

Universitätsstadt Tübingen
Umweltbeauftragte
Dr. Sybille Hartmann, Telefon: 2390
Gesch. Z.: 003/1.16-02

Vorlage 472a/2007
Datum 13.12.2007

Berichtsvorlage

zur Behandlung im: **Verkehrsplanungs- und Umweltausschuss**

zur Kenntnis in: **Den Ortschaftsräten und Ortsbeiräten**

Betreff: Ergebnisse des Messprogramms 2007

Bezug: Vorlage 472/2007

Anlagen: 1 Bezeichnung: Bericht vom 23.11.07 über durchgeführte Feldstärkemessungen

Zusammenfassung:

Die Messungen an 39 Messpunkten im Stadtgebiet zeigen, dass die Vorgaben des Gemeinderatsbeschlusses mit einer Ausnahme an allen Untersuchungspunkten eingehalten werden. Die Abweichungen von den berechneten Immissionswerten lassen sich in dem meisten Fällen nachvollziehen. Bei den Standorten Waldhäuser Straße und Eisenhutstraße sollte im Gespräch mit den Betreibern eine Reduktion der Immissionsbelastung erreicht werden. Auch beim Standort Sand muss die geplante Aufrüstung eines Betreibers noch im Gespräch geklärt werden.

Ziel:

Information des Gemeinderats und der Öffentlichkeit

Bericht:

1. Anlass / Problemstellung

Mit Vorlage 472/07 hat die Verwaltung über das Messprogramm Mobilfunk berichtet. Die Ergebnisse der Messungen liegen jetzt vor. Sie sollen auf Einhaltung des Gemeinderatsbeschlusses überprüft und mit den vorliegenden Immissionsberechnungen zu den einzelnen Standorten verglichen werden. Mit der Vorlage 129c/2002 hatte der Gemeinderat im September 2002 unter Pkt. 2 den folgenden Beschluss gefasst:

„Im Sinne der Gesundheitsvorsorge werden den Netzbetreibern von der Verwaltung nur solche Standorte angeboten, an denen in der Umgebung der Anlage im Freien eine Leistungsflussdichte von 100 mW / m² (Schweizer Vorsorgewert) und innerhalb der Gebäude eine Leistungsflussdichte von 10 mW / m² sicher unterschritten werden können. Eine weitest mögliche Unterschreitung dieser Vorsorgewerte wird angestrebt.“

2. Sachstand

Die Messungen wurden vom EM-Institut in Regensburg, unter Leitung von Prof. Dr. Matthias Wuschek am 05. und 06. November durchgeführt. Herr Wuschek hat in der Vergangenheit bereits die Immissionsberechnungen für die Standortauswahl im Auftrag der Netzbetreiber sowie Messungen im Auftrag der Stadtwerke und der Stadt Tübingen durchgeführt.

Um die vorliegenden Daten zu beurteilen, werden die Messergebnisse in der Tabelle in Anlage 1 mit den bereits vorliegenden Berechnungen und Messungen verglichen. Um einen Vergleich zwischen Messung und früheren Prognoseberechnungen durchführen zu können, müssen die aktuellen Messergebnisse zunächst um den Betrag der Messunsicherheit (3 dB = Faktor 2 bezüglich der Leistungsflussdichte) verringert werden, denn die Messunsicherheit wurde auf die Messergebnisse aufgeschlagen, was bei den Prognoseberechnungen so nicht passiert. Diese Werte sind in der vorletzten Spalte der Tabelle unter dem Kürzel „ohne MU“ aufgelistet.

Zusätzlich wird in der letzten Spalte das Verhältnis aus gemessener Leistungsflussdichte und prognostiziertem Wert gebildet und in dB umgerechnet:

positiver dB-Wert - Messung ergab mehr als prognostiziert

negativer Wert - Messung lag unter der Prognose.

Unterscheiden sich die beiden Werte um weniger als 3 dB, so kann man von einer guten Übereinstimmung von Messung und Berechnung sprechen, da die Abweichung geringer als die Messunsicherheit ausfällt.

Ist die Abweichung betragsmäßig größer als 3 dB, muss man nach Gründen für diese signifikante Differenz suchen.

Messungen und Prognosen können für folgende Standorte mit einander verglichen werden:

- Sand
- Kelternturm
- Unterjesingen
- Weinbergstraße
- Heizkraftwerk Waldhäuser Staße

Am Standort "Stadtwerke" ist nur ein Vergleich mit alten Messergebnissen möglich.

Der ausführliche Bericht vom 23.11.07 ist als Anlage 2 bei gefügt.

- 2.1 August-Bebel-Straße
Für den Standort auf einem privaten Grundstück im Gewerbegebiet bestehen über die 26. BImSchV hinaus keine Steuerungsmöglichkeiten. Im Bereich der zu erwartenden maximalen Immissionen werden die Vorgaben des Gemeinderatsbeschlusses eingehalten.
- 2.2 Nürtinger Straße
Für den Standort auf einem privaten Gewerbegrundstück bestehen über die 26. BImSchV hinaus keine Steuerungsmöglichkeiten. Im Umfeld der Anlage werden die Vorgaben des Gemeinderatsbeschlusses eingehalten.
- 2.3 Sand
Hier wurde an allen Punkten signifikant mehr gemessen als damals für einen Betreiber prognostiziert. In der Prognose lag die Höchstbelastung in der Hauptstrahlrichtung des Mastes bei ca. 1,7 mW / m² bei einer Nutzung allein durch einen Netzbetreiber, und bei ca. 6,8 mW / m² bei allen 4 Netzbetreibern. Der Messwert ohne Messunsicherheit von 6,09 mW/m² stimmt mit diesem Prognosewert gut überein. Da jetzt ein Netzbetreiber aufrüsten will und der Standort noch vor dem Gemeinderatsbeschluss in Betrieb gegangen ist, soll jetzt im Gespräch zwischen Netzbetreibern, Stadtwerken als Vermietern und Stadt die Grenzen der Aufrüstung geklärt werden. Den Anwohnern wurde zugesagt, sie in diese Entscheidungsfindung einzubeziehen.
- 2.4 Österbergturm
Trotz der großen Anzahl von Anlagen auf dem Österbergturm werden die Vorgaben des Gemeinderatsbeschlusses sicher eingehalten.
- 2.5 Kelternturm/Hinter Grabenstraße
Hier liegen die Messwerte an allen vier Punkte immer zwischen den Prognoseextremwerten. Somit ergibt sich für diesen Standort eine gute Übereinstimmung zwischen Messung und Prognose. Die Vorgaben des Gemeinderatsbeschlusses werden eingehalten.
- 2.6 Wiesweg Unterjesingen
An drei Punkten liegt die Messung signifikant über der Prognose, die allerdings nur für einen Netzbetreiber berechnet wurde. Im Gutachten wurde bereits eine Abschätzung vorgenommen, dass bei einer Nutzung durch alle 4 Netzbetreiber maximal eine Verdopplung der Immissionen zu erwarten sei. Auf dieser Grundlage hat der Ortschaftsrat in Unterjesingen im September 2005 der Nutzung durch einen weiteren Betreiber zugestimmt. Die Gemeinde Ammerbuch wurde darüber informiert. Die Vorgaben des Gemeinderatsbeschlusses werden sicher eingehalten. Die Messergebnisse werden auch an die Gemeinde Ammerbuch weitergegeben.
- 2.7 Bahnhofstraße 44 in Kilchberg
Für den Standort auf einem privaten Gewerbegrundstück bestehen über die 26. BImSchV hinaus keine Steuerungsmöglichkeiten. Im Umfeld der Anlage werden die Vorgaben des Gemeinderatsbeschlusses eingehalten.
- 2.8 Weinbergstraße
Hier wurde an allen Punkten durchweg weniger gemessen, als prognostiziert. Die Prognoseberechnungen waren somit hinreichend konservativ. Die Vorgaben des Gemeinderatsbeschlusses werden eingehalten.
- 2.9 Eisenhutstraße
Die Messwerte liegen am Messpunkt Marienburger Straße bei Berücksichtigung der Messun-

sicherheit sehr nahe am Höchstwert des Gemeinderatsbeschlusses. Ursache hierfür ist die Aufrüstung der Anlagen mit UMTS. 2001 wurde nur GSM gemessen. Im Gutachten vom 18.07.01 war bereits abgeschätzt worden, wie sich die Immissionen bei der zusätzlichen Installation von UMTS erhöhen würden. Dabei wurde berechnet, dass ohne eine Leistungsreduktion bei den GSM-Anlagen die Schweizer Vorsorgewerte erreicht werden könnten. Mit den SWT wurde damals vereinbart, im Mietvertrag eine GSM-Reduktion festzuschreiben, falls die Vorsorgewerte erreicht werden. Auf der Grundlage der vorliegenden Messergebnisse sollte daher jetzt über eine Leistungsreduktion verhandelt werden.

2.10 Waldhäuser Straße

An diesem Standort werden bei jetzt 3 Betreibern die Vorgaben des Gemeinderatsbeschlusses nicht eingehalten. Mit Berücksichtigung der Messunsicherheiten werden im Gebäude 24,78 mW/m² gemessen, laut Gemeinderatsbeschluss sollen 10mW/m² nicht überschritten werden. Auch an der Sportanlage der GSS liegen die Werte nahe am Höchstwert. Auch hier sollte über Reduktionsmöglichkeiten mit den Netzbetreibern verhandelt werden.

3. Vorgehen der Verwaltung

Aus Sicht der Verwaltung zeigen die Messergebnisse, dass sich das Verfahren auf der Grundlage des Gemeinderatsbeschlusses im Grundsatz bewährt hat. Die in Tübingen gemessenen Werte liegen im Durchschnitt deutlich niedriger als bei vergleichbaren Messkampagnen. So zitiert der Gutachter eine Studie des Bayerischen Landesamts für Umwelt, in der im Rahmen ähnlicher Messkampagnen wie jetzt in Tübingen insgesamt 1200 Messpunkte ausgewertet wurden. Diese Auswertung ergab, dass bei der Betrachtung von 850 Messpunkten, von denen aus Sicht zu einer Mobilfunkanlage bestand, sich ein mittlerer Immissionswert von 4,54 % vom Grenzwert ergab. Die Auswertung der 39 Tübinger Messpunkte mit Sicht zu einer Mobilfunkanlage ergibt einen mittleren Immissionswert von nur 3,7 % des Grenzwertes. Dabei liegen aktuell 29 Punkte unter diesem Durchschnittswert, 10 Messpunkte darüber.

An den zwei Standorten Waldhäuser Straße und Eisenhutstraße wird die Verwaltung gemeinsam mit den Stadtwerken als Vermietern mit den Netzbetreibern Gespräche zur Reduktion der Immissionen führen. Ebenso sind Gespräche zur Steuerung des Ausbaus am Standort Sand erforderlich.

4. Anlagen

1. Vergleich der Messergebnisse mit den Prognosedaten
2. Gutachten vom 23.11.07

Messprogramm Mobilfunkanlagen in Tübingen am 05. und 06. November 2007					Anlage 1 zur Vorlage	
Standort MFA	Nr. und Ort der Messpunkte	Vorliegende Daten		Messungen 2007	472a/2007	
		Berechnung/Messung	Leistungsflussdichte mW/m ²	Leistungsflussdichte mW/m ²	Ohne MU	Verhältnis [dB]
August-Bebel-Strasse 18 / 4 Betreiber	1.1. Haus Bismarckstraße 120	Nein	Nein	3,55		
Nürtinger Strasse 83 / 1 Betreiber	2.1. Nürtinger Str./ Kusterdinger Weg	Nein	Nein	0,68		
	2.2. Dorfstraße 82			2,94		
	2.3. Weilerhaldenstr. 6			4,36		
	2.4. Wolfsbaumweg 5			0,33		
Sand/ 4 Betreiber	3.1. Amselweg 2	Berechnung vom 16.02.01 für 1 Betreiber/ Vorlage 96/01	1,16	12,17	6,09	7,20
	3.2. Drosselweg 30		0,77	6,29	3,15	6,11
	3.3. Strassenkreuzung Sandweg/ Amselweg		0,32	2,66	1,33	6,19
Österbergturm / 4 Betreiber	4.1. Kindergarten Stauffenbergstr. 32	Nein	Nein	7,86		
	4.2. Treppe Stauffenbergstr. 45			1,07		
	4.3. Stauffenbergstr. 72			1,61		
	4.4. Kleiststraße 11			13,75		
Hintere Grabenstraße 30 / 4 Betreiber	Hint.Grabenstr. 20 (DG) (ehem. Am Stadtgraben 29/31)	Berechnung von 19.05.03/ max Downtilt/ Vorlage 193/04	0,68 / 43,08	15,53	7,77	
	5.2. Kelternstr. 2 (Dachterrasse)		12,49 / 0,53	13,92	6,96	
	5.3. Rümelinstr. 2 (2. OG)		13,19 / 0,29	12,69	6,35	
	5.4. Herrenberger Str. 7 (DG)		6,54 / 52,53	46,59	23,30	
Wiesweg Unterjesingen / 2	6.1. der berechnete Punkt 1 Markungsgrenze Mitte	Berechnung vom 28.07.00 für 1 Betreiber	2,25	5,83	2,92	1,12

Betreiber	6.2. der berechnete Punkt 2 Ecke Wiesweg/ Eichendorffweg	/ Vorlage 198/02	0,75	4,79	2,40	5,04
	6.3. der berechnete Punkt 3 Acker westlich		0,40	2,54	1,27	5,02
	6.4. der berechnete Punkt 4 direkt am Gittermast		2,01	1,27	0,64	-5,00
	6.5. der berechnete Punkt 5 Markungsgrenze nördlich		0,77	2,58	1,29	2,24
	6.6. der berechnete Punkt 6 Acker nördlich		0,34	3,23	1,62	6,77
	6.7. der berechnete Punkt 7 Markungsgrenze südlich		0,86	1,05	0,53	-2,14
	6.8. der berechnete Punkt 8 bei Gebäude Eichendorffweg 11		0,42	1,57	0,79	2,72
	6.9. Fest-/ Sportplatz Unterjesingen	Nein	---	5,77		
Bahnhofstrasse 44 Kilchberg / 2 Betreiber	7.1. Lescherstr. 25	Nein	---	18,79		
Weinbergstraße, Laternenmasten / 2 Betreiber	8.1. Wohlboldstraße 20	Berechnung vom 10.01.03 für 1 Betreiber / OBR-Vorlage	18,49	17,64	8,82	-3,21
	8.2. Waldstraße 17		13,67	1,80	0,90	-11,82
	8.3. Magazingebäude		---	2,42		
	8.4. Paul-Dietz-Straße 21		3,95	5,63	2,82	-1,47
	8.5. Raichbergstraße 40		0,92	0,27	0,14	-8,33
Eisenhutstraße 6 / 4 Betreiber	9.1. Janus Korczak Weg 14 (ehem. Königsberger Str. 86)	Messung vom 18.07.01 bei 4 Betreibern ohne UMTS	0,69	18,57		14,30
	9.2. Königsberger Str. 90		2,76	7,74		4,48
	9.3. Marienburger Str. 9 (Dachterrasse)		38,50	87,17		3,55
Waldhäuser Strasse 100 / 3 Betreiber	10.1. Kinderhaus Horemer	Messung vom 18.07.01 bei 2 Betreibern / Berechnung vom 16.09.02 für 3 UMTS-Anlagen	---	31,70		
	10.2. Ecke Horemer/ Nordring		---	84,96		
	10.3. Sportanlage, Geschwister-Scholl-Schule		---	88,91		
	10.4. Waldhäuser Str. 96 (2. OG)		3,09 / 4,25	24,78		
	10.5. Weissdornweg 14 (10. OG)		---	13,90		

Zusatz-Information: Messergebnisse aus vereinbarten Betreibermessungen 2007

Standort MFA	Nr. und Ort der Messpunkte	Vorliegende Daten		Messergebnisse 2007
		Berechnung/Messung	Leistungsflussdichte mW/m ²	Leistungsflussdichte mW/m ²
Rathaus Weilheim / 1 Betreiber	Wohngebäude Wilonstraße 14	Berechnung vom 12.05.03 /Messung 08.02.07	10,93	kleiner 0,05
	Wohngebäude Wilonstraße 39		2,18	0,10
	Schule Wilonstraße 41		4,21	kleiner 0,05
	Wohngebäude Wilonstraße 44		11,92	0,10
	Wohngebäude Wilonstraße 45		4,91	kleiner 0,05
	Wohngebäude Wiesfleckweg 2		7,85	kleiner 0,05
Wilhelmstraße 62 /2 Betreiber	Wohngebäude Wächterstraße 37, 1 OG, aussen	nein	nein	1,93
	Wohngebäude Wächterstraße 37, 1 OG, innen			1,73
	Wohngebäude Wächterstraße 37, Dachboden			0,36
	vor Kindergarten Wächterstraße			0,32
	Hackersteige; Parkplatz vor Tengelmann			3,24

Elektromagnetische Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen

Bericht über durchgeführte Feldstärkemessungen



Auftraggeber: Stadt Tübingen
Am Markt 1
72070 Tübingen

Ort: Stadtgebiet von Tübingen

Durchführung: EM-Institut GmbH
Carlstr. 5
93049 Regensburg

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

Projektnummer: 07/057

Ort und Datum: Regensburg, 23. November 2007

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Aufgabenstellung	3
2	Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen	5
3	Durchführung der Messungen	8
3.1	Messgrößen für hochfrequente Felder	8
3.2	Verwendete Messgeräte, Messverfahren	8
3.3	Messgenauigkeit, Bestimmung der Maximalimmission	9
3.4	Qualitätssicherung	10
3.5	Messorte	10
4	Festgestellte Immissionswerte	12
4.1	Vergleich mit den gesetzlichen Grenzwerten nach 26. BImSchV	12
4.2	Vergleich mit den Schweizer "Anlagegrenzwerten"	16
5	Schlussfolgerungen	20
6	Literaturverzeichnis	21
7	Anlagen	23
	Anlage 1: Ausführliche Ergebnistabellen	23
	Anlage 2: Grenzwerte und ihre Entstehung	36
	Anlage 3: Lagepläne mit Anlagenstandorten und Messpunkten	39

1 Aufgabenstellung

Die EM-Institut GmbH, Regensburg wurde von der Stadt Tübingen beauftragt, an einigen Punkten im Stadtgebiet die dort vorhandenen elektromagnetischen Immissionen, verursacht durch Mobilfunksignale messtechnisch zu erfassen. Die Ergebnisse der Messungen sind zu dokumentieren und mit den derzeit in Deutschland verbindlichen Grenzwerten zu vergleichen.

Zum Zeitpunkt der Messungen waren in der unmittelbaren Umgebung der Messpunkte folgende Mobilfunkstandorte in Betrieb:

Nr.	Adresse	Betreiber
1	August-Bebel-Str. 18 (Silo)	T-Mobile, Vodafone, O ₂ , E-Plus
2	Nürtinger Str. 83 (Fabrikgebäude)	T-Mobile
3	Sand (Gittermast)	T-Mobile, Vodafone, O ₂ , E-Plus
4	Österbergturm	T-Mobile, Vodafone, O ₂
5	Hintere Grabenstr. 30 (Kelternturm)	T-Mobile, Vodafone, O ₂ , E-Plus
6	OT Unterjesingen: Wiesweg (Gittermast)	Vodafone, O ₂
7	OT Kilchberg: Bahnhofstr. 44 (Fabrikgebäude)	O ₂ , E-Plus
8	Weinbergstraße (Laternenmasten auf Eisenbahnbrücke)	T-Mobile, Vodafone
9	Eisenhutstr. 6 (Verwaltung Stadtwerke)	T-Mobile, Vodafone, O ₂ , E-Plus
10	Waldhäuser Str. 100 (Heizkraftwerk)	T-Mobile, Vodafone, O ₂

Quelle: Auskünfte durch den Auftraggeber und die Netzbetreiber.

Tab. 1: In der Umgebung der Messpunkte vorhandene Mobilfunksendeanlagen.

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

Die Intensität elektromagnetischer Wellenfelder wird durch die **Feldstärke** oder die **Leistungsflussdichte** beschrieben. Welche Feldstärke- bzw. Leistungsflussdichtewerte an bestimmten Orten auftreten, lässt sich im allgemeinen nur näherungsweise berechnen, da neben der Leistung der Sendeanlage verschiedene andere Einflussfaktoren zusätzlich eine Rolle

spielen können. Als Beispiel seien hier Antennencharakteristik, Bewuchs (vor allem Bäume), Bebauung und Gebäudeschirmung genannt.

