0,03	1,04		
	1840,8	O2	78,0		3	83,98	0,02	58,99	0,03	0,66	0,22	46,08
UMTS	2112,8	Vodafone	81,0		3	87,03	0,02	61,00	0,04	1,34	0,04	1,34
	2132,6	E-Plus	83,4		3	89,39	0,03	61,00	0,05	2,31	0,05	2,31
	2157,3	O2	89,6		3	95,56	0,06	61,00	0,10	9,54	0,10	9,54
	2167,2	T-Mobile	80,3		3	86,26	0,02	61,00	0,03	1,12	0,03	1,12
		sonstige							0,00	0,00	0,00	0,00
Summen							1,49		3,51	5855,4	3,51	5855,36

* Kanalzahlen sind dem Autor bekannt, jedoch geheimhaltungsbedürftige Informationen der Betreiber

Kalibrierschein <i>Calibration Certificate</i>		Kalibrierscheinnummer <i>Number of Calibration Certificate</i>	5701002308
Auftraggeber <i>Customer</i>	Fachhochschule Aschaffenburg Würzburger Str. 45 63743 Aschaffenburg	<p>Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.</p> <p>Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert verbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Dieser Kalibrierschein wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift Stempel gültig.</p> <p><i>This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurement according to the International System of Units (SI). The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</i></p> <p><i>This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.</i></p> <p><i>This calibration certificate is produced with an electronic system. This calibration certificate without signature and seal is valid.</i></p>	
Auftragsnummer <i>Order No.</i>	5701-01069		
Gegenstand <i>Object</i>	Test Receiver		
Hersteller <i>Manufacturer</i>	Rohde & Schwarz		
Typ <i>Type</i>	ESPI 3		
Fabrikat/Seriennummer <i>Serial number</i>	100017		
Nutzer-ID <i>User-ID</i>	00235/275		
Inventarnummer <i>Stock number</i>	00235/275		
Schlüsselnummer <i>Key number</i>	0020 02549400		
Standort <i>Location</i>			
Prüfauftragsnummer <i>Test Order No.</i>	5701002308		
Datum der Kalibrierung <i>Date of calibration</i>	23.02.07		
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheins 14 <i>Number of pages of the certificate</i>			

Beurteilung: Das Gerät wird ohne Beanstandung freigegeben.
 Ein elektrischer Sicherheitstest wurde durchgeführt.
 Anlieferungszustand: Die gemessenen Werte waren innerhalb der Spezifikation.

Ausstellungsdatum <i>Print Date</i>	Sachbearbeiter <i>Person in charge</i>	Leiter des Kalibrierlaboratoriums <i>Head of the calibration laboratory</i>
23.02.2007	W. Bajlo	Th. Opitz

Trescal GmbH
 Tel +49 (0) 6151 9344-451

Borsigstraße 11, 64291 Darmstadt
 Fax +49 (0) 6151 9344-444

Barcode
Barcode



002002549400

Prüfplan: R&S ESPI 3 (Option B2)
Version: 1/2
Erstellt am: 23.02.07

Kalibrierverfahren

Die Kalibrierung erfolgte durch Vergleich der Anzeige der verwendeten Normale mit der Anzeige des Kalibriergegenstandes.

verwendete Bezugsnormale

Prüfmitteltyp, Prüfmittel	kalibriert bis	Rückgeführt über
Generator, HP 8673D (SN 2938A01003)	04/07	5601970096-DKD-K-04201
Generator, R&S SMT 03 (SN 844933/049)	03/07	5601970065-DKD-K-04201
Generator, Marconi 2042 (SN 119530/065)	06/07	5601970127-DKD-K-04201
Counter, HP 53181A (SN 3736A03924)	09/07	5601970178-DKD-K-04201
Frequency Standard, R&S XSRM (SN 300876/016)	05/07	5601970155-DKD-K-04201
Power Meter, R&S URV 5 (SN 863076/012)	09/07	5601970211-DKD-K-04201
Power Sensor, R&S NRV-Z4 (SN 838421/016)	09/08	10-300095545-DKD-K-19401
Power Sensor, R&S NRV-Z2 (SN 882326/031)	10/07	10-300077026-DKD-K-00201
Power Splitter, HP 11667B (SN 51532)	02/07	2-140393402-1-DKD-K-02201
Generator, Schwarzbeck IGLK 2914 (SN 2914225)	05/08	Schwarzbeck-GS0605302914225
Attenuator, R&S RSH (SN 838987/004)	04/08	5601970116-DKD-K-04201

Umgebungsbedingungen

Umgebungstemperatur	23,0 ±3 °C
relative Luftfeuchte	50 ±25 %

Prüfvorschrift

R&S Test Receiver ESPI Performance Test, 1142.8142.81.

Bedeutung der Kürzel in und neben der letzten Spalte des Protokolls:

- F: Der Meßwert ist außerhalb der Toleranz/Spezifikation.
- G: Der Meßwert befindet sich in Grenzlage.

Meßwerte in Grenzlage befinden sich zwischen der Eingriffsgrenze und der Toleranz-/Spezifikationsgrenze. Wenn auf Seite 3 nichts angegeben ist, entspricht die Eingriffsgrenze der Toleranzgrenze.

RegIS II	Schlüssel	Kalibrierdatum	Kalibrierscheinr.	Auftragsdatum	Seite
23.02.2007	002002549400	23.02.07	5701002308	22.02.07	2