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

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

- **Wie groß, im Vergleich zum gesetzlichen Grenzwert, sind die Immissionen, die derzeit durch Mobilfunksignale an den Messpunkten erzeugt werden?**
- **Werden an den betrachteten Punkten auch die sehr strengen Schweizer Grenzwerte ("Anlagegrenzwerte für Orte mit empfindlicher Nutzung") eingehalten?**

Die Ergebnisse der Messungen und die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen sind im folgenden dargestellt.

2 Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen

Neben der Sendeleistung ist insbesondere das Bündelungsverhalten der montierten Antennen ein wesentlicher Faktor für die Stärke der Felder in der unmittelbaren Umgebung einer Mobilfunksendeanlage.

Die beim Mobilfunk verwendeten Antennen senden in der horizontalen Ebene entweder omnidirektional (Abb. 1), d.h. in alle Richtungen parallel zum Erdboden wird gleich viel Energie abgegeben oder die elektromagnetische Welle wird mittels Richtantennen horizontal auf einen typisch 60° bis 120° breiten Sektor konzentriert (Abb. 3). Häufig werden von einem Anlagenstandort aus, durch die Montage mehrerer derartiger Richtantennen, gleich zwei oder drei Sektoren versorgt (Abb. 2).



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

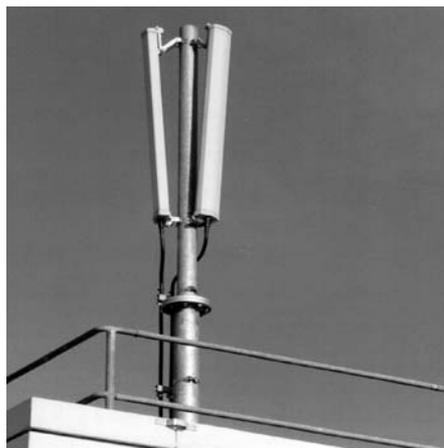


Abb. 2: Zwei Sektorantennen, montiert auf einem Flachdach (hier mit mechanischer Strahlabsenkung, engl. "Downtilt").

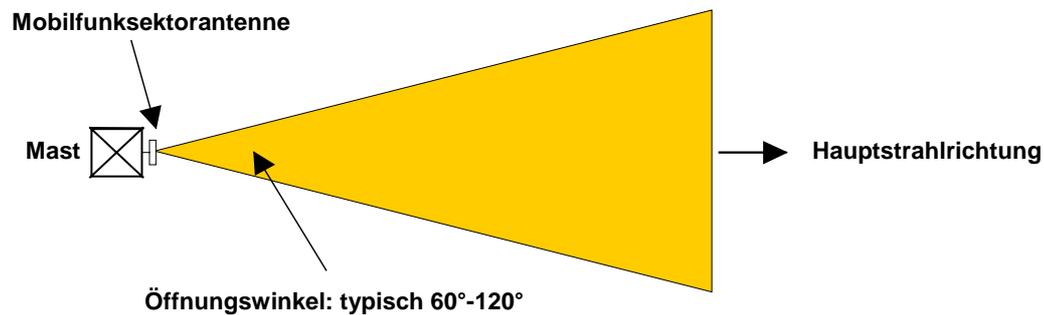


Abb. 3: Horizontales Abstrahlverhalten einer Mobilfunksektorantenne.

An den meisten Standorten werden Sektorantennen verwendet.

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

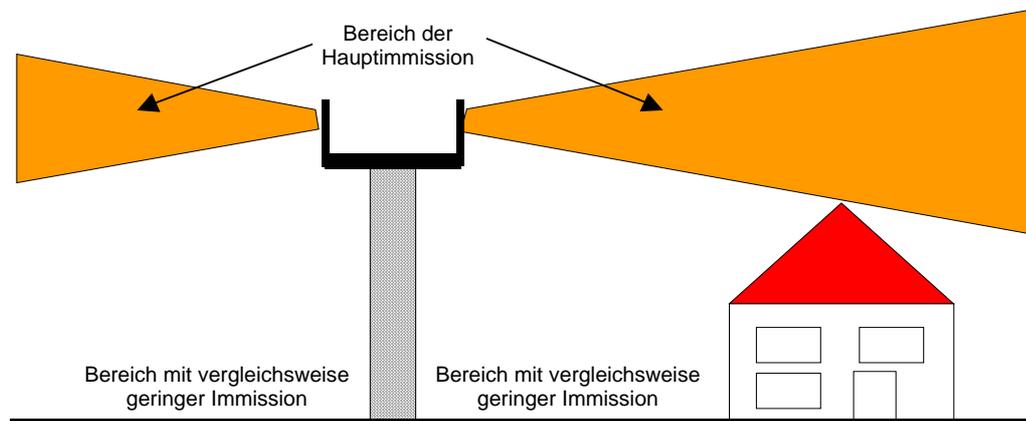


Abb. 4: Vertikales Bündelungsverhalten von Mobilfunkantennen (prinzipielle Darstellung mit übertriebenem großem vertikalem Öffnungswinkel).

Außerhalb dieses schmalen Feldkegels der Antenne (vergleichbar mit der Lichtaussendung im Kegel eines Scheinwerfers) ist die Energieabgabe deutlich geringer (typischerweise nur 1/10 bis 1/1000 der Werte der Leistungsflussdichte in der Hauptstrahlrichtung). Der bodennahe Raum in unmittelbarer Nähe einer erhöht angebrachten Mobilfunkantenne und auch die Räume eines Gebäudes, auf dem die Antennen errichtet sind, werden somit häufig wesentlich geringer exponiert sein, als es durch eine reine Entfernungsbetrachtung zu erwarten gewesen wäre.

Man befindet sich also, ähnlich wie beim Nahbereich eines Leuchtturmes, in einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Schattenzone. Noch stärker wirksam ist diese Schattenzone, wenn die Antennen an einem besonders erhöhten Punkt, wie beispielsweise auf einem hohen Turm oder Schornstein montiert sind.

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

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

An dieser Stelle muss zudem darauf hingewiesen werden, dass bei elektromagnetischen Wellen die Intensität mit zunehmendem Abstand zur Sendeanlage sehr stark abnimmt: Wenn sich die elektromagnetische Welle ungestört ausbreitet, nimmt die Leistungsflussdichte in der Hauptstrahlrichtung mit wachsender Entfernung quadratisch ab. Dies bedeutet, dass sie bei Verdoppelung der Distanz bereits auf ein Viertel, bei Verzehnfachung des Abstandes sogar auf ein Hundertstel des Ausgangswertes abgefallen ist. Unter realen Ausbreitungsverhältnissen (Einfluss von Topographie, Bewuchs, Bebauung) ist die Abnahme der Felder sogar noch stärker ausgeprägt [6]. Das gilt unabhängig vom Typ der verwendeten Antenne.

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

Falls tiefer gehende Informationen zum Themenkomplex "Immissionen durch Mobilfunk" gewünscht werden: Unter www.bayern.de/lfu/laerm/emv/emv2.htm findet sich ein ausführlicher Untersuchungsbericht über Möglichkeiten und Grenzen der Minimierung von Mobilfunkimmissionen.

3 Durchführung der Messungen

3.1 Messgrößen für hochfrequente Felder

Für die Beurteilung der Feldintensität in der Umgebung von Hochfrequenzquellen werden üblicherweise die folgenden Größen verwendet [7]:

- Der Effektivwert der elektrischen Feldstärke E in Volt pro Meter.
- Der Effektivwert der magnetischen Feldstärke H in Ampere pro Meter.
- Die Leistungsflussdichte S in Watt pro Quadratmeter oder Mikrowatt pro Quadratmeter (1 Mikrowatt = 1 Millionstel Watt).

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

Im Fernfeld einer Antenne stehen Leistungsflussdichte, elektrische und magnetische Feldstärke in einem festen Verhältnis zueinander. Alle drei Größen sind im Fernfeld also äquivalent, ähnlich wie Stromaufnahme und Leistungsverbrauch bei Elektrogeräten. Bei allen hier durchgeführten Messungen kann von Fernfeldbedingungen ausgegangen werden, da man sich ausreichend weit von der Antenne entfernt befindet. Für die Beurteilung der Feldintensität in den bei dieser Untersuchung auftretenden Abständen zu den Antennen genügt also die Angabe einer dieser drei Größen. In der Auswertung der durchgeführten Messungen wird deshalb die **elektrische Feldstärke** als Größe für die Immissionswerte verwendet.

3.2 Verwendete Messgeräte, Messverfahren

Im Rahmen der Immissionsmessungen wurde folgende Messausrüstung eingesetzt:

1. Feldanalysatorsystem Narda SRM-3000 (Ser. Nr. A-0042)
2. Isotropantenne 3AX 75M-3G (Ser. Nr. 0043)

Mittels des Feldanalysators und einer geeigneten Messantenne wurden Frequenz und Empfangspegel der einzelnen am Messort zu untersuchenden Funksignale festgestellt. Unter Zuhilfenahme der Kalibrierdaten der verwendeten Messantenne und unter Berücksichtigung der Dämpfung der Leitung zwischen Messantenne und Feldanalysator kann damit die am Messort herrschende Feldstärke bestimmt werden. Durch geeignetes manuelles Ausrichten der Antenne wurde jeweils die stärkste am Messpunkt vorhandene Immission gesucht und aufgezeichnet ("Schwenkmethode") [8].

GSM-Signale werden mit einer Auflösebandbreite von 0,2 MHz, UMTS-Signale hingegen mit einer Bandbreite von 5 MHz erfasst. Als Detektor kommt der Peak-Detektor (bei GSM) bzw. der RMS-Detektor (bei UMTS) zum Einsatz.

Bei Vorhandensein mehrerer etwa gleich großer Immissionen wurde entsprechend der Vorgaben der Normen eine Summation durchgeführt, um die wirksame **Summenimmission** zu er-

halten. Einzelimmissionen, die aufgrund geringer Stärke nur einen vernachlässigbar kleinen Beitrag zur Gesamtimmission liefern, wurden vernachlässigt.

3.3 Messgenauigkeit, Bestimmung der Maximalimmission

Bei derartigen Immissionsmessungen muss mit einer Messunsicherheit von typisch ± 3 dB gerechnet werden [9]. Gründe dafür sind z.B. unvermeidbare Restfehler bei der Kalibrierung der Messantennen und -kabel, die entsprechende Messtoleranz des Feldanalysators und die Unsicherheit der Probennahme. Zur Kompensation wurden alle Messwerte um diesen Unsicherheitsfaktor erhöht, d.h. die in diesem Bericht angegebenen Feldstärkewerte sind, gegenüber der vor Ort abgelesenen Anzeige des Messgerätes, zur Sicherheit **um den Faktor 1,4 vergrößert** worden.

Die Intensität der Felder von Mobilfunksendeanlagen ist zusätzlich abhängig von der momentanen Gesprächsauslastung. Nach 26. BImSchV ist die bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung entstehende Immission zu bestimmen. Aus diesem Grund wurden zusätzlich die gefundenen Messergebnisse des GSM-Mobilfunks (Immission, verursacht durch den Signalisierungskanal je Sektor, häufig als "BCCH-Träger" oder "Broadcast-Channel" bezeichnet) unter Zuhilfenahme der von den Betreibern zur Verfügung gestellten technischen Anlagendaten (von der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen genehmigte Kanalzahl je Antenne) auf die Immissionswerte bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung hochgerechnet, damit eine echte "worst-case"-Betrachtung sichergestellt ist.

Auch bei UMTS-Stationen schwankt die von der Anlage abgegebene Sendeleistung und damit die Immission in der Umgebung mit der momentanen Auslastung der Station. Jedoch existiert hier ebenfalls ein Signalisierungssignal (der "Common Pilot Channel", kurz "CPICH"), das ähnlich wie der BCCH-Träger mit definierter, konstanter Leistung abgegeben wird. Falls UMTS-Signale nennenswert vorhanden sind, wird mit der im Feldanalysator implementierten "CPICH Demodulation" an jedem Messpunkt die vorhandene Feldstärke, welche die CPICH-Signale dort erzeugen, gemessen. Aus den von den Betreibern zur Verfügung gestellten technischen Daten der UMTS-Anlagen (Leistung des CPICH im Verhältnis zur Maximalleistung der Station), sowie aus der von der BNetzA genehmigten Kanalzahl errechnet sich ein Korrekturfaktor, um den der Messwert jeweils vergrößert wird, damit in diesem Bericht die maximal mögliche Immission, die durch die gemessenen UMTS-Anlagen bei regulärem Betrieb am Messpunkt erzeugt werden kann, angegeben ist [10].

Durch diese Korrekturen ist gewährleistet, dass in diesem Bericht möglichst die, am jeweils betrachteten Punkt erzeugbare **Maximalimmission** dargestellt ist. Die Messergebnisse beim GSM- und beim UMTS-Mobilfunk sind damit nicht mehr vom momentanen Gesprächs- bzw. Datenaufkommen abhängig.

3.4 Qualitätssicherung

Für alle verwendeten Messantennen liegen die entsprechenden Wandlungsfaktoren als Kalibrierdaten in Tabellenform vor. Die frequenzabhängigen Dämpfungswerte der bei den Messungen eingesetzten Kabel sind ebenfalls dokumentiert.

Die Messmittel (insbesondere der Feldanalysator) unterliegen einem regelmäßigen Kalibrierzyklus, sie wurden zusätzlich sowohl vor als auch nach der Messaktion auf ihre ordnungsgemäße Funktion überprüft.

3.5 Messorte

Die Messungen wurden an 39 Punkten im Stadtgebiet durchgeführt. Drei Messpunkte befanden sich innerhalb von Gebäuden, der Rest im Freien. Folgende Messpunkte wurden in Absprache mit dem Auftraggeber gewählt:

Messpunkt Nr.	Bezeichnung	Horizontaldistanz zum Standort	Sicht zu den Antennen?*
1.1	Bismarckstr. 120 (Straße gegenüber)	Ca. 290 m	Ja (1)
2.1	Ecke Nürtinger Str. - Kusterdinger Weg	Ca. 90 m	Ja (2)
2.2	Dorfstr. 82 (Straße)	Ca. 300 m	Ja (2)
2.3	Weilerhaldenstr. 6 (Straße)	Ca. 270 m	Ja (2)
2.4	Wolfsbaumweg 5 (Straße)	Ca. 170 m	Ja (2)
3.1	Amselweg 2 (Straße)	Ca. 150 m	Ja (3)
3.2	Drosselweg 30 (Garten)	Ca. 80 m	Ja (3)
3.3	Ecke Sandweg - Amselweg	Ca. 505 m	Ja (3)
4.1	Kindergarten Stauffenbergstr. 32 (Eingang)	Ca. 250 m	Ja (4)
4.2	Treppe nördlich Stauffenbergstr. 45	Ca. 80 m	Ja (4)
4.3	Stauffenbergstr. 72 (Straße)	Ca. 230 m	Ja (4)
4.4	Kleiststr. 11 (Straße)	Ca. 155 m	Ja (4)
5.1	Hintere Grabenstr. 20 (Dachterrasse, DG)	Ca. 125 m	Ja (5)
5.2	Kelternstr. 2 (Balkon, DG)	Ca. 40 m	Ja (5)
5.3	Rümelinstr. 2 (Büro, 2. OG)	Ca. 40 m	Ja (5)

Messpunkt Nr.	Bezeichnung	Horizontale Entfernung zum Standort	Sicht zu den Antennen?*
5.4	Herrenberger Str. 7 (Küche, DG)	Ca. 120 m	Ja (5)
6.1	Unterjesingen (Gemarkungsgrenze): Punkt 1	Ca. 25 m	Ja (6)
6.2	Ammerbuch: Ecke Eichendorffweg - Wiesweg	Ca. 70 m	Ja (6)
6.3	Ammerbuch: Punkt 3	Ca. 100 m	Ja (6)
6.4	Unterjesingen: Direkt am Mast	Ca. 2 m	Ja (6)
6.5	Unterjesingen: Wiesweg (Gemarkungsgrenze)	Ca. 40 m	Ja (6)
6.6	Ammerbuch: Punkt 6	Ca. 70 m	Ja (6)
6.7	Unterjesingen (Gemarkungsgrenze): Punkt 7	Ca. 30 m	Ja (6)
6.8	Ammerbuch: Eichendorffweg 11 (Straße)	Ca. 70 m	Ja (6)
6.9	Unterjesingen, Wiesweg (Festplatz)	Ca. 165 m	Ja (6)
7.1	Kilchberg: Lescherstr. 25 (Straße)	Ca. 550 m	Ja (7)
8.1	Wohlboldstr. 20 (Garten)	Ca. 70 m	Ja (8)
8.2	Waldstr. 17 (Straße)	Ca. 115 m	Ja (8)
8.3	Magazinplatz: Vor dem Magazingebäude	Ca. 230 m	Ja (8)
8.4	Paul-Dietz-Str. 21 (Straße)	Ca. 210 m	Ja (8)
8.5	Raichbergstr. 40 (Garten)	Ca. 315 m	Teilweise (8)
9.1	Janusz-Korczak-Weg 12 (vor dem Gebäude)	Ca. 75 m	Ja (9)
9.2	Königsberger Str. 90 (vor Autowerkstatt)	Ca. 85 m	Ja (9)
9.3	Marienburger Str. 9 (Dachterrasse, DG)	Ca. 195 m	Ja (9)
10.1	Waldhäuser Str. (Vor Kinderhaus Horemer)	Ca. 210 m	Ja (10)
10.2	Ecke Horemer - Nordring	Ca. 180 m	Ja (10)
10.3	BZWO-Sportanlage	Ca. 165 m	Ja (10)
10.4	Waldhäuser Str. 96 (2. OG, Esszimmer)	Ca. 20 m	Ja (10)
10.5	Weißdornweg 14 (Balkon, 10. OG)	Ca. 390 m	Ja (10)

*: Siehe Nummerierung in Tabelle 1

Tab. 2: Messpunkte.

Durchgeführt wurden die Messungen am 05. und 06. November 2007 zwischen 08:00 und 17:20 Uhr bzw. 09:45 und 11:05 Uhr (Verantwortlicher vor Ort: Dr.-Ing. M. Wuschek). Ein Vertreter des Auftraggebers war bei den Messungen anwesend.

Der genaue Zeitpunkt der Messungen wurde den Anlagenbetreibern im Vorfeld nicht mitgeteilt.

Umgebungspläne mit eingezeichneten Anlagenstandorten und den Messpunkten finden sich in der Anlage 3 zu diesem Bericht. Eine Fotodokumentation ist als gesonderte Unterlage beigefügt.

4 Festgestellte Immissionswerte

4.1 Vergleich mit den gesetzlichen Grenzwerten nach 26. BImSchV

In folgender Tabelle sind die an den Messpunkten ermittelten Summenimmissionswerte des Mobilfunks dargestellt. Dabei wird in Spalte 2 angegeben, welche Immissionen auftreten, wenn die Anlagen gerade gar keinen Telefon- bzw. Datenverkehr abwickeln (z.B. nachts).

Dieser Wert stellt die **Minimalimmission** dar und wird durch die permanent abgegebenen Signalisierungssignale der Stationen erzeugt.

Zusätzlich aufgeführt ist auch der **Maximalimmissionswert** für Vollausbau und Vollaustattung der Stationen (Spalte 3). Dieser tritt auf, wenn die Anlagen gemäß der BNetzA-Standortbescheinigung voll ausgebaut sind und gerade den maximal möglichen Telefon- bzw. Datenverkehr mit größtmöglicher Sendeleistung abwickeln.

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

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

Zur besseren Verständlichkeit werden in Tabelle 3 jedoch nicht absolute Feldstärkewerte angegeben, sondern es ist aufgeführt, wie viel Prozent bezüglich der Grenzwerte nach 26. BImSchV an den einzelnen Messpunkten jeweils erreicht werden.

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

Messpunkt Nr.	Grenzwertausschöpfung Mobilfunk (<u>Minimal</u> immission)	Grenzwertausschöpfung Mobilfunk (<u>Maximal</u> immission)
1.1	1,12 %	1,99 %
2.1	0,26 %	0,83 %
2.2	0,55 %	1,73 %
2.3	0,66 %	2,10 %
2.4	0,18 %	0,58 %
3.1	2,36 %	4,55 %
3.2	1,58 %	3,06 %
3.3	1,01 %	1,85 %
4.1	1,81 %	4,03 %
4.2	0,70 %	1,41 %
4.3	0,87 %	1,84 %
4.4	2,33 %	5,27 %
5.1	2,45 %	4,07 %
5.2	1,97 %	3,83 %
5.3	1,56 %	3,62 %
5.4	3,78 %	7,01 %
6.1	1,49 %	2,95 %
6.2	1,44 %	2,87 %
6.3	1,03 %	2,01 %
6.4	0,78 %	1,50 %
6.5	1,07 %	2,12 %
6.6	1,10 %	2,26 %
6.7	0,67 %	1,25 %
6.8	0,72 %	1,44 %

6.9	1,66 %	3,20 %
7.1	2,33 %	4,44 %
8.1	1,34 %	4,23 %
8.2	0,43 %	1,35 %
8.3	0,49 %	1,57 %
8.4	0,75 %	2,39 %
8.5	0,17 %	0,52 %
9.1	2,20 %	4,94 %
9.2	1,43 %	3,17 %
9.3	5,23 %	10,40 %
10.1	3,51 %	7,45 %
10.2	6,00 %	12,53 %
10.3	6,28 %	13,00 %
10.4	2,41 %	5,72 %
10.5	2,46 %	5,10 %

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

Nach 26. BImSchV gilt für den Mobilfunk ein Grenzwert von zirka 42 Volt/m (GSM 900), zirka 59 Volt/m (GSM 1800) bzw. 61 Volt/m (UMTS). Die folgenden beiden Abbildungen stellen die Ergebnisse der Messungen grafisch dar:

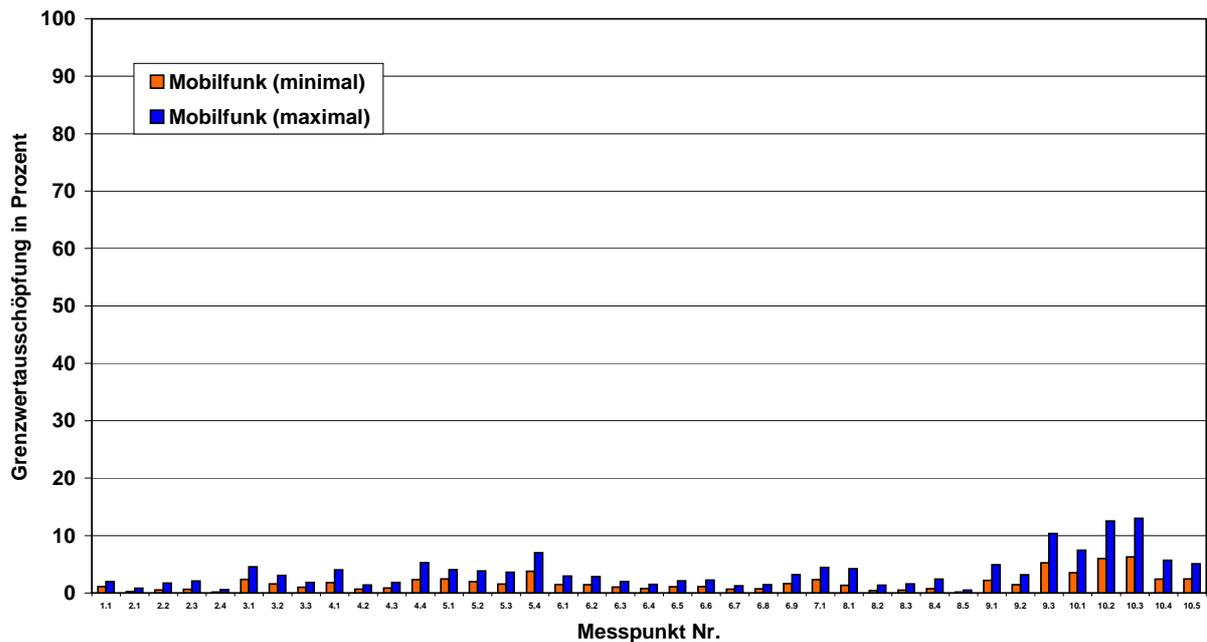


Abb. 5: Grafische Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3 (Grenzwertausschöpfung bezogen auf die Feldstärkegrenzwerte nach 26. BImSchV).

Die Vorgaben der 26. BImSchV sind eingehalten, so lange die Grenzwertausschöpfung am Messpunkt den Wert von 100 % unterschreitet, was an allen Messpunkten offensichtlich der Fall ist.

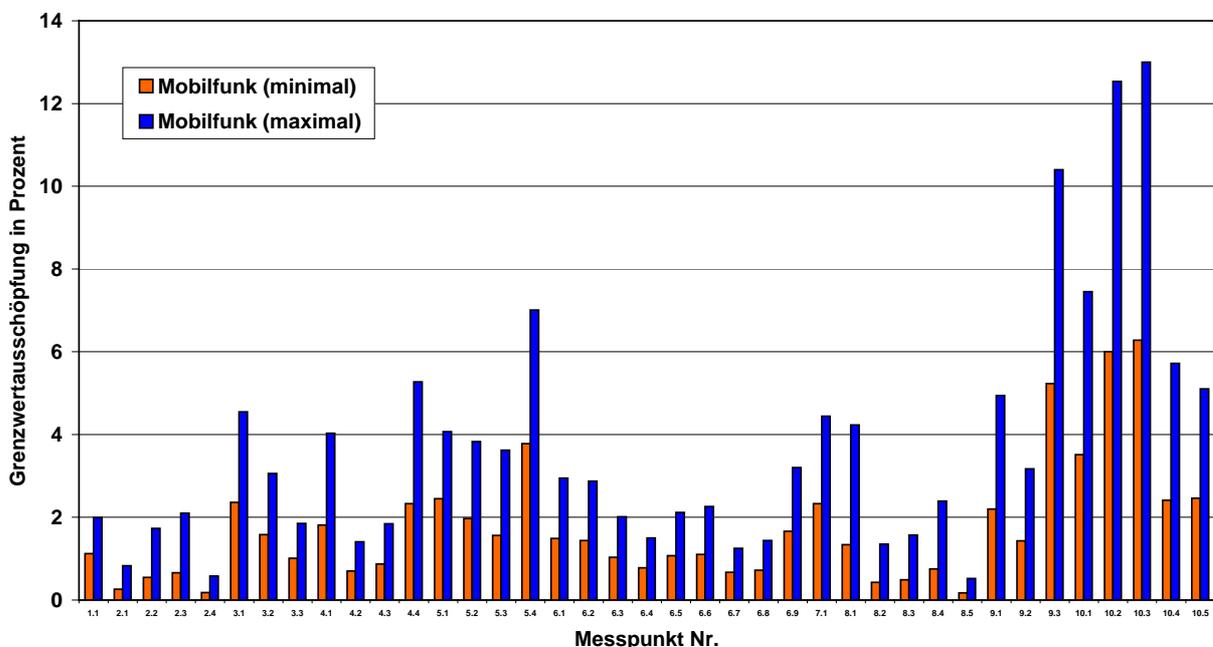


Abb. 6: Detaillierte Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3.

4.2 Vergleich mit den Schweizer "Anlagegrenzwerten"

Auf besonderen Wunsch des Auftraggebers sollen die hier festgestellten Immissionswerte auch mit den in der Schweiz derzeit verbindlichen "Anlagegrenzwerten" [12] verglichen werden. Diese Grenzwerte sind derzeit die strengsten rechtsverbindlichen Vorgaben zum Schutz vor nicht ionisierenden Strahlen der Welt.

In der Schweiz gelten für "Orte mit empfindlicher Nutzung" ("OMEN"), also für Räume in Gebäuden, in denen sich Personen regelmäßig während längerer Zeit aufhalten (das sind z.B. Wohnräume, Schulräume, Kindergärten, Krankenhäuser, Alters- und Pflegeheime, ständige Arbeitsplätze), sowie für Pausenhöfe von Schulen und raumplanungsrechtlich festgesetzte Kinderspielplätze, strengere Grenzwerte als in Deutschland. An allen anderen Orten (z.B. im Garten oder auf Straßen und Plätzen) sind die **gleichen Grenzwerte wie in Deutschland** anzuwenden. Auch Dachterrassen, Balkone, Treppenhäuser, Lagerräume, Garagen und Autoeinstellplätze, Sport- und Freizeitanlagen, Badeanstalten, Aussichtsterrassen, Kirchen, Konzert- und Theatersäle sowie Tierställe sind **nicht** als "Orte mit empfindlicher Nutzung" anzusehen [13].

Die an den "Orten mit empfindlicher Nutzung" wirksame Immission wird - im Gegensatz zu den in Deutschland gültigen Vorgaben - **standortbezogen** ermittelt. Die zur Beurteilung heranzuziehende Immission ergibt sich dabei als Summe der Felder, die jeweils von einer einzelnen "Anlage" erzeugt werden. Die Verordnung definiert, dass eine "Anlage" alle Sendeantennen umfasst, die auf einem Mast angebracht sind oder die in einem engen räumlichen Zusammenhang - z.B. auf dem Dach des gleichen Gebäudes - stehen (Nur in Ausnahmefällen werden die Felder von Antennen, die auf verschiedenen Masten oder Dächern stehen, als eine einzige "Anlage" betrachtet [13]). Alle Einzelfelder, welche die Mobilfunkantennen einer "Anlage" am Messpunkt erzeugen, werden aufsummiert und anschließend mit dem nach der Verordnung für den Standort relevanten Grenzwert ("Anlagegrenzwert") verglichen.

Die verschärften Schweizer Vorgaben sind eingehalten, so lange an den "Orten mit empfindlicher Nutzung" folgende Summenfeldstärkewerte, verursacht durch die betrachtete "Anlage" nicht überschritten werden [12]:

Anlage für	Anlagegrenzwert
GSM 900 (D-Netz)	4 Volt/m
GSM 1800 (E-Netz) oder UMTS	6 Volt/m
(GSM 1800 oder UMTS) und GSM 900	5 Volt/m

Tab. 4: Schweizer "Anlagegrenzwerte" für Mobilfunksender.

Ja nach Bestückung des benachbarten Anlagenstandortes, ergibt sich also für die einzelnen Messpunkte ein individueller "Anlagegrenzwert", mit dem die gemessene Immission zu vergleichen ist.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass nur sechs der hier untersuchten 39 Messpunkte als "Orte mit empfindlicher Nutzung" im Sinne der Schweizer "NIS-Verordnung" anzusehen sind (siehe Markierung in Tabelle 5).

Es muss an dieser Stelle noch zusätzlich angemerkt werden, dass in der Schweiz ein wesentlicher Unterschied bei der messtechnischen Immissionsbestimmung gegenüber der in Deutschland üblichen Vorgehensweise besteht: Während in Deutschland die gefundenen Immissionswerte noch um die Faktor der Messunsicherheit **erhöht** werden (so wie es auch im Rahmen dieser Messaktion geschehen ist; siehe Hinweis im ersten Absatz von Kapitel 3.3), wird in der Schweiz die Messunsicherheit **nicht** auf den Messwert **aufgeschlagen** [14].

Ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit (3 dB), ergibt sich für die hier betrachteten Messpunkte folgendes Bild:

Messpunkt Nr.	Summenfeldstärke (ohne Messunsicherheit) in Volt/m	Anzuwendender Anlagegrenzwert in Volt/m	Grenzwertausschöpfung in Prozent
1.1	0,82 V/m	5 V/m	16,4 %
2.1	0,35 V/m	6 V/m	5,9 %
2.2	0,74 V/m	6 V/m	12,4 %
2.3	0,91 V/m	6 V/m	15,1 %
2.4	0,25 V/m	6 V/m	4,1 %
3.1	1,51 V/m	5 V/m	30,3 %
3.2	1,09 V/m	5 V/m	21,8 %
3.3	0,71 V/m	5 V/m	14,1 %
4.1*	1,22 V/m	5 V/m	24,3 %
4.2	0,45 V/m	5 V/m	9,1 %
4.3	0,55 V/m	5 V/m	11,0 %
4.4	1,61 V/m	5 V/m	32,2 %
5.1	1,71 V/m	6 V/m	28,5 %
5.2	1,62 V/m	6 V/m	27,0 %
5.3*	1,55 V/m	6 V/m	25,8 %
5.4*	2,96 V/m	6 V/m	49,4 %
6.1	1,05 V/m	5 V/m	20,9 %

Messpunkt Nr.	Summenfeldstärke (ohne Messunsicherheit) in Volt/m	Anzuwendender Anlagegrenzwert in Volt/m	Grenzwertausschöpfung in Prozent
6.2	0,95 V/m	5 V/m	19,0 %
6.3	0,69 V/m	5 V/m	13,9 %
6.4	0,49 V/m	5 V/m	9,8 %
6.5	0,70 V/m	5 V/m	14,0 %
6.6	0,78 V/m	5 V/m	15,6 %
6.7	0,45 V/m	5 V/m	8,9 %
6.8	0,54 V/m	5 V/m	10,9 %
6.9	1,04 V/m	5 V/m	20,8 %
7.1	1,88 V/m	6 V/m	31,3 %
8.1	1,82 V/m	6 V/m	30,4 %
8.2	0,58 V/m	6 V/m	9,7 %
8.3	0,68 V/m	6 V/m	11,3 %
8.4	1,03 V/m	6 V/m	17,2 %
8.5	0,23 V/m	6 V/m	3,8 %
9.1	1,87 V/m	5 V/m	37,5 %
9.2	1,21 V/m	5 V/m	24,2 %
9.3	4,05 V/m	5 V/m	81,0 %
10.1*	2,45 V/m	5 V/m	48,9 %
10.2	4,00 V/m	5 V/m	80,0 %
10.3*	4,09 V/m	5 V/m	81,9 %
10.4*	2,16 V/m	5 V/m	43,3 %
10.5	1,62 V/m	5 V/m	32,4 %

*: "Ort mit empfindlicher Nutzung" nach Schweizer NIS-Verordnung.

Tab. 5: Vergleich mit "Anlagegrenzwerten" nach Schweizer NIS-Verordnung

Folgende Abbildung stellt die Ergebnisse aus Tabelle 5 grafisch dar:

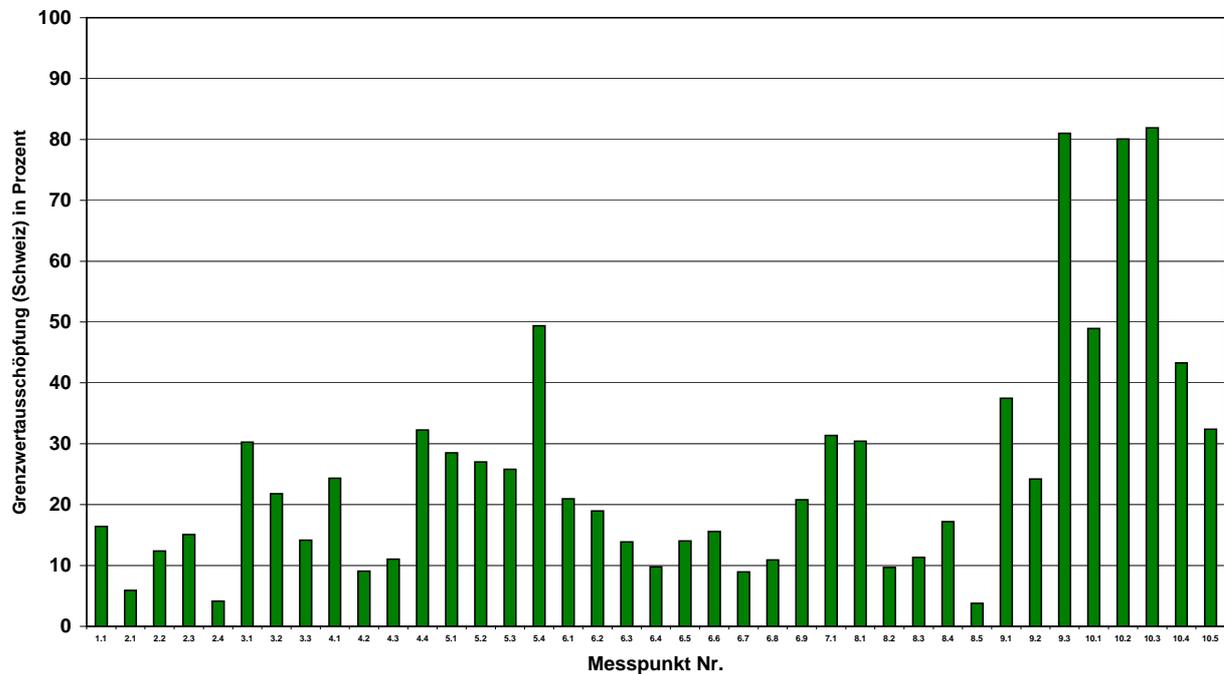


Abb. 7: Darstellung der Ergebnisse aus den Tabelle 5

Es kann also festgehalten werden, dass die Schweizer "Anlagegrenzwerte für Orte mit empfindlicher Nutzung" an fast allen Messpunkten **deutlich unterschritten werden**. Nur an drei Punkten wurde mehr als 50 Prozent vom Schweizer Grenzwert erreicht.

Anmerkung:

Da die Feldstärke **proportional zur Wurzel der abgestrahlten Leistung** zunimmt, könnte an allen Punkten, die weniger als 50 Prozent des Anlagegrenzwertes erreichen, die abgestrahlte Leistung mindestens **vervierfacht** werden, ohne dass es zu einer Überschreitung der Schweizer Grenzwerte an den betrachteten Punkten käme.

5 Schlussfolgerungen

Aus den in Kapitel 4 dargestellten Ergebnissen lassen sich die folgenden Schlüsse ziehen:

- Wie aus Tabelle 3 sowie den Abbildungen 5 und 6 ersichtlich, wird der Grenzwert nach 26. BImSchV an allen Messpunkten unterschritten. Bei den Messungen ergaben sich Immissionen (bezogen auf die Feldstärke), die bei Vollauslastung der verursachenden Anlagen **etwa zwischen 0,5 und 13 Prozent des gesetzlich zulässigen Wertes** betragen.
- An einem Drittel der Messpunkte wurde eine Mobilfunkimmission von weniger als zwei Prozent vom Grenzwert (bei Maximalauslastung und Vollausbau der verursachenden Sendeanlagen) festgestellt.
- Um die aktuell in Tübingen gefundenen Immissionswerte besser einordnen zu können, sei hier folgender Vergleich genannt: Im Rahmen einer Studie für das Bayerische Landesamt für Umwelt wurden im Jahr 2004 insgesamt mehr als 1.200 Messpunkte ausgewertet, die im Rahmen von ähnlichen Messkampagnen, wie hier durchgeführt, vermessen wurden [11]. Diese Auswertung ergab, dass bei Betrachtung von 850 Messpunkten, von denen aus Sicht zu einer Mobilfunksendeanlage bestand, sich ein mittlerer Immissionswert von 4,54 Prozent vom Grenzwert (bei Maximalauslastung und Vollausbau der verursachenden Sendeanlagen) ergab. An 29 Punkten liegt die aktuell in Tübingen festgestellte Mobilfunkimmission unter, an zehn Punkten hingegen über diesem Durchschnittswert.
- Auf besonderen Wunsch des Auftraggebers wurden die gefundenen Mobilfunk-Immissionswerte auch mit den in der Schweiz verbindlichen verschärften "Anlagegrenzwerten" verglichen. An allen Messpunkten werden die Schweizer Vorgaben derzeit **eingehalten**.

Regensburg, 23. November 2007



Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek

6 Literaturverzeichnis

- [1] **Bundesrepublik Deutschland**
"26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes"
Bundesgesetzblatt Jg. 1996, Teil I, Nr.66, Bonn 20.12.1996.
- [2] **International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)**
"Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)"
Health Physics, Vol. 74, Nr. 4, April 1998, S. 494-522.
- [3] **Der Rat der Europäischen Union**
"Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz)"
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L199, 30.07.1999, S. 59 – 70.
- [4] **Strahlenschutzkommission (SSK)**
"Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern; Empfehlungen der Strahlenschutzkommission"
Bonn, 14.09.2001 (www.ssk.de).
- [5] **Firma Kathrein, Rosenheim**
"Base Station Antennas for Mobile Communications"
Firmenschrift, Rosenheim 01/2001.
- [6] **S. R. Saunders**
"Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems"
John Wiley & Sons, Chichester, New York 1999.
- [7] **DIN VDE 0848**
"Sicherheit in elektromagnetischen Feldern – Grenzwerte von Feldstärken zum Schutz von Personen, Teil 1: Mess- und Berechnungsverfahren"
VDE-Verlag GmbH, Berlin, 08/2000.
- [8] **Länderausschuss für Immissionsschutz"**
"Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV in der Fassung vom 26. März 2004"
3/2004; Internet: www.lai-immissionsschutz.de
- [9] **M. Wuschek**
"Feldstärkemessungen in der Umgebung von GSM-Mobilfunkbasisstationen"
EMV 2002; Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit
VDE Verlag GmbH, Berlin, Offenbach 2002, S. 683-692
- [10] **M. Wuschek**
"Feldstärkemessungen in der Umgebung von UMTS-Mobilfunkbasisstationen"
EMV 2004; Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit
VDE Verlag GmbH, Berlin, Offenbach 2004, S. 539-548.
- [11] **M. Wuschek et al.**
"Möglichkeiten und Grenzen der Minimierung von Mobilfunkimmissionen: Auf Messdaten und Simulationen basierende Optionen und Beispiele"
Studie im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt
Regensburg 2004, www.bayern.de/lfu/laerm/emv/emv2.htm

-
- [12] **Schweizerischer Bundesrat**
"Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)"
23.12.1999; Veröffentlicht durch das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- [13] **Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)**
"Mobilfunk- und WLL-Basisstationen: Vollzugempfehlung zur NISV"
Bern, Juni 2002
- [14] **Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung (METAS)**
"Mobilfunkbasisstationen (GSM), Messempfehlung"
Bern, 2002

7 Anlagen

Anlage 1: Ausführliche Ergebnistabellen

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

Anmerkung:

Nach EU-Ratsempfehlung bzw. DIN VDE 0848-1 wird im hier betrachteten Frequenzbereich die Summenbildung bei Vorhandensein mehrerer Signale nicht linear, sondern quadratisch durchgeführt. Dies folgt unmittelbar aus den bekannten Wirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Es gilt also:

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

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

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

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

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

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

Diese Formeln werden in den folgenden Auswertungen angewendet.

Leistungsflussdichtewerte können hingegen auf herkömmliche Weise linear aufsummiert werden.

Messergebnisse Mobilfunk (Maximalauslastung):

Messort: Tübingen
Leitung: Dr. Wuschek
Signal: GSM/UMTS
Datum: 05. + 06.11.2007

Uhrzeit: 08:00-17:20 Uhr + 09:45-11:05 Uh
Wetter: heiter, trocken
Analyzer: SRM-3000
Antenne: 3AX75M-3G

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²
1.1	926,0		E-Plus	104,3	1	3,0	107,3	0,232	41,84	0,554	142,45
	926,4		E-Plus	84,0	1	3,0	87,0	0,022	41,85	0,053	1,33
	928,8		E-Plus	99,2	1	3,0	102,2	0,129	41,90	0,307	44,02
	1845,8		O ₂	109,0	4	3,0	118,0	0,796	59,07	1,348	1681,58
	1863,4		E-Plus	105,0	2	3,0	111,0	0,355	59,35	0,598	334,73
	1863,8		E-Plus	102,4	2	3,0	108,4	0,263	59,36	0,444	183,95
	1873,6		E-Plus	86,0	2	3,0	92,0	0,040	59,52	0,067	4,21
	2112,8	184	Vodafone	72,3	2	13,0	88,3	0,026	61,00	0,043	1,80
	2112,8	376	Vodafone	76,1	2	13,0	92,1	0,040	61,00	0,066	4,31
	2112,8	200	Vodafone	89,3	2	13,0	105,3	0,184	61,00	0,302	90,09
	2157,2	72	O ₂	85,1	2	13,0	101,1	0,114	61,00	0,186	34,25
	2157,2	73	O ₂	72,4	2	13,0	88,4	0,026	61,00	0,043	1,84
	2157,2	76	O ₂	95,0	2	13,0	111,0	0,355	61,00	0,582	334,73
	2167,2	48	T-Mobile	69,1	2	13,0	85,1	0,018	61,00	0,030	0,86
	2167,2	74	T-Mobile	78,1	2	13,0	94,1	0,051	61,00	0,083	6,83
	2167,2	321	T-Mobile	98,1	2	13,0	114,1	0,508	61,00	0,832	683,42
Summen								1,16		1,99	3550,4
2.1	2167,2	247	T-Mobile	70,5	2	13,0	86,5	0,021	61,00	0,035	1,19
	2167,2	24	T-Mobile	98,0	2	13,0	114,0	0,502	61,00	0,823	667,86
	2167,2	100	T-Mobile	77,9	2	13,0	93,9	0,050	61,00	0,081	6,53
Summen								0,50		0,83	675,6
2.2	2167,2	247	T-Mobile	83,6	2	13,0	99,6	0,096	61,00	0,157	24,25
	2167,2	24	T-Mobile	96,7	2	13,0	112,7	0,432	61,00	0,708	495,10
	2167,2	100	T-Mobile	103,6	2	13,0	119,6	0,956	61,00	1,567	2424,87
Summen								1,05		1,73	2944,2
2.3	2167,2	247	T-Mobile	86,0	2	13,0	102,0	0,126	61,00	0,207	42,14
	2167,2	24	T-Mobile	90,0	2	13,0	106,0	0,200	61,00	0,327	105,85
	2167,2	100	T-Mobile	106,0	2	13,0	122,0	1,260	61,00	2,066	4213,94
Summen								1,28		2,10	4361,9
2.4	2167,2	247	T-Mobile	75,6	2	13,0	91,6	0,038	61,00	0,062	3,84
	2167,2	24	T-Mobile	80,2	2	13,0	96,2	0,065	61,00	0,106	11,08
	2167,2	100	T-Mobile	94,7	2	13,0	110,7	0,343	61,00	0,563	312,38
Summen								0,35		0,58	327,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²
3.1	926,6		E-Plus	94,9	1	3,0	97,9	0,079	41,86	0,188	16,36
	927,2		E-Plus	108,9	1	3,0	111,9	0,394	41,87	0,940	410,83
	928,4		E-Plus	78,8	1	3,0	81,8	0,012	41,90	0,029	0,40
	930,4		O ₂	91,1	4	3,0	100,1	0,101	41,94	0,242	27,27
	938,8		T-Mobile	88,7	4	3,0	97,7	0,077	42,13	0,183	15,69
	939,6		T-Mobile	115,1	4	3,0	124,1	1,607	42,15	3,813	6850,44
	943,0		T-Mobile	93,5	4	3,0	102,5	0,134	42,22	0,317	47,39
	1830,8		O ₂	92,7	4	3,0	101,7	0,122	58,83	0,207	39,42
	1846,2		O ₂	82,4	4	3,0	91,4	0,037	59,08	0,063	3,68
	1842,6		O ₂	109,1	6	3,0	119,9	0,986	59,02	1,671	2581,13
	1861,0		E-Plus	88,8	2	3,0	94,8	0,055	59,32	0,093	8,03
	1869,8		E-Plus	107,2	2	3,0	113,2	0,458	59,46	0,770	555,51
	1872,0		E-Plus	91,8	2	3,0	97,8	0,078	59,49	0,131	16,02
	1873,0		E-Plus	86,4	2	3,0	92,4	0,042	59,51	0,070	4,62
	2112,8	248	Vodafone	88,3	2	13,0	104,3	0,164	61,00	0,269	71,56
	2112,8	256	Vodafone	84,6	2	13,0	100,6	0,107	61,00	0,176	30,53
	2112,8	320	Vodafone	98,7	2	13,0	114,7	0,544	61,00	0,892	784,67
	2132,6	260	E-Plus	75,2	2	13,0	91,2	0,036	61,00	0,060	3,51
	2132,6	262	E-Plus	83,9	2	13,0	99,9	0,099	61,00	0,162	25,98
	2132,6	264	E-Plus	95,2	2	13,0	111,2	0,364	61,00	0,596	350,50
	2132,6	299	E-Plus	76,5	2	13,0	92,5	0,042	61,00	0,069	4,73
	2157,2	202	O ₂	72,6	2	13,0	88,6	0,027	61,00	0,044	1,93
	2157,2	204	O ₂	85,2	2	13,0	101,2	0,115	61,00	0,188	35,05
	2157,2	205	O ₂	88,8	2	13,0	104,8	0,174	61,00	0,285	80,30
	2167,2	248	T-Mobile	71,3	2	13,0	87,3	0,023	61,00	0,038	1,43
	2167,2	237	T-Mobile	79,9	2	13,0	95,9	0,062	61,00	0,102	10,34
	2167,2	468	T-Mobile	92,5	2	13,0	108,5	0,266	61,00	0,437	188,23
Summen								2,14		4,55	12165,5
3.2	926,6		E-Plus	99,2	1	3,0	102,2	0,129	41,86	0,308	44,02
	927,2		E-Plus	106,1	1	3,0	109,1	0,285	41,87	0,681	215,60
	928,4		E-Plus	89,2	1	3,0	92,2	0,041	41,90	0,097	4,40
	930,4		O ₂	89,7	4	3,0	98,7	0,086	41,94	0,206	19,76
	938,8		T-Mobile	90,8	4	3,0	99,8	0,098	42,13	0,233	25,45
	939,6		T-Mobile	110,0	4	3,0	119,0	0,893	42,15	2,120	2116,99
	943,0		T-Mobile	97,6	4	3,0	106,6	0,214	42,22	0,508	121,82
	1830,8		O ₂	93,6	4	3,0	102,6	0,135	58,83	0,230	48,50
	1846,2		O ₂	93,4	4	3,0	102,4	0,132	59,08	0,224	46,31
	1842,6		O ₂	107,4	6	3,0	118,2	0,811	59,02	1,374	1745,06
	1861,0		E-Plus	91,9	2	3,0	97,9	0,079	59,32	0,133	16,39
	1869,8		E-Plus	102,9	2	3,0	108,9	0,279	59,46	0,469	206,39
	1872,0		E-Plus	102,4	2	3,0	108,4	0,263	59,49	0,443	183,95
	1873,0		E-Plus	87,1	2	3,0	93,1	0,045	59,51	0,076	5,43
	2112,8	248	Vodafone	79,9	2	13,0	95,9	0,062	61,00	0,102	10,34
	2112,8	256	Vodafone	83,2	2	13,0	99,2	0,091	61,00	0,150	22,12
	2112,8	320	Vodafone	92,1	2	13,0	108,1	0,254	61,00	0,417	171,67
	2132,6	260	E-Plus	72,9	2	13,0	88,9	0,028	61,00	0,046	2,06
	2132,6	262	E-Plus	92,9	2	13,0	108,9	0,279	61,00	0,457	206,39
	2132,6	264	E-Plus	91,7	2	13,0	107,7	0,243	61,00	0,398	156,56
	2132,6	299	E-Plus	76,7	2	13,0	92,7	0,043	61,00	0,071	4,95
	2157,2	202	O ₂	78,2	2	13,0	94,2	0,051	61,00	0,084	6,99
	2157,2	204	O ₂	84,9	2	13,0	100,9	0,111	61,00	0,182	32,71
	2157,2	205	O ₂	90,7	2	13,0	106,7	0,217	61,00	0,355	124,36
	2167,2	248	T-Mobile	66,8	2	13,0	82,8	0,014	61,00	0,023	0,51
	2167,2	237	T-Mobile	82,8	2	13,0	98,8	0,087	61,00	0,143	20,17
	2167,2	468	T-Mobile	98,3	2	13,0	114,3	0,519	61,00	0,852	715,63
	2167,2	260	T-Mobile	81,9	2	13,0	97,9	0,079	61,00	0,129	16,39
Summen								1,54		3,06	6290,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²
3.3	926,6		E-Plus	83,8	1	3,0	86,8	0,022	41,86	0,052	1,27
	927,2		E-Plus	105,3	1	3,0	108,3	0,260	41,87	0,621	179,33
	928,4		E-Plus	73,1	1	3,0	76,1	0,006	41,90	0,015	0,11
	930,4		O ₂	92,5	4	3,0	101,5	0,119	41,94	0,284	37,65
	938,8		T-Mobile	83,7	4	3,0	92,7	0,043	42,13	0,103	4,96
	939,6		T-Mobile	98,2	4	3,0	107,2	0,230	42,15	0,545	139,87
	943,0		T-Mobile	99,7	4	3,0	108,7	0,273	42,22	0,646	197,57
	1830,8		O ₂	88,4	4	3,0	97,4	0,074	58,83	0,126	14,65
	1846,2		O ₂	72,3	4	3,0	81,3	0,012	59,08	0,020	0,36
	1842,6		O ₂	105,2	6	3,0	116,0	0,630	59,02	1,067	1051,50
	1861,0		E-Plus	72,4	2	3,0	78,4	0,008	59,32	0,014	0,18
	1869,8		E-Plus	104,1	2	3,0	110,1	0,320	59,46	0,539	272,08
	1872,0		E-Plus	74,0	2	3,0	80,0	0,010	59,49	0,017	0,27
	1873,0		E-Plus	91,9	2	3,0	97,9	0,079	59,51	0,132	16,39
	2112,8	248	Vodafone	67,4	2	13,0	83,4	0,015	61,00	0,024	0,58
	2112,8	120	Vodafone	78,3	2	13,0	94,3	0,052	61,00	0,085	7,16
	2112,8	320	Vodafone	83,9	2	13,0	99,9	0,099	61,00	0,162	25,98
	2132,6	260	E-Plus	77,1	2	13,0	93,1	0,045	61,00	0,074	5,43
	2132,6	262	E-Plus	79,4	2	13,0	95,4	0,059	61,00	0,097	9,22
	2132,6	264	E-Plus	97,1	2	13,0	113,1	0,452	61,00	0,742	542,86
	2157,2	202	O ₂	70,5	2	13,0	86,5	0,021	61,00	0,035	1,19
	2157,2	204	O ₂	90,5	2	13,0	106,5	0,212	61,00	0,347	118,77
	2157,2	205	O ₂	70,5	2	13,0	86,5	0,021	61,00	0,035	1,19
	2167,2	248	T-Mobile	71,3	2	13,0	87,3	0,023	61,00	0,038	1,43
	2167,2	41	T-Mobile	74,6	2	13,0	90,6	0,034	61,00	0,056	3,05
	2167,2	468	T-Mobile	84,1	2	13,0	100,1	0,101	61,00	0,166	27,21
Summen								1,00		1,85	2660,2
4.1	944,8		T-Mobile	74,0	4	3,0	83,0	0,014	42,26	0,034	0,53
	952,8		T-Mobile	108,3	4	3,0	117,3	0,735	42,44	1,731	1431,26
	954,2		T-Mobile	108,4	4	3,0	117,4	0,743	42,47	1,749	1464,60
	947,4		Vodafone	82,6	6	3,0	93,4	0,047	42,32	0,110	5,78
	947,8		Vodafone	99,9	6	3,0	110,7	0,342	42,33	0,808	310,32
	956,0		Vodafone	111,5	6	3,0	122,3	1,300	42,51	3,059	4485,49
	1821,2		T-Mobile	100,2	2	3,0	106,2	0,204	58,68	0,348	110,84
	1842,0		O ₂	91,3	4	3,0	100,3	0,104	59,01	0,176	28,56
	1844,0		O ₂	88,9	4	3,0	97,9	0,079	59,05	0,133	16,43
	1861,4		E-Plus	88,9	2	3,0	94,9	0,056	59,32	0,094	8,22
Summen								1,72		4,03	7862,0
4.2	944,8		T-Mobile	84,7	4	3,0	93,7	0,049	42,26	0,115	6,25
	952,8		T-Mobile	104,3	4	3,0	113,3	0,463	42,44	1,092	569,80
	954,2		T-Mobile	94,3	4	3,0	103,3	0,147	42,47	0,345	56,98
	947,4		Vodafone	82,2	6	3,0	93,0	0,045	42,32	0,105	5,27
	947,8		Vodafone	94,1	6	3,0	104,9	0,175	42,33	0,414	81,62
	956,0		Vodafone	95,5	6	3,0	106,3	0,206	42,51	0,485	112,67
	1821,2		T-Mobile	92,9	2	3,0	98,9	0,088	58,68	0,150	20,64
	1830,8		O ₂	92,7	4	3,0	101,7	0,122	58,83	0,207	39,42
	1832,8		O ₂	83,9	4	3,0	92,9	0,044	58,87	0,075	5,20
	1836,8		O ₂	89,6	4	3,0	98,6	0,085	58,93	0,145	19,31
	1842,0		O ₂	89,0	4	3,0	98,0	0,080	59,01	0,135	16,82
	1844,0		O ₂	87,0	4	3,0	96,0	0,063	59,05	0,107	10,61
	1864,2		E-Plus	91,9	2	3,0	97,9	0,079	59,37	0,132	16,39
	1864,6		E-Plus	86,3	2	3,0	92,3	0,041	59,37	0,069	4,52
	1866,0		E-Plus	97,3	2	3,0	103,3	0,146	59,40	0,246	56,84
	2132,6	100	E-Plus	79,6	2	13,0	95,6	0,060	61,00	0,099	9,65
	2132,6	101	E-Plus	71,0	2	13,0	87,0	0,022	61,00	0,037	1,33
	2132,6	102	E-Plus	85,4	2	13,0	101,4	0,118	61,00	0,193	36,70
Summen								0,64		1,41	1070,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²	
4.3	944,8		T-Mobile	105,8	4	3,0	114,8	0,551	42,26	1,303	804,86	
	952,8		T-Mobile	101,2	4	3,0	110,2	0,324	42,44	0,764	279,07	
	954,2		T-Mobile	85,9	4	3,0	94,9	0,056	42,47	0,131	8,24	
	947,4		Vodafone	94,6	6	3,0	105,4	0,186	42,32	0,439	91,58	
	947,8		Vodafone	101,1	6	3,0	111,9	0,393	42,33	0,928	409,08	
	1821,2		T-Mobile	82,4	2	3,0	88,4	0,026	58,68	0,045	1,84	
	1842,0		O ₂	74,5	4	3,0	83,5	0,015	59,01	0,025	0,60	
	1844,0		O ₂	86,9	4	3,0	95,9	0,063	59,05	0,106	10,37	
	Summen							0,78		1,84	1605,6	
4.4	944,8		T-Mobile	82,9	4	3,0	91,9	0,039	42,26	0,093	4,13	
	952,8		T-Mobile	100,1	4	3,0	109,1	0,286	42,44	0,673	216,63	
	954,2		T-Mobile	112,3	4	3,0	121,3	1,164	42,47	2,741	3595,16	
	947,4		Vodafone	100,8	6	3,0	111,6	0,379	42,32	0,896	381,78	
	947,8		Vodafone	90,0	6	3,0	100,8	0,109	42,33	0,258	31,75	
	956,0		Vodafone	114,3	6	3,0	125,1	1,795	42,51	4,222	8546,93	
	1821,2		T-Mobile	103,3	2	3,0	109,3	0,292	58,68	0,498	226,30	
	1836,8		O ₂	101,9	4	3,0	110,9	0,352	58,93	0,597	327,88	
	1842,0		O ₂	102,3	4	3,0	111,3	0,368	59,01	0,624	359,52	
	1844,0		O ₂	81,0	4	3,0	90,0	0,032	59,05	0,054	2,67	
	1861,4		E-Plus	89,3	2	3,0	95,3	0,058	59,32	0,098	9,01	
	2132,6	260	E-Plus	74,1	2	13,0	90,1	0,032	61,00	0,053	2,72	
	2132,6	262	E-Plus	85,4	2	13,0	101,4	0,118	61,00	0,193	36,70	
	2132,6	299	E-Plus	80,2	2	13,0	96,2	0,065	61,00	0,106	11,08	
	Summen							2,28		5,27	13752,3	
	5.1	1820,4		T-Mobile	90,3	2	3,0	96,3	0,065	58,67	0,111	11,34
		1824,0		T-Mobile	101,9	2	3,0	107,9	0,249	58,72	0,423	163,94
1824,4			T-Mobile	119,2	2	3,0	125,2	1,822	58,73	3,102	8804,17	
1850,4			Vodafone	93,7	4	3,0	102,7	0,137	59,15	0,231	49,63	
1851,0			Vodafone	78,2	4	3,0	87,2	0,023	59,16	0,039	1,40	
1851,8			Vodafone	101,2	4	3,0	110,2	0,324	59,17	0,548	279,07	
1832,8			O ₂	96,3	4	3,0	105,3	0,185	58,87	0,313	90,31	
1841,6			O ₂	105,4	4	3,0	114,4	0,526	59,01	0,892	734,04	
1842,0			O ₂	93,3	4	3,0	102,3	0,131	59,01	0,221	45,26	
1843,4			O ₂	82,5	4	3,0	91,5	0,038	59,04	0,064	3,76	
1860,6			E-Plus	88,3	2	3,0	94,3	0,052	59,31	0,088	7,16	
1865,8			E-Plus	101,4	2	3,0	107,4	0,235	59,39	0,395	146,11	
1874,8			E-Plus	93,7	2	3,0	99,7	0,097	59,54	0,162	24,81	
1869,8			E-Plus	105,4	4	3,0	114,4	0,526	59,46	0,885	734,04	
1870,2			E-Plus	95,6	2	3,0	101,6	0,120	59,46	0,202	38,43	
2112,8		310	Vodafone	93,7	2	13,0	109,7	0,306	61,00	0,501	248,14	
2112,8		19	Vodafone	83,5	2	13,0	99,5	0,095	61,00	0,155	23,70	
2112,8		406	Vodafone	67,7	2	13,0	83,7	0,015	61,00	0,025	0,62	
2132,6		79	E-Plus	97,0	2	13,0	113,0	0,447	61,00	0,733	530,50	
2132,6		81	E-Plus	77,7	2	13,0	93,7	0,048	61,00	0,079	6,23	
2132,6		83	E-Plus	78,8	2	13,0	94,8	0,055	61,00	0,090	8,03	
2157,2	449	O ₂	85,3	2	13,0	101,3	0,116	61,00	0,191	35,87		
2157,2	455	O ₂	97,9	2	13,0	113,9	0,496	61,00	0,813	652,66		
2157,2	452	O ₂	77,9	2	13,0	93,9	0,050	61,00	0,081	6,53		
2167,2	375	T-Mobile	104,2	2	13,0	120,2	1,025	61,00	1,680	2784,12		
2167,2	109	T-Mobile	88,2	2	13,0	104,2	0,162	61,00	0,266	69,93		
2167,2	475	T-Mobile	84,2	2	13,0	100,2	0,102	61,00	0,168	27,84		
Summen							2,42		4,07	15527,7		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²
5.2	1820,4		T-Mobile	107,9	2	3,0	113,9	0,496	58,67	0,846	652,66
	1824,0		T-Mobile	105,3	2	3,0	111,3	0,368	58,72	0,626	358,66
	1824,4		T-Mobile	104,8	2	3,0	110,8	0,347	58,73	0,591	319,66
	1850,4		Vodafone	100,6	4	3,0	109,6	0,303	59,15	0,512	243,06
	1851,0		Vodafone	109,3	4	3,0	118,3	0,824	59,16	1,393	1801,85
	1851,8		Vodafone	98,2	4	3,0	107,2	0,230	59,17	0,388	139,87
	1832,8		O ₂	101,3	4	3,0	110,3	0,328	58,87	0,557	285,57
	1841,6		O ₂	97,8	4	3,0	106,8	0,219	59,01	0,372	127,56
	1842,0		O ₂	98,5	4	3,0	107,5	0,238	59,01	0,403	149,87
	1843,4		O ₂	109,0	4	3,0	118,0	0,796	59,04	1,349	1681,58
	1860,6		E-Plus	107,0	2	3,0	113,0	0,447	59,31	0,754	530,50
	1865,8		E-Plus	110,1	2	3,0	116,1	0,639	59,39	1,076	1083,15
	1874,8		E-Plus	102,7	2	3,0	108,7	0,273	59,54	0,458	197,10
	1869,8		E-Plus	91,0	4	3,0	100,0	0,100	59,46	0,169	26,65
	1870,2		E-Plus	108,6	2	3,0	114,6	0,538	59,46	0,904	766,81
	2112,8	310	Vodafone	84,0	2	13,0	100,0	0,100	61,00	0,164	26,59
	2112,8	19	Vodafone	84,4	2	13,0	100,4	0,105	61,00	0,172	29,15
	2112,8	406	Vodafone	99,3	2	13,0	115,3	0,583	61,00	0,955	900,93
	2132,6	79	E-Plus	77,2	2	13,0	93,2	0,046	61,00	0,075	5,56
	2132,6	81	E-Plus	96,1	2	13,0	112,1	0,403	61,00	0,661	431,21
	2132,6	83	E-Plus	94,0	2	13,0	110,0	0,317	61,00	0,519	265,88
	2157,2	449	O ₂	90,8	2	13,0	106,8	0,219	61,00	0,359	127,26
	2157,2	455	O ₂	88,1	2	13,0	104,1	0,161	61,00	0,263	68,34
	2157,2	452	O ₂	105,0	2	13,0	121,0	1,123	61,00	1,842	3347,25
	2167,2	375	T-Mobile	87,5	2	13,0	103,5	0,150	61,00	0,246	59,52
	2167,2	109	T-Mobile	88,5	2	13,0	104,5	0,168	61,00	0,276	74,94
	2167,2	475	T-Mobile	93,1	2	13,0	109,1	0,285	61,00	0,468	216,12
Summen								2,29		3,83	13917,3
5.3	1820,4		T-Mobile	107,3	2	3,0	113,3	0,463	58,67	0,789	568,45
	1824,0		T-Mobile	101,9	2	3,0	107,9	0,249	58,72	0,423	163,94
	1824,4		T-Mobile	109,1	2	3,0	115,1	0,570	58,73	0,970	860,38
	1850,4		Vodafone	92,4	4	3,0	101,4	0,118	59,15	0,199	36,79
	1851,0		Vodafone	100,7	4	3,0	109,7	0,306	59,16	0,518	248,72
	1851,8		Vodafone	94,2	4	3,0	103,2	0,145	59,17	0,245	55,68
	1832,8		O ₂	93,3	4	3,0	102,3	0,131	58,87	0,222	45,26
	1841,6		O ₂	97,6	4	3,0	106,6	0,214	59,01	0,363	121,82
	1842,0		O ₂	82,2	4	3,0	91,2	0,036	59,01	0,062	3,51
	1843,4		O ₂	107,5	4	3,0	116,5	0,670	59,04	1,135	1190,47
	1860,6		E-Plus	94,1	2	3,0	100,1	0,101	59,31	0,171	27,21
	1865,8		E-Plus	92,3	2	3,0	98,3	0,082	59,39	0,139	17,98
	1874,8		E-Plus	104,0	2	3,0	110,0	0,317	59,54	0,532	265,88
	1869,8		E-Plus	67,7	4	3,0	76,7	0,007	59,46	0,012	0,12
	1870,2		E-Plus	90,7	2	3,0	96,7	0,068	59,46	0,115	12,44
	2112,8	310	Vodafone	94,8	2	13,0	110,8	0,347	61,00	0,569	319,66
	2112,8	19	Vodafone	75,5	2	13,0	91,5	0,038	61,00	0,062	3,76
	2112,8	406	Vodafone	101,0	2	13,0	117,0	0,709	61,00	1,162	1332,57
	2132,6	79	E-Plus	73,6	2	13,0	89,6	0,030	61,00	0,050	2,42
	2132,6	81	E-Plus	86,9	2	13,0	102,9	0,140	61,00	0,229	51,84
	2132,6	83	E-Plus	96,1	2	13,0	112,1	0,403	61,00	0,661	431,21
	2157,2	449	O ₂	76,2	2	13,0	92,2	0,041	61,00	0,067	4,41
	2157,2	455	O ₂	101,2	2	13,0	117,2	0,725	61,00	1,189	1395,37
	2157,2	452	O ₂	107,0	2	13,0	123,0	1,414	61,00	2,318	5305,04
	2167,2	375	T-Mobile	89,9	2	13,0	105,9	0,197	61,00	0,324	103,44
	2167,2	109	T-Mobile	73,1	2	13,0	89,1	0,029	61,00	0,047	2,16
	2167,2	475	T-Mobile	90,5	2	13,0	106,5	0,212	61,00	0,347	118,77
Summen								2,19		3,62	12689,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanaltzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²
5.4	1820,4		T-Mobile	121,7	2	3,0	127,7	2,429	58,67	4,141	15656,28
	1824,0		T-Mobile	101,0	2	3,0	107,0	0,224	58,72	0,382	133,26
	1824,4		T-Mobile	101,9	2	3,0	107,9	0,249	58,73	0,423	163,94
	1850,4		Vodafone	91,6	4	3,0	100,6	0,107	59,15	0,182	30,60
	1851,0		Vodafone	111,1	4	3,0	120,1	1,014	59,16	1,714	2727,21
	1851,8		Vodafone	91,8	4	3,0	100,8	0,110	59,17	0,186	32,04
	1832,8		O ₂	92,3	4	3,0	101,3	0,116	58,87	0,198	35,95
	1841,6		O ₂	88,5	4	3,0	97,5	0,075	59,01	0,127	14,99
	1842,0		O ₂	97,0	4	3,0	106,0	0,200	59,01	0,339	106,10
	1843,4		O ₂	111,0	4	3,0	120,0	1,002	59,04	1,698	2665,13
	1860,6		E-Plus	110,1	2	3,0	116,1	0,639	59,31	1,077	1083,15
	1865,8		E-Plus	97,9	2	3,0	103,9	0,157	59,39	0,264	65,27
	1874,8		E-Plus	113,4	2	3,0	119,4	0,934	59,54	1,569	2315,73
	1869,8		E-Plus	89,5	4	3,0	98,5	0,084	59,46	0,142	18,87
	1870,2		E-Plus	98,5	2	3,0	104,5	0,168	59,46	0,283	74,94
	2112,8	310	Vodafone	82,5	2	13,0	98,5	0,084	61,00	0,138	18,82
	2112,8	19	Vodafone	82,5	2	13,0	98,5	0,084	61,00	0,138	18,82
	2112,8	406	Vodafone	102,5	2	13,0	118,5	0,842	61,00	1,381	1882,30
	2132,6	79	E-Plus	86,9	2	13,0	102,9	0,140	61,00	0,229	51,84
	2132,6	81	E-Plus	103,9	2	13,0	119,9	0,990	61,00	1,623	2598,30
	2132,6	83	E-Plus	106,9	2	13,0	122,9	1,398	61,00	2,292	5184,28
	2157,2	449	O ₂	80,9	2	13,0	96,9	0,070	61,00	0,115	13,02
	2157,2	455	O ₂	81,8	2	13,0	97,8	0,078	61,00	0,127	16,02
	2157,2	452	O ₂	98,3	2	13,0	114,3	0,519	61,00	0,852	715,63
	2167,2	375	T-Mobile	84,0	2	13,0	100,0	0,100	61,00	0,164	26,59
	2167,2	109	T-Mobile	90,1	2	13,0	106,1	0,202	61,00	0,331	108,32
	2167,2	475	T-Mobile	110,1	2	13,0	126,1	2,021	61,00	3,313	10831,50
Summen								4,19		7,01	46588,9
6.1	957,8		Vodafone	100,3	4	3,0	109,3	0,292	42,55	0,687	226,84
	958,2		Vodafone	110,4	4	3,0	119,4	0,935	42,56	2,198	2321,23
	1833,2		O ₂	110,2	2	3,0	116,2	0,646	58,87	1,098	1108,38
	1836,8		O ₂	94,5	2	3,0	100,5	0,106	58,93	0,180	29,83
	1842,2		O ₂	99,8	2	3,0	105,8	0,195	59,02	0,331	101,09
	2112,8	128	Vodafone	84,8	2	13,0	100,8	0,110	61,00	0,180	31,97
	2112,8	250	Vodafone	92,2	2	13,0	108,2	0,257	61,00	0,422	175,67
	2157,2	345	O ₂	101,8	2	13,0	117,8	0,777	61,00	1,274	1602,10
	2157,2	347	O ₂	93,0	2	13,0	109,0	0,282	61,00	0,463	211,20
	2157,2	349	O ₂	82,4	2	13,0	98,4	0,083	61,00	0,137	18,39
Summen								1,48		2,95	5826,7
6.2	957,8		Vodafone	102,9	4	3,0	111,9	0,394	42,55	0,927	412,78
	958,2		Vodafone	111,1	4	3,0	120,1	1,014	42,56	2,382	2727,21
	1833,2		O ₂	107,3	2	3,0	113,3	0,463	58,87	0,786	568,45
	1836,8		O ₂	90,9	2	3,0	96,9	0,070	58,93	0,119	13,02
	1842,2		O ₂	95,7	2	3,0	101,7	0,122	59,02	0,206	39,33
	2112,8	128	Vodafone	81,4	2	13,0	97,4	0,074	61,00	0,122	14,61
	2112,8	250	Vodafone	89,6	2	13,0	105,6	0,191	61,00	0,313	96,54
	2157,2	345	O ₂	99,1	2	13,0	115,1	0,570	61,00	0,934	860,38
	2157,2	347	O ₂	80,8	2	13,0	96,8	0,069	61,00	0,114	12,73
	2157,2	349	O ₂	86,4	2	13,0	102,4	0,132	61,00	0,216	46,20
Summen								1,34		2,87	4791,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²
6.3	957,8		Vodafone	101,4	4	3,0	110,4	0,332	42,55	0,780	292,23
	958,2		Vodafone	107,0	4	3,0	116,0	0,632	42,56	1,486	1061,01
	1833,2		O ₂	106,7	2	3,0	112,7	0,432	58,87	0,734	495,10
	1836,8		O ₂	91,8	2	3,0	97,8	0,078	58,93	0,132	16,02
	1842,2		O ₂	90,1	2	3,0	96,1	0,064	59,02	0,108	10,83
	2112,8	128	Vodafone	69,1	2	13,0	85,1	0,018	61,00	0,030	0,86
	2112,8	250	Vodafone	97,2	2	13,0	113,2	0,458	61,00	0,750	555,51
	2157,2	345	O ₂	89,2	2	13,0	105,2	0,182	61,00	0,299	88,04
	2157,2	347	O ₂	77,7	2	13,0	93,7	0,048	61,00	0,079	6,23
	2157,2	349	O ₂	81,2	2	13,0	97,2	0,073	61,00	0,119	13,95
Summen								0,98		2,01	2539,8
6.4	957,8		Vodafone	105,6	4	3,0	114,6	0,538	42,55	1,265	768,63
	958,2		Vodafone	96,9	4	3,0	105,9	0,198	42,56	0,465	103,69
	1833,2		O ₂	89,0	2	3,0	95,0	0,056	58,87	0,096	8,41
	1836,8		O ₂	103,0	2	3,0	109,0	0,282	58,93	0,479	211,20
	1842,2		O ₂	96,1	2	3,0	102,1	0,128	59,02	0,216	43,12
	2112,8	128	Vodafone	89,2	2	13,0	105,2	0,182	61,00	0,299	88,04
	2112,8	250	Vodafone	83,2	2	13,0	99,2	0,091	61,00	0,150	22,12
	2157,2	345	O ₂	77,4	2	13,0	93,4	0,047	61,00	0,077	5,82
	2157,2	347	O ₂	82,0	2	13,0	98,0	0,080	61,00	0,130	16,78
	2157,2	349	O ₂	77,6	2	13,0	93,6	0,048	61,00	0,079	6,09
Summen								0,69		1,50	1273,9
6.5	957,8		Vodafone	105,4	4	3,0	114,4	0,526	42,55	1,236	734,04
	958,2		Vodafone	106,7	4	3,0	115,7	0,611	42,56	1,435	990,19
	1833,2		O ₂	103,7	2	3,0	109,7	0,306	58,87	0,520	248,14
	1836,8		O ₂	91,1	2	3,0	97,1	0,072	58,93	0,122	13,64
	1842,2		O ₂	99,2	2	3,0	105,2	0,182	59,02	0,309	88,04
	2112,8	128	Vodafone	90,0	2	13,0	106,0	0,200	61,00	0,327	105,85
	2112,8	250	Vodafone	92,4	2	13,0	108,4	0,263	61,00	0,432	183,95
	2157,2	345	O ₂	92,1	2	13,0	108,1	0,254	61,00	0,417	171,67
	2157,2	347	O ₂	82,2	2	13,0	98,2	0,081	61,00	0,133	17,57
	2157,2	349	O ₂	84,3	2	13,0	100,3	0,104	61,00	0,170	28,49
Summen								0,99		2,12	2581,6
6.6	957,8		Vodafone	101,0	4	3,0	110,0	0,317	42,55	0,745	266,51
	958,2		Vodafone	108,3	4	3,0	117,3	0,735	42,56	1,726	1431,26
	1833,2		O ₂	105,0	2	3,0	111,0	0,355	58,87	0,603	334,73
	1836,8		O ₂	86,5	2	3,0	92,5	0,042	58,93	0,072	4,73
	1842,2		O ₂	97,9	2	3,0	103,9	0,157	59,02	0,266	65,27
	2112,8	128	Vodafone	79,4	2	13,0	95,4	0,059	61,00	0,097	9,22
	2112,8	250	Vodafone	87,5	2	13,0	103,5	0,150	61,00	0,246	59,52
	2157,2	345	O ₂	93,6	2	13,0	109,6	0,302	61,00	0,496	242,49
	2157,2	347	O ₂	81,0	2	13,0	97,0	0,071	61,00	0,116	13,33
	2157,2	349	O ₂	98,8	2	13,0	114,8	0,550	61,00	0,902	802,95
Summen								1,10		2,26	3230,0
6.7	957,8		Vodafone	97,8	4	3,0	106,8	0,219	42,55	0,515	127,56
	958,2		Vodafone	101,7	4	3,0	110,7	0,344	42,56	0,807	313,13
	1833,2		O ₂	99,7	2	3,0	105,7	0,193	58,87	0,328	98,78
	1836,8		O ₂	103,5	2	3,0	109,5	0,299	58,93	0,507	236,97
	1842,2		O ₂	88,3	2	3,0	94,3	0,052	59,02	0,088	7,16
	2112,8	128	Vodafone	76,1	2	13,0	92,1	0,040	61,00	0,066	4,31
	2112,8	250	Vodafone	86,2	2	13,0	102,2	0,129	61,00	0,211	44,13
	2157,2	345	O ₂	88,9	2	13,0	104,9	0,176	61,00	0,289	82,17
	2157,2	347	O ₂	90,1	2	13,0	106,1	0,202	61,00	0,331	108,32
	2157,2	349	O ₂	83,8	2	13,0	99,8	0,098	61,00	0,160	25,39
Summen								0,63		1,25	1047,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²
6.8	957,8		Vodafone	90,9	4	3,0	99,9	0,099	42,55	0,233	26,04
	958,2		Vodafone	102,7	4	3,0	111,7	0,386	42,56	0,906	394,20
	1833,2		O ₂	99,5	2	3,0	105,5	0,189	58,87	0,320	94,34
	1836,8		O ₂	104,7	2	3,0	110,7	0,343	58,93	0,582	312,38
	1842,2		O ₂	84,9	2	3,0	90,9	0,035	59,02	0,060	3,27
	2112,8	128	Vodafone	68,4	2	13,0	84,4	0,017	61,00	0,027	0,73
	2112,8	250	Vodafone	81,7	2	13,0	97,7	0,077	61,00	0,126	15,66
	2157,2	345	O ₂	98,3	2	13,0	114,3	0,519	61,00	0,852	715,63
	2157,2	347	O ₂	79,9	2	13,0	95,9	0,062	61,00	0,102	10,34
	2157,2	349	O ₂	70,4	2	13,0	86,4	0,021	61,00	0,034	1,16
Summen								0,77		1,44	1573,8
6.9	957,8		Vodafone	112,7	4	3,0	121,7	1,219	42,55	2,865	3942,02
	958,2		Vodafone	95,9	4	3,0	104,9	0,176	42,56	0,414	82,36
	1833,2		O ₂	85,6	2	3,0	91,6	0,038	58,87	0,065	3,84
	1836,8		O ₂	96,4	2	3,0	102,4	0,132	58,93	0,224	46,20
	1842,2		O ₂	109,9	2	3,0	115,9	0,624	59,02	1,058	1034,40
	2112,8	128	Vodafone	95,1	2	13,0	111,1	0,359	61,00	0,589	342,52
	2112,8	250	Vodafone	70,2	2	13,0	86,2	0,020	61,00	0,034	1,11
	2157,2	345	O ₂	63,2	2	13,0	79,2	0,009	61,00	0,015	0,22
	2157,2	347	O ₂	85,7	2	13,0	101,7	0,122	61,00	0,200	39,33
	2157,2	349	O ₂	94,2	2	13,0	110,2	0,324	61,00	0,531	278,41
Summen								1,47		3,20	5770,4
7.1	1831,4		O ₂	96,0	2	3,0	102,0	0,126	58,84	0,214	42,14
	1841,8		O ₂	117,4	2	3,0	123,4	1,481	59,01	2,510	5816,86
	1860,2		E-Plus	90,0	4	3,0	99,0	0,089	59,30	0,151	21,17
	1867,0		E-Plus	99,7	4	3,0	108,7	0,273	59,41	0,459	197,57
	1874,8		E-Plus	114,2	4	3,0	123,2	1,449	59,54	2,434	5568,25
	2132,6	274	E-Plus	107,0	2	13,0	123,0	1,414	61,00	2,318	5305,04
	2132,6	273	E-Plus	77,3	2	13,0	93,3	0,046	61,00	0,076	5,68
	2132,6	275	E-Plus	87,0	2	13,0	103,0	0,141	61,00	0,232	53,05
	2157,2	2	O ₂	102,2	2	13,0	118,2	0,814	61,00	1,334	1756,66
	2157,2	4	O ₂	82,2	2	13,0	98,2	0,081	61,00	0,133	17,57
2157,2	7	O ₂	79,9	2	13,0	95,9	0,062	61,00	0,102	10,34	
Summen								2,66		4,44	18794,3
8.1	2112,8	72	Vodafone	96,5	2	13,0	112,5	0,422	61,00	0,692	472,81
	2112,8	168	Vodafone	80,1	2	13,0	96,1	0,064	61,00	0,105	10,83
	2112,8	176	Vodafone	100,1	2	13,0	116,1	0,639	61,00	1,048	1083,15
	2167,2	91	T-Mobile	98,3	2	13,0	114,3	0,519	61,00	0,852	715,63
	2167,2	244	T-Mobile	87,1	2	13,0	103,1	0,143	61,00	0,235	54,29
	2167,2	364	T-Mobile	111,6	2	13,0	127,6	2,402	61,00	3,937	15299,90
Summen								2,58		4,23	17636,6
8.2	2112,8	72	Vodafone	68,3	2	13,0	84,3	0,016	61,00	0,027	0,72
	2112,8	168	Vodafone	77,2	2	13,0	93,2	0,046	61,00	0,075	5,56
	2112,8	176	Vodafone	90,4	2	13,0	106,4	0,209	61,00	0,343	116,06
	2167,2	91	T-Mobile	89,0	2	13,0	105,0	0,178	61,00	0,292	84,08
	2167,2	244	T-Mobile	99,1	2	13,0	115,1	0,570	61,00	0,934	860,38
	2167,2	364	T-Mobile	98,4	2	13,0	114,4	0,525	61,00	0,861	732,30
Summen								0,82		1,35	1799,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²
8.3	2112,8	72	Vodafone	95,4	2	13,0	111,4	0,372	61,00	0,610	367,02
	2112,8	168	Vodafone	75,4	2	13,0	91,4	0,037	61,00	0,061	3,67
	2112,8	176	Vodafone	95,1	2	13,0	111,1	0,359	61,00	0,589	342,52
	2167,2	91	T-Mobile	96,8	2	13,0	112,8	0,437	61,00	0,716	506,63
	2167,2	244	T-Mobile	80,5	2	13,0	96,5	0,067	61,00	0,110	11,88
	2167,2	364	T-Mobile	100,5	2	13,0	116,5	0,669	61,00	1,097	1187,65
Summen								0,96		1,57	2419,4
8.4	2112,8	72	Vodafone	101,5	2	13,0	117,5	0,751	61,00	1,231	1495,16
	2112,8	168	Vodafone	74,0	2	13,0	90,0	0,032	61,00	0,052	2,66
	2112,8	176	Vodafone	90,8	2	13,0	106,8	0,219	61,00	0,359	127,26
	2167,2	91	T-Mobile	103,7	2	13,0	119,7	0,967	61,00	1,586	2481,35
	2167,2	244	T-Mobile	84,5	2	13,0	100,5	0,106	61,00	0,174	29,83
	2167,2	364	T-Mobile	101,5	2	13,0	117,5	0,751	61,00	1,231	1495,16
Summen								1,46		2,39	5631,4
8.5	2112,8	72	Vodafone	93,3	2	13,0	109,3	0,292	61,00	0,479	226,30
	2112,8	168	Vodafone	73,3	2	13,0	89,3	0,029	61,00	0,048	2,26
	2112,8	176	Vodafone	81,8	2	13,0	97,8	0,078	61,00	0,127	16,02
	2167,2	91	T-Mobile	81,2	2	13,0	97,2	0,073	61,00	0,119	13,95
	2167,2	244	T-Mobile	70,7	2	13,0	86,7	0,022	61,00	0,035	1,24
	2167,2	364	T-Mobile	79,8	2	13,0	95,8	0,062	61,00	0,101	10,11
Summen								0,32		0,52	269,9
9.1	948,2		Vodafone	105,0	4	3,0	114,0	0,502	42,34	1,187	669,45
	957,4		Vodafone	91,4	4	3,0	100,4	0,105	42,55	0,247	29,22
	958,2		Vodafone	109,9	4	3,0	118,9	0,883	42,56	2,075	2068,80
	938,6		T-Mobile	89,9	4	3,0	98,9	0,088	42,13	0,210	20,69
	942,2		T-Mobile	104,3	4	3,0	113,3	0,463	42,21	1,098	569,80
	954,0		T-Mobile	108,4	4	3,0	117,4	0,743	42,47	1,750	1464,60
	1830,6		O ₂	110,8	6	3,0	121,6	1,200	58,83	2,039	3817,77
	1832,8		O ₂	88,4	4	3,0	97,4	0,074	58,87	0,126	14,65
	1834,8		O ₂	81,1	4	3,0	90,1	0,032	58,90	0,054	2,73
	1864,2		E-Plus	110,3	2	3,0	116,3	0,654	59,37	1,101	1134,20
	1864,6		E-Plus	99,5	2	3,0	105,5	0,189	59,37	0,318	94,34
	1866,0		E-Plus	103,3	2	3,0	109,3	0,292	59,40	0,492	226,30
	2112,8	104	Vodafone	102,0	2	13,0	118,0	0,795	61,00	1,304	1677,60
	2112,8	112	Vodafone	82,0	2	13,0	98,0	0,080	61,00	0,130	16,78
	2112,8	136	Vodafone	84,4	2	13,0	100,4	0,105	61,00	0,172	29,15
	2132,6	100	E-Plus	94,8	2	13,0	110,8	0,347	61,00	0,569	319,66
	2132,6	101	E-Plus	80,3	2	13,0	96,3	0,065	61,00	0,107	11,34
	2132,6	102	E-Plus	102,2	2	13,0	118,2	0,814	61,00	1,334	1756,66
	2157,2	480	O ₂	90,6	2	13,0	106,6	0,214	61,00	0,351	121,53
	2157,2	483	O ₂	93,4	2	13,0	109,4	0,295	61,00	0,484	231,57
	2157,2	486	O ₂	86,4	2	13,0	102,4	0,132	61,00	0,216	46,20
2167,2	146	T-Mobile	104,4	2	13,0	120,4	1,048	61,00	1,719	2915,34	
2167,2	128	T-Mobile	84,4	2	13,0	100,4	0,105	61,00	0,172	29,15	
2167,2	163	T-Mobile	100,9	2	13,0	116,9	0,701	61,00	1,149	1302,23	
Summen								2,65		4,94	18569,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²
9.2	948,2		Vodafone	101,0	4	3,0	110,0	0,317	42,34	0,749	266,51
	957,4		Vodafone	86,1	4	3,0	95,1	0,057	42,55	0,134	8,62
	958,2		Vodafone	104,5	4	3,0	113,5	0,474	42,56	1,114	596,65
	938,6		T-Mobile	91,6	4	3,0	100,6	0,107	42,13	0,255	30,60
	942,2		T-Mobile	104,3	4	3,0	113,3	0,463	42,21	1,098	569,80
	954,0		T-Mobile	102,4	4	3,0	111,4	0,372	42,47	0,877	367,89
	1830,6		O ₂	108,8	6	3,0	119,6	0,953	58,83	1,620	2408,85
	1832,8		O ₂	84,9	4	3,0	93,9	0,050	58,87	0,084	6,54
	1834,8		O ₂	86,9	4	3,0	95,9	0,063	58,90	0,106	10,37
	1864,2		E-Plus	103,9	2	3,0	109,9	0,313	59,37	0,527	259,83
	1864,6		E-Plus	100,6	2	3,0	106,6	0,214	59,37	0,361	121,53
	1866,0		E-Plus	104,5	2	3,0	110,5	0,335	59,40	0,565	298,32
	2112,8	104	Vodafone	88,8	2	13,0	104,8	0,174	61,00	0,285	80,30
	2112,8	112	Vodafone	73,4	2	13,0	89,4	0,030	61,00	0,048	2,32
	2112,8	136	Vodafone	77,2	2	13,0	93,2	0,046	61,00	0,075	5,56
	2132,6	100	E-Plus	91,5	2	13,0	107,5	0,237	61,00	0,389	149,52
	2132,6	101	E-Plus	76,6	2	13,0	92,6	0,043	61,00	0,070	4,84
	2132,6	102	E-Plus	96,6	2	13,0	112,6	0,427	61,00	0,700	483,83
	2157,2	480	O ₂	77,9	2	13,0	93,9	0,050	61,00	0,081	6,53
	2157,2	483	O ₂	94,8	2	13,0	110,8	0,347	61,00	0,569	319,66
	2157,2	486	O ₂	85,6	2	13,0	101,6	0,120	61,00	0,197	38,43
	2167,2	146	T-Mobile	95,3	2	13,0	111,3	0,368	61,00	0,603	358,66
	2167,2	128	T-Mobile	81,4	2	13,0	97,4	0,074	61,00	0,122	14,61
	2167,2	163	T-Mobile	101,0	2	13,0	117,0	0,709	61,00	1,162	1332,57
Summen								1,71		3,17	7742,3
9.3	948,2		Vodafone	96,8	4	3,0	105,8	0,195	42,34	0,462	101,33
	957,4		Vodafone	99,7	4	3,0	108,7	0,273	42,55	0,641	197,57
	958,2		Vodafone	115,5	4	3,0	124,5	1,683	42,56	3,954	7511,36
	938,6		T-Mobile	96,0	4	3,0	105,0	0,178	42,13	0,423	84,28
	942,2		T-Mobile	97,6	4	3,0	106,6	0,214	42,21	0,508	121,82
	954,0		T-Mobile	115,2	4	3,0	124,2	1,626	42,47	3,828	7010,01
	1830,6		O ₂	104,3	6	3,0	115,1	0,568	58,83	0,965	854,69
	1832,8		O ₂	92,1	4	3,0	101,1	0,114	58,87	0,193	34,33
	1834,8		O ₂	83,3	4	3,0	92,3	0,041	58,90	0,070	4,53
	1836,8		O ₂	122,8	4	3,0	131,8	3,900	58,93	6,618	40338,40
	1864,2		E-Plus	120,4	2	3,0	126,4	2,092	59,37	3,523	11606,16
	1864,6		E-Plus	96,0	2	3,0	102,0	0,126	59,37	0,212	42,14
	1866,0		E-Plus	106,8	2	3,0	112,8	0,437	59,40	0,736	506,63
	2112,8	104	Vodafone	107,7	2	13,0	123,7	1,533	61,00	2,513	6232,88
	2112,8	112	Vodafone	87,7	2	13,0	103,7	0,153	61,00	0,251	62,33
	2112,8	136	Vodafone	87,7	2	13,0	103,7	0,153	61,00	0,251	62,33
	2132,6	100	E-Plus	110,0	2	13,0	126,0	1,998	61,00	3,275	10584,95
	2132,6	101	E-Plus	90,0	2	13,0	106,0	0,200	61,00	0,327	105,85
	2132,6	102	E-Plus	90,0	2	13,0	106,0	0,200	61,00	0,327	105,85
	2157,2	480	O ₂	90,3	2	13,0	106,3	0,207	61,00	0,339	113,42
	2157,2	483	O ₂	101,0	2	13,0	117,0	0,709	61,00	1,162	1332,57
	2157,2	486	O ₂	76,6	2	13,0	92,6	0,043	61,00	0,070	4,84
	2167,2	146	T-Mobile	90,7	2	13,0	106,7	0,217	61,00	0,355	124,36
	2167,2	128	T-Mobile	82,2	2	13,0	98,2	0,081	61,00	0,133	17,57
	2167,2	163	T-Mobile	80,6	2	13,0	96,6	0,068	61,00	0,111	12,15
Summen								5,73		10,40	87172,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²
10.1	941,0		T-Mobile	90,6	4	3,0	99,6	0,096	42,18	0,227	24,31
	943,4		T-Mobile	94,9	4	3,0	103,9	0,157	42,23	0,372	65,42
	954,6		T-Mobile	117,3	4	3,0	126,3	2,070	42,48	4,873	11368,91
	947,6		Vodafone	102,0	4	3,0	111,0	0,356	42,33	0,840	335,52
	930,4		O ₂	106,7	4	3,0	115,7	0,611	41,94	1,457	990,19
	933,2		O ₂	116,0	4	3,0	125,0	1,783	42,00	4,244	8427,89
	935,2		O ₂	96,5	4	3,0	105,5	0,189	42,05	0,449	94,56
	932,0		O ₂	86,2	4	3,0	95,2	0,058	41,98	0,137	8,83
	2112,8	80	Vodafone	75,3	2	13,0	91,3	0,037	61,00	0,060	3,59
	2112,8	120	Vodafone	94,6	2	13,0	110,6	0,339	61,00	0,556	305,27
	2112,8	180	Vodafone	95,3	2	13,0	111,3	0,368	61,00	0,603	358,66
	2157,2	496	O ₂	88,9	2	13,0	104,9	0,176	61,00	0,289	82,17
	2157,2	498	O ₂	105,9	2	13,0	121,9	1,246	61,00	2,043	4118,02
	2157,2	499	O ₂	85,9	2	13,0	101,9	0,125	61,00	0,204	41,18
	2167,2	41	T-Mobile	76,0	2	13,0	92,0	0,040	61,00	0,065	4,21
	2167,2	382	T-Mobile	107,1	2	13,0	123,1	1,431	61,00	2,345	5428,61
	2167,2	458	T-Mobile	87,1	2	13,0	103,1	0,143	61,00	0,235	54,29
Summen								3,46		7,45	31711,6
10.2	941,0		T-Mobile	122,1	4	3,0	131,1	3,598	42,18	8,530	34333,54
	943,4		T-Mobile	95,9	4	3,0	104,9	0,176	42,23	0,417	82,36
	954,6		T-Mobile	107,6	4	3,0	116,6	0,678	42,48	1,595	1218,20
	947,6		Vodafone	107,0	4	3,0	116,0	0,632	42,33	1,494	1061,01
	930,4		O ₂	93,5	4	3,0	102,5	0,134	41,94	0,319	47,39
	933,2		O ₂	121,0	4	3,0	130,0	3,170	42,00	7,546	26651,31
	935,2		O ₂	92,0	4	3,0	101,0	0,112	42,05	0,267	33,55
	932,0		O ₂	102,8	4	3,0	111,8	0,390	41,98	0,929	403,38
	2112,8	80	Vodafone	87,0	2	13,0	103,0	0,141	61,00	0,232	53,05
	2112,8	120	Vodafone	81,8	2	13,0	97,8	0,078	61,00	0,127	16,02
	2112,8	180	Vodafone	101,8	2	13,0	117,8	0,777	61,00	1,274	1602,10
	2157,2	496	O ₂	88,0	2	13,0	104,0	0,159	61,00	0,260	66,79
	2157,2	498	O ₂	108,0	2	13,0	124,0	1,587	61,00	2,601	6678,65
	2157,2	499	O ₂	84,0	2	13,0	100,0	0,100	61,00	0,164	26,59
	2167,2	41	T-Mobile	90,7	2	13,0	106,7	0,217	61,00	0,355	124,36
	2167,2	382	T-Mobile	90,7	2	13,0	106,7	0,217	61,00	0,355	124,36
	2167,2	458	T-Mobile	110,7	2	13,0	126,7	2,165	61,00	3,550	12436,23
Summen								5,66		12,53	84958,9
10.3	941,0		T-Mobile	110,3	4	3,0	119,3	0,925	42,18	2,192	2268,39
	943,4		T-Mobile	115,9	4	3,0	124,9	1,762	42,23	4,172	8236,04
	954,6		T-Mobile	89,6	4	3,0	98,6	0,085	42,48	0,201	19,31
	947,6		Vodafone	109,2	4	3,0	118,2	0,815	42,33	1,925	1760,83
	930,4		O ₂	105,2	4	3,0	114,2	0,514	41,94	1,226	701,00
	933,2		O ₂	100,3	4	3,0	109,3	0,292	42,00	0,696	226,84
	935,2		O ₂	94,8	4	3,0	103,8	0,155	42,05	0,369	63,93
	932,0		O ₂	124,3	4	3,0	133,3	4,635	41,98	11,041	56979,50
	2112,8	80	Vodafone	96,4	2	13,0	112,4	0,417	61,00	0,684	462,05
	2112,8	120	Vodafone	81,5	2	13,0	97,5	0,075	61,00	0,123	14,95
	2112,8	180	Vodafone	81,8	2	13,0	97,8	0,078	61,00	0,127	16,02
	2157,2	496	O ₂	93,0	2	13,0	109,0	0,282	61,00	0,463	211,20
	2157,2	498	O ₂	92,1	2	13,0	108,1	0,254	61,00	0,417	171,67
	2157,2	499	O ₂	112,1	2	13,0	128,1	2,544	61,00	4,170	17166,77
	2167,2	41	T-Mobile	97,3	2	13,0	113,3	0,463	61,00	0,759	568,45
	2167,2	382	T-Mobile	77,3	2	13,0	93,3	0,046	61,00	0,076	5,68
	2167,2	458	T-Mobile	84,9	2	13,0	100,9	0,111	61,00	0,182	32,71
Summen								5,79		13,00	88905,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²
10.4	941,0		T-Mobile	94,3	4	3,0	103,3	0,147	42,18	0,347	56,98
	943,4		T-Mobile	104,1	4	3,0	113,1	0,453	42,23	1,072	544,15
	954,6		T-Mobile	114,1	4	3,0	123,1	1,432	42,48	3,371	5441,50
	947,6		Vodafone	103,1	4	3,0	112,1	0,404	42,33	0,954	432,23
	930,4		O ₂	100,2	4	3,0	109,2	0,289	41,94	0,689	221,68
	933,2		O ₂	100,7	4	3,0	109,7	0,306	42,00	0,729	248,72
	935,2		O ₂	93,0	4	3,0	102,0	0,126	42,05	0,300	42,24
	932,0		O ₂	91,9	4	3,0	100,9	0,111	41,98	0,265	32,79
	1871,2		E-Plus	108,6	2	3,0	114,6	0,538	59,48	0,904	766,81
	2112,8	80	Vodafone	81,9	2	13,0	97,9	0,079	61,00	0,129	16,39
	2112,8	120	Vodafone	101,9	2	13,0	117,9	0,786	61,00	1,289	1639,41
	2112,8	180	Vodafone	89,4	2	13,0	105,4	0,186	61,00	0,306	92,19
	2157,2	496	O ₂	95,3	2	13,0	111,3	0,368	61,00	0,603	358,66
	2157,2	498	O ₂	111,3	2	13,0	127,3	2,320	61,00	3,804	14278,70
	2157,2	499	O ₂	91,3	2	13,0	107,3	0,232	61,00	0,380	142,79
	2167,2	41	T-Mobile	90,0	2	13,0	106,0	0,200	61,00	0,327	105,85
2167,2	382	T-Mobile	95,3	2	13,0	111,3	0,368	61,00	0,603	358,66	
2167,2	458	T-Mobile	75,3	2	13,0	91,3	0,037	61,00	0,060	3,59	
Summen								3,06		5,72	24783,4
10.5	941,0		T-Mobile	92,1	4	3,0	101,1	0,114	42,18	0,270	34,33
	943,4		T-Mobile	112,5	4	3,0	121,5	1,191	42,23	2,821	3764,60
	954,6		T-Mobile	92,8	4	3,0	101,8	0,123	42,48	0,290	40,34
	947,6		Vodafone	85,3	4	3,0	94,3	0,052	42,33	0,123	7,17
	930,4		O ₂	110,5	4	3,0	119,5	0,946	41,94	2,256	2375,30
	933,2		O ₂	88,3	4	3,0	97,3	0,073	42,00	0,175	14,31
	935,2		O ₂	99,6	4	3,0	108,6	0,270	42,05	0,642	193,07
	932,0		O ₂	113,0	4	3,0	122,0	1,262	41,98	3,006	4223,95
	1869,8		E-Plus	99,0	4	3,0	108,0	0,252	59,46	0,423	168,16
	2112,8	80	Vodafone	100,2	2	13,0	116,2	0,646	61,00	1,060	1108,38
	2112,8	120	Vodafone	89,7	2	13,0	105,7	0,193	61,00	0,316	98,78
	2112,8	180	Vodafone	80,2	2	13,0	96,2	0,065	61,00	0,106	11,08
	2157,2	496	O ₂	92,2	2	13,0	108,2	0,257	61,00	0,422	175,67
	2157,2	498	O ₂	72,7	2	13,0	88,7	0,027	61,00	0,045	1,97
	2157,2	499	O ₂	83,6	2	13,0	99,6	0,096	61,00	0,157	24,25
	2167,2	41	T-Mobile	101,9	2	13,0	117,9	0,786	61,00	1,289	1639,41
2167,2	382	T-Mobile	76,7	2	13,0	92,7	0,043	61,00	0,071	4,95	
2167,2	458	T-Mobile	81,7	2	13,0	97,7	0,077	61,00	0,126	15,66	
Summen								2,29		5,10	13901,4

Legende zu obiger Tabelle:

- Spalte 1:** Nummerierung der Messpunkte.
- Spalte 2:** Bei GSM-Signalen: Frequenz des für jede Senderichtung vorhandenen Signalisierungskanals (BCCH) in MHz. Bei UMTS-Signalen (Trägerfrequenzen zwischen 2110 und 2170 MHz): Mittenfrequenz des gemessenen Kanals in MHz.
- Spalte 3:** Scramblingcodenummer des gemessenen Signalisierungskanals (nur bei UMTS-Signalen).
- Spalte 4:** Betreiberzuordnung.
- Spalte 5:** Vor Ort gemessene Feldstärke in dBµV/m.
- Spalte 6:** Summe der von der Bundesnetzagentur genehmigten Kanäle.
- Spalte 7:** Aufschlagfaktor für die Gesamtmessunsicherheit des Verfahrens (3 dB; K = 2). Aufgrund der technischen Angaben der Betreiber wird bei UMTS-Messungen an dieser Stelle zusätzlich der Hochrechnungsfaktor auf maximale Anlagenauslastung eingebracht (10 dB), daher ergibt sich in den UMTS-Zeilen ein Aufschlagfaktor von insgesamt 13 dB.
- Spalte 8:** Hochgerechnete Feldstärke für Maximalauslastung inkl. Messunsicherheitszuschlag
 $\langle \text{Spalte 8} \rangle = \langle \text{Spalte 5} \rangle + 10 \cdot \log(\langle \text{Spalte 6} \rangle) + \langle \text{Spalte 7} \rangle$.
- Spalte 9:** Umrechnung des Wertes aus Spalte 8 von dBµV/m in V/m.

- Spalte 10:** Für die gemessene Frequenz gültiger Grenzwert nach 26. BImSchV (10 MHz - 300 GHz) bzw. nach EU-Ratsempfehlung (für Frequenzen unter 10 MHz).
- Spalte 11:** Quotient aus Spalte 9 und Spalte 10 in Prozent.
- Spalte 12:** Umrechnung des Wertes aus Spalte 9 von V/m in Mikrowatt/m².

Die minimale Immission ergibt sich, wenn man die Kanalzahl (Spalte 6) in allen Zeilen auf "1" setzt und zusätzlich in den UMTS-Zeilen den Aufschlagfaktor (Spalte 7) auf 6 dB erniedrigt.

Anlage 2: Grenzwerte und ihre Entstehung

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

Die festgelegten Grenzwerte für Hochfrequenzimmissionen sind in folgender Tabelle aufgelistet und in Bild 1 graphisch dargestellt.

Frequenz [MHz]	Effektivwert der el. und magn. Feldstärke	
	elektrische Feldstärke [V/m]	magnetische Feldstärke [A/m]
10 – 400	27,5	0,073
400 – 2.000	$1,375 \cdot \sqrt{f}$	$0,0037 \cdot \sqrt{f}$
2.000 – 300.000	61	0,16

f: Betriebsfrequenz in MHz

Tabelle 1: Grenzwerte der 26. BImSchV für Hochfrequenzanlagen

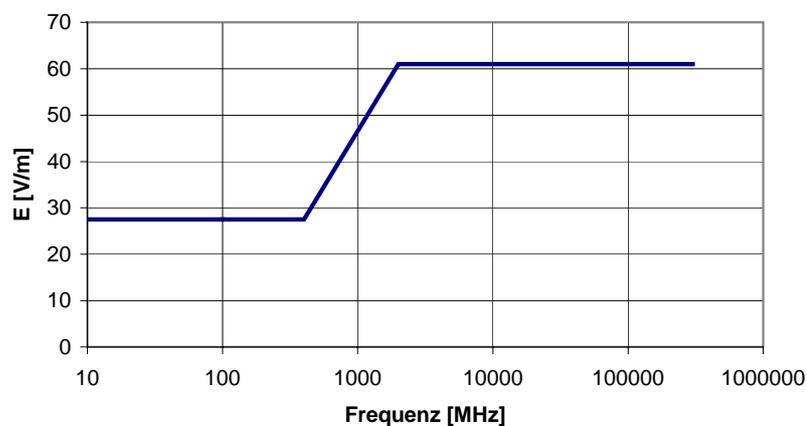


Bild 1: Grafische Darstellung der Grenzwerte (elektrische Feldstärke) nach 26. BImSchV für Hochfrequenzanlagen

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

Die *Internationale Strahlenschutzkommission* (ICNIRP) erarbeitet Grenzwertempfehlungen auf der Basis des aktuellen Forschungsstandes. Grundlage ist die von der WHO und der Umweltorganisation der Vereinten Nationen (UNEP) gemeinsam durchgeführte Bewertung der aktuellen wissenschaftlichen Befunde. Die Ergebnisse dieser Bewertung sind in den sog. "*Environmental Health Criteria*" (z.B. EHC Doc.137) zusammengefasst und als Buch veröffentlicht. In regelmäßigen Abständen prüft die ICNIRP den aktuellen Stand der Forschung und entscheidet darüber, ob eine Aktualisierung der Grenzwerte erforderlich ist. Die zur Zeit aktuellen Empfehlungen der ICNIRP stammen aus dem Jahr 1998 [2].

An dieser Stelle kann angemerkt werden, dass die deutsche *Strahlenschutzkommission* in ihrer letzten Stellungnahme vom 14. September 2001 [4] festgestellt hat, dass derzeit keine wissenschaftliche Begründung existiert, die eine Verschärfung der gesetzlichen Grenzwerte rechtfertigen würde: "*Die SSK kommt zu dem Schluss, dass auch nach Bewertung der neueren wissenschaftlichen Literatur keine neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse im Hinblick auf nachgewiesene Gesundheitsbeeinträchtigungen vorliegen, die Zweifel an der wissenschaftlichen Bewertung aufkommen lassen, die den Schutzkonzepten der ICNIRP bzw. der EU-Ratsempfehlung zugrunde liegt.*"

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

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

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

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

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

den Faktor 50 bezüglich wissenschaftlich nachgewiesener negativer Gesundheitswirkungen vorliegt.

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

Das eben beschriebene Verfahren wird im folgenden Bild graphisch dargestellt.

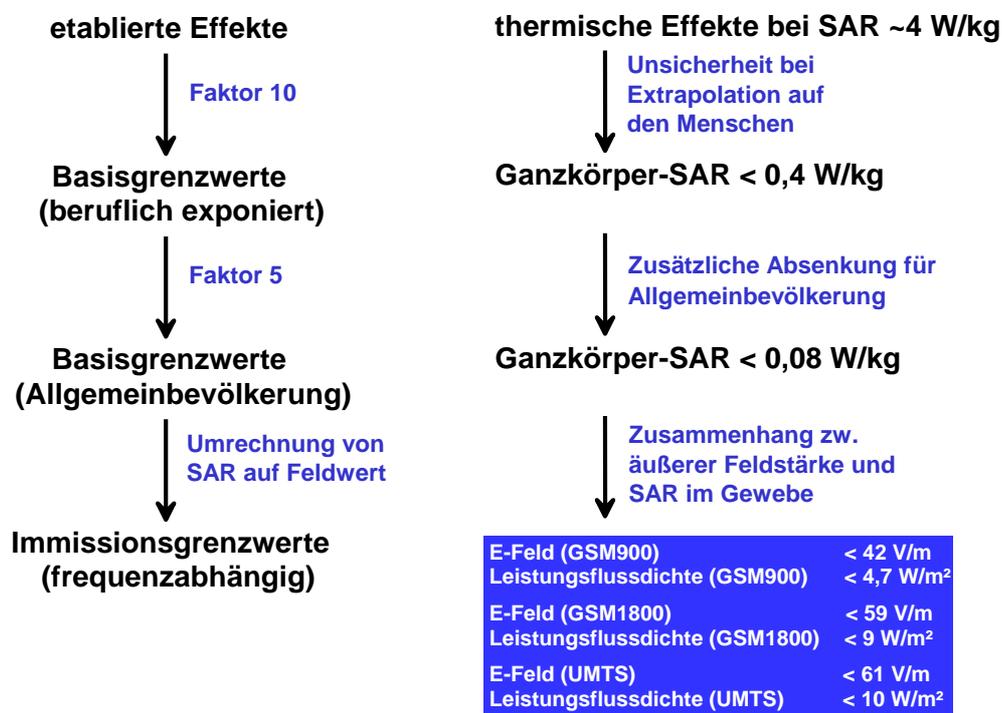
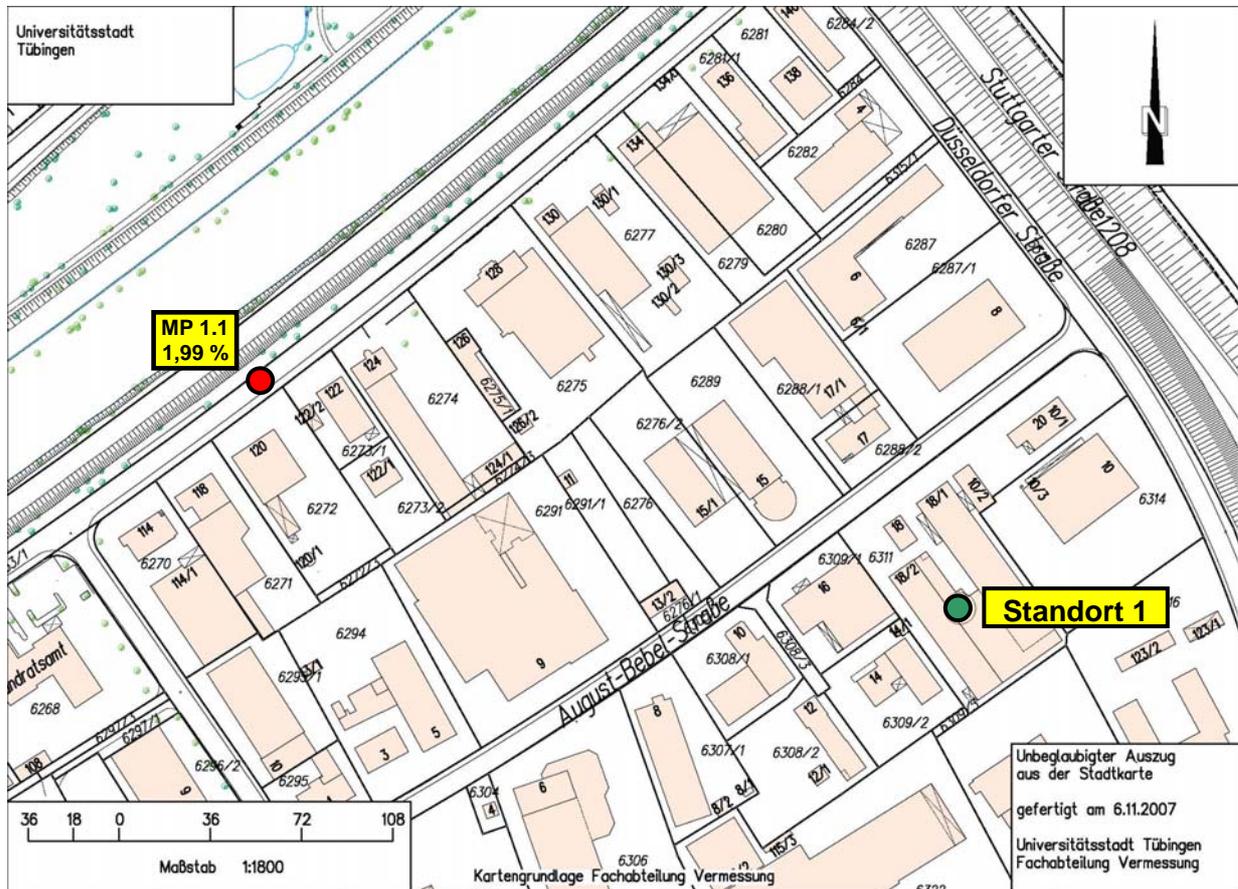


Bild 2: Darstellung der Entstehung internationaler Grenzwertempfehlungen

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

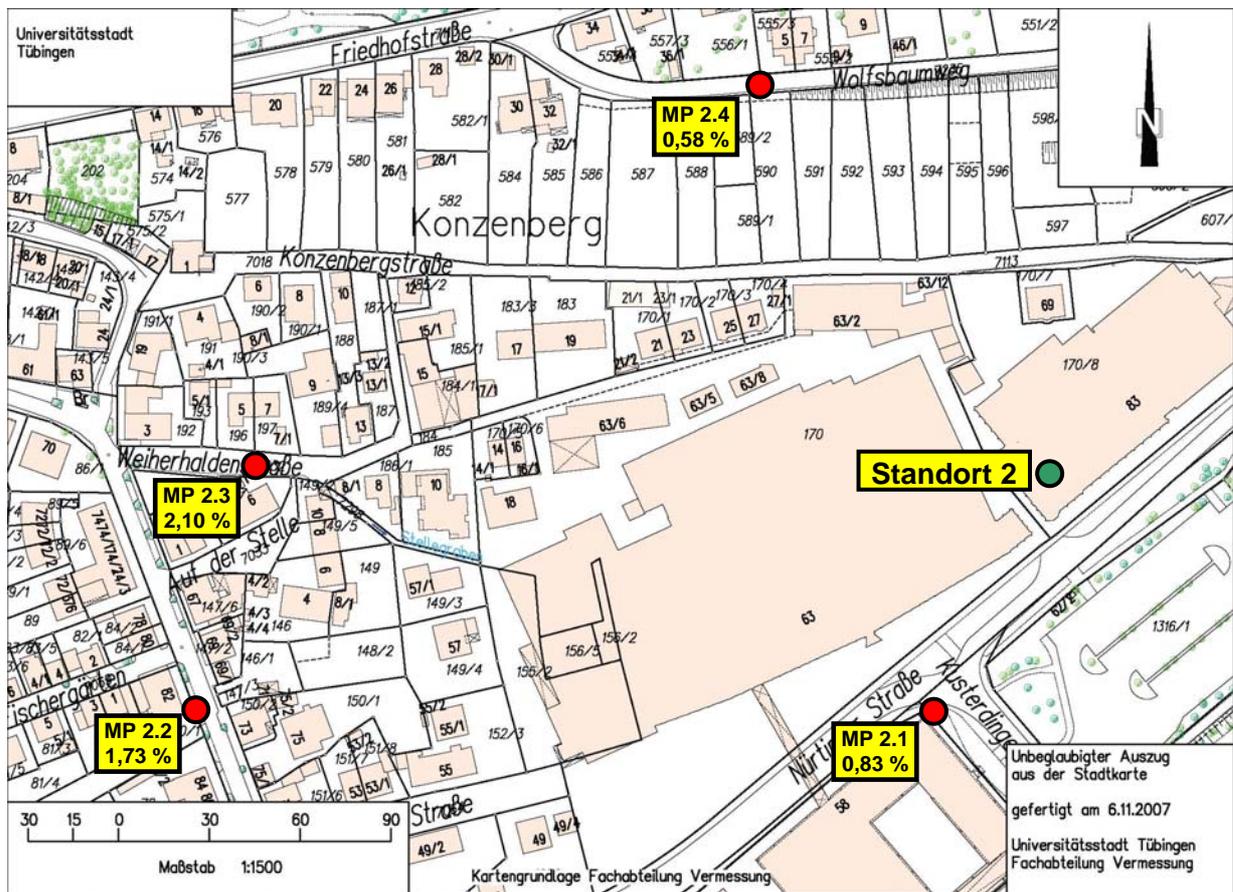
Anlage 3: Lagepläne mit Anlagenstandorten und Messpunkten

Standort 1: "August-Bebel-Str. 18"



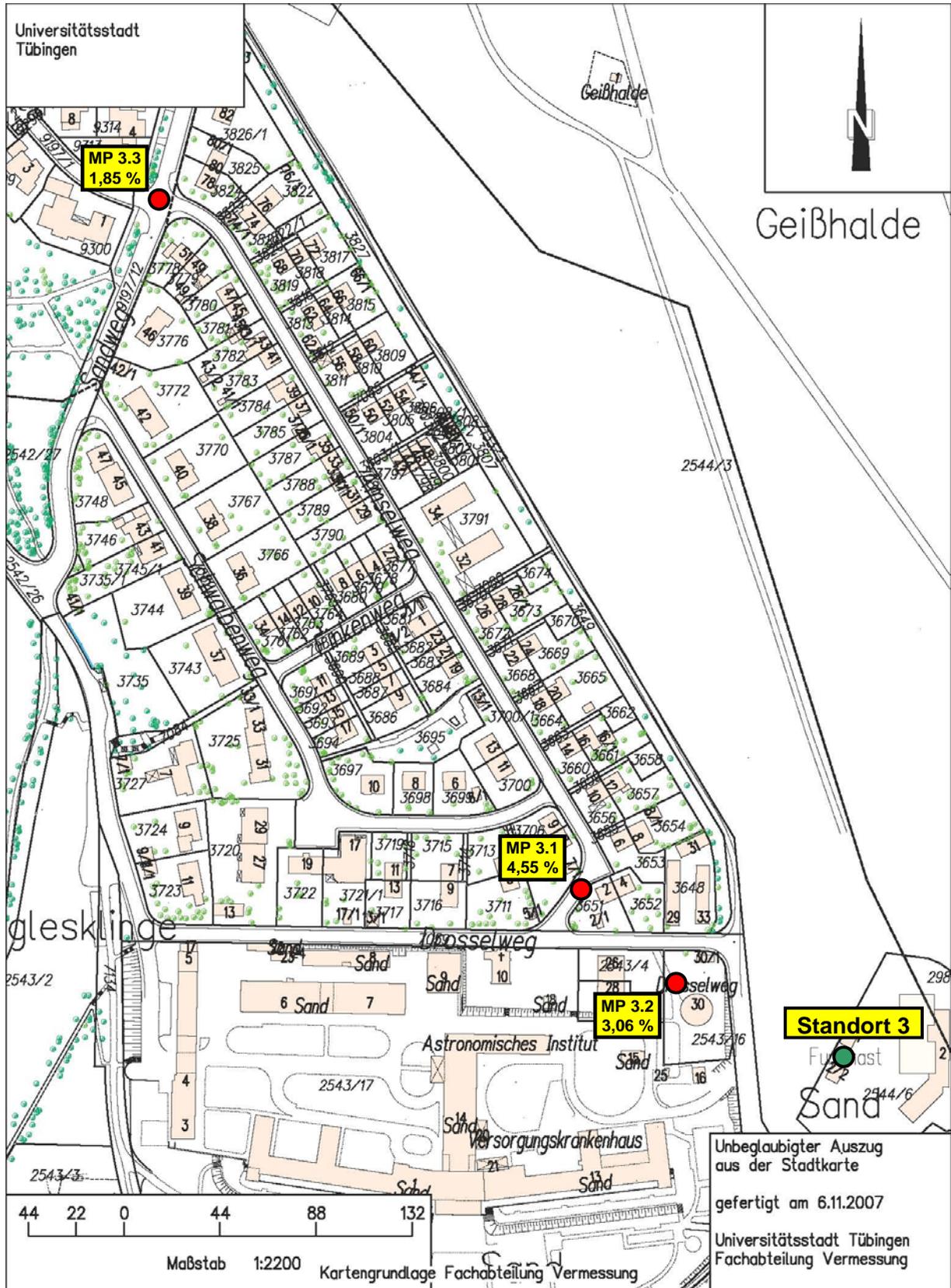
An jedem Messpunkt ist der festgestellte Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollausbau der Anlagen) in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV (bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.

Standort 2: "Nürtinger Str. 83"

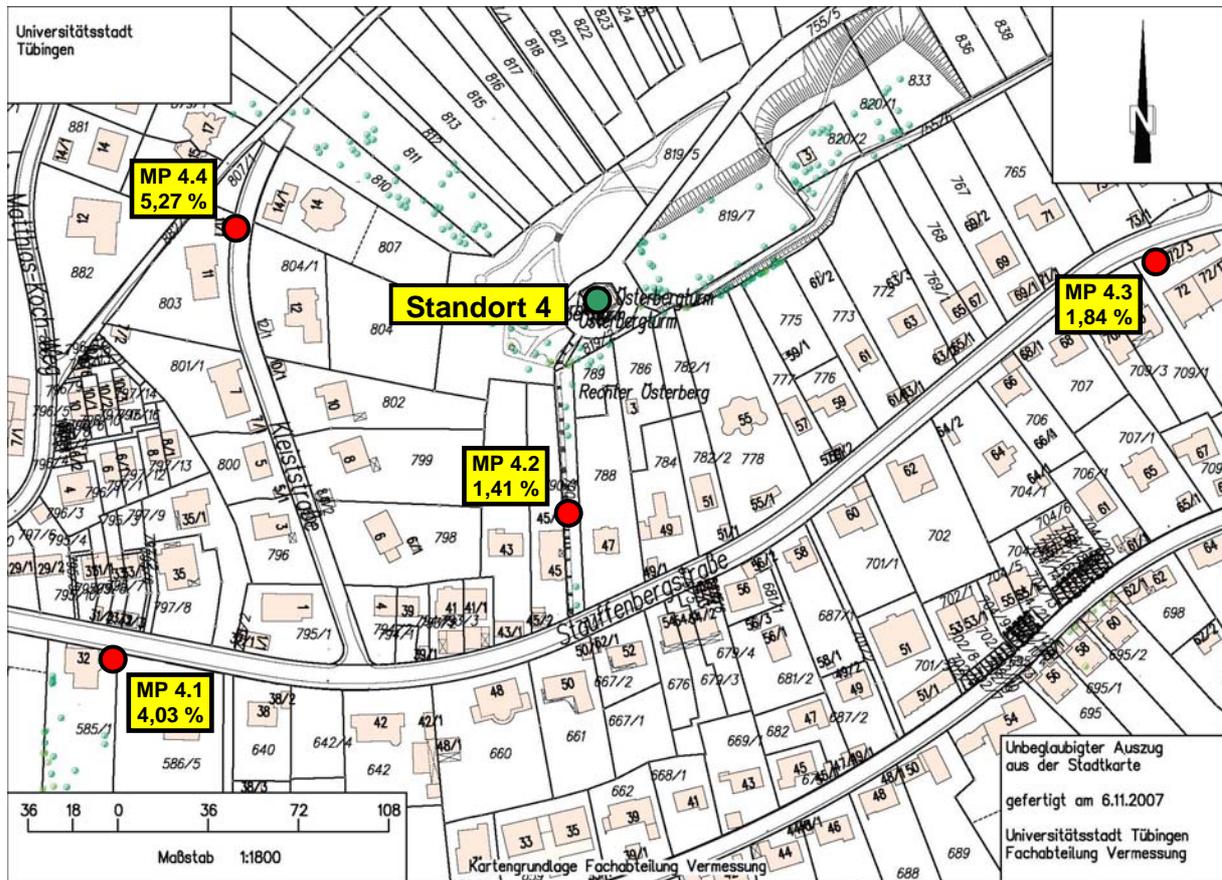


An jedem Messpunkt ist der festgestellte Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollausbau der Anlagen) in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV (bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.

Standort 3: "Sand"

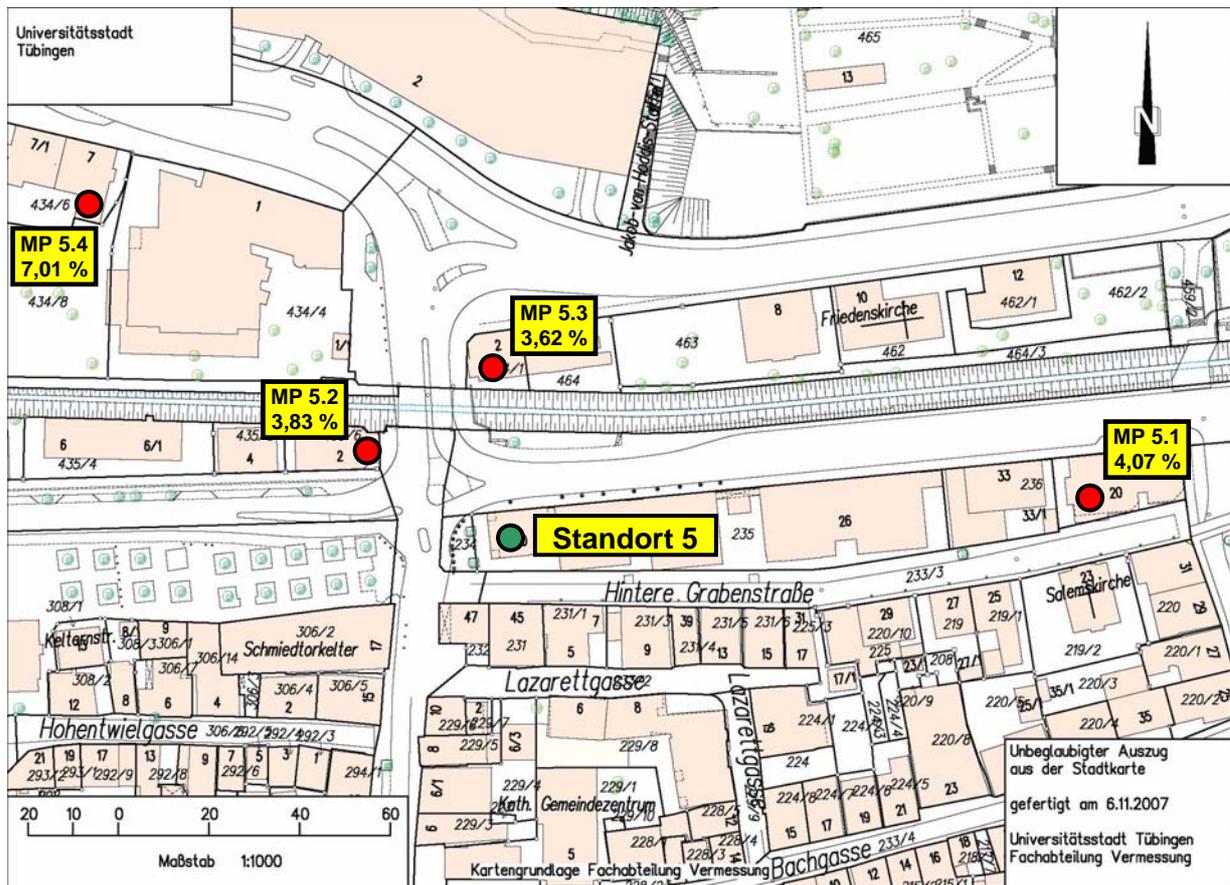


Standort 4: "Österbergturm"



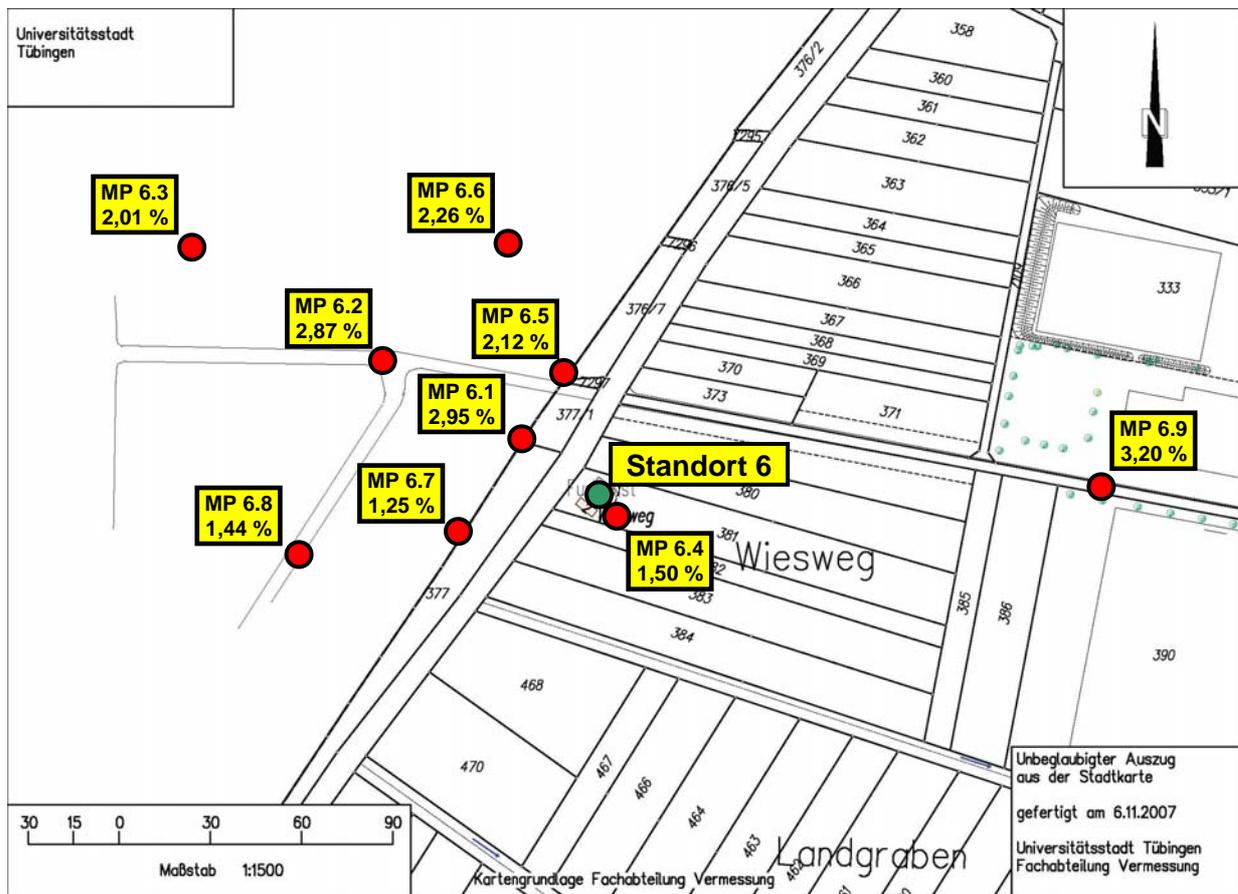
An jedem Messpunkt ist der festgestellte Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollausbau der Anlagen) in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV (bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.

Standort 5: "Hintere Grabenstr. 30 (Kelternturm)"

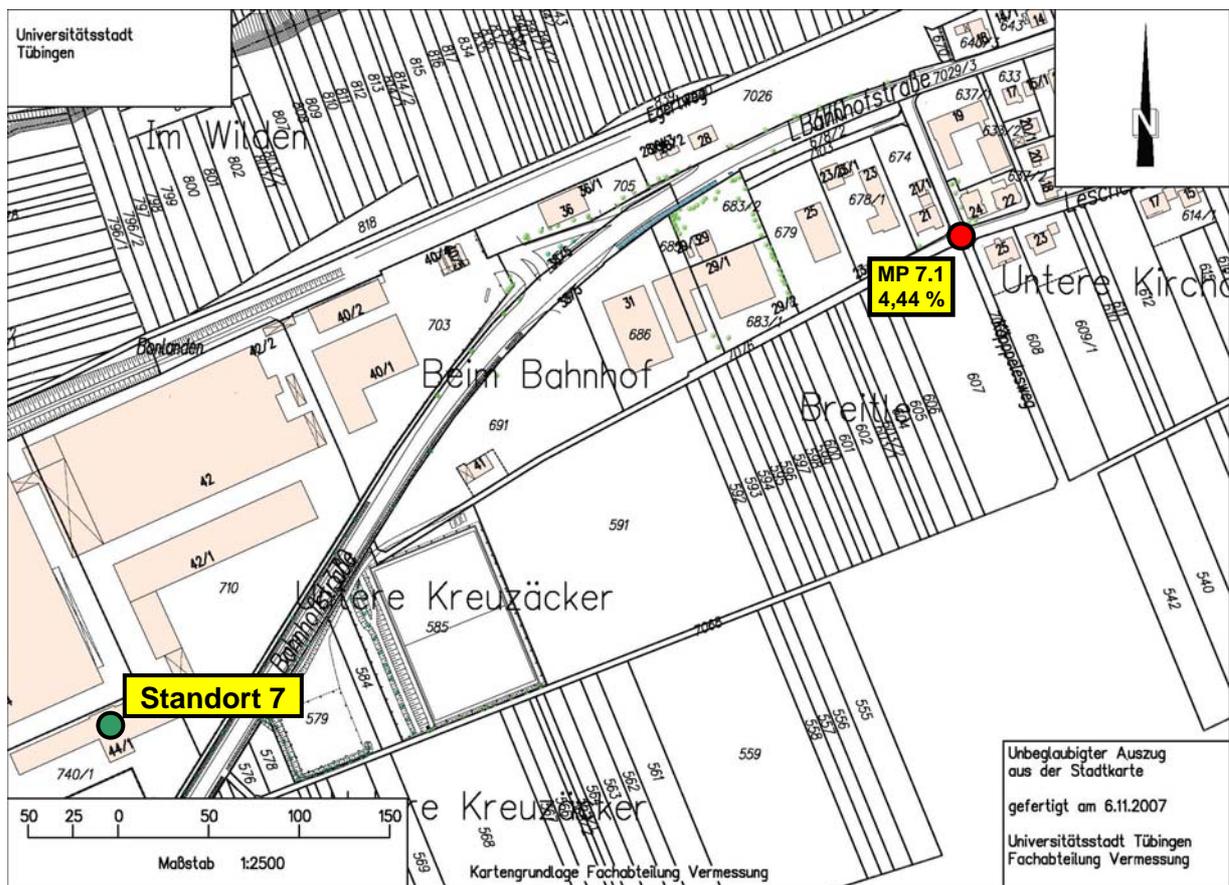


An jedem Messpunkt ist der festgestellte Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollausbau der Anlagen) in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV (bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.

Standort 6: "Unterjesingen, Wiesweg"

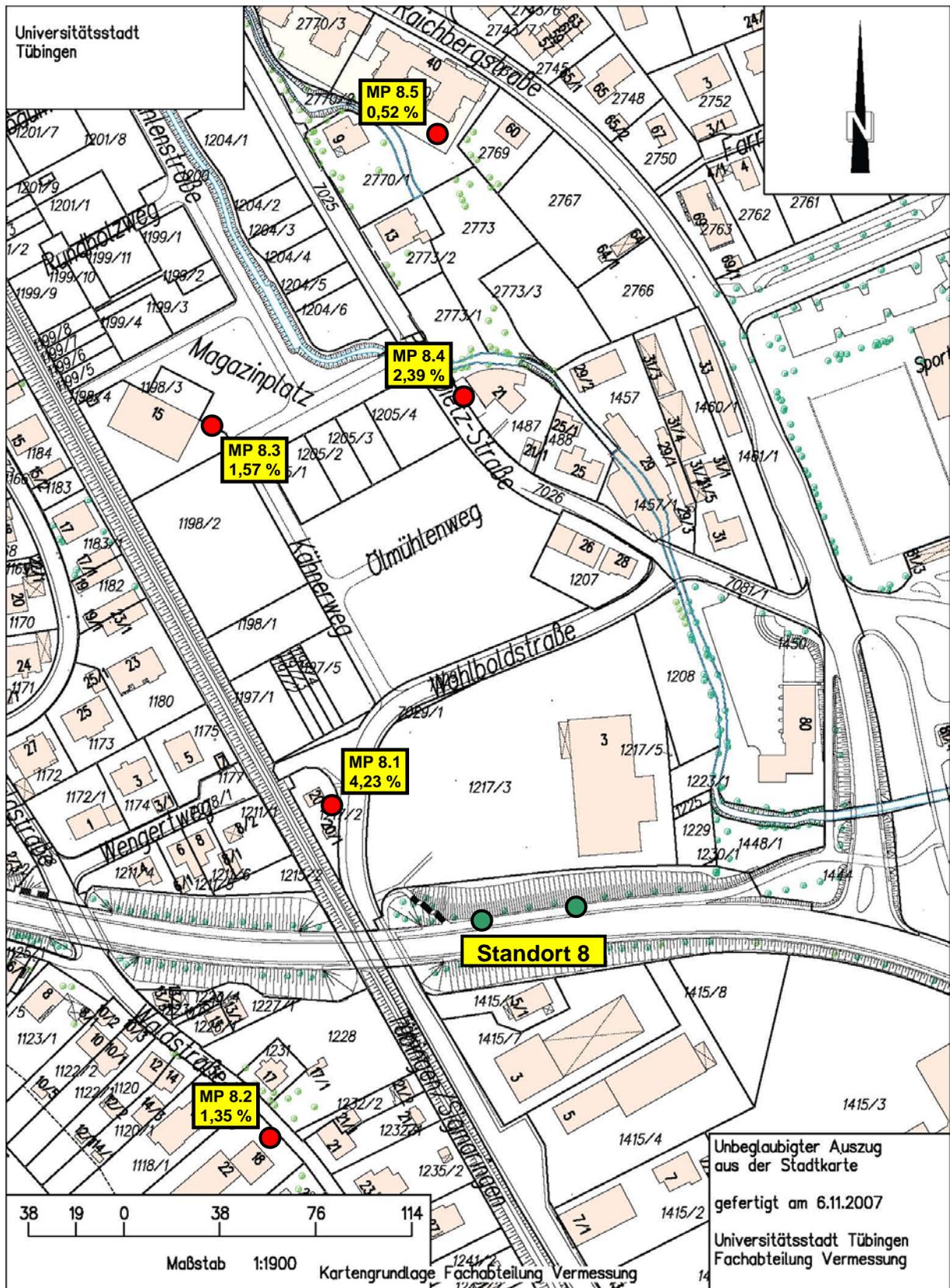


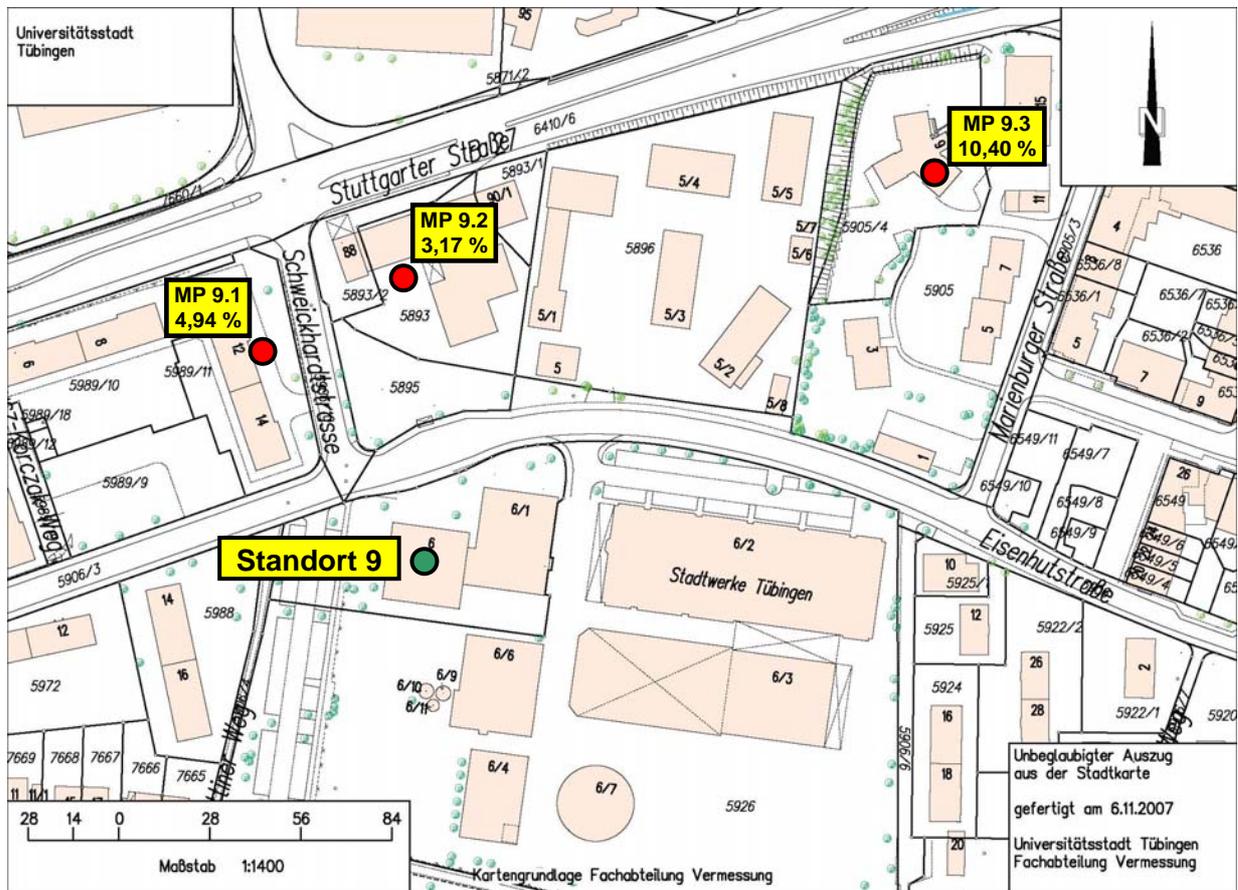
An jedem Messpunkt ist der festgestellte Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollausbau der Anlagen) in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV (bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.

Standort 7: "Kilchberg, Bahnhofstr. 44"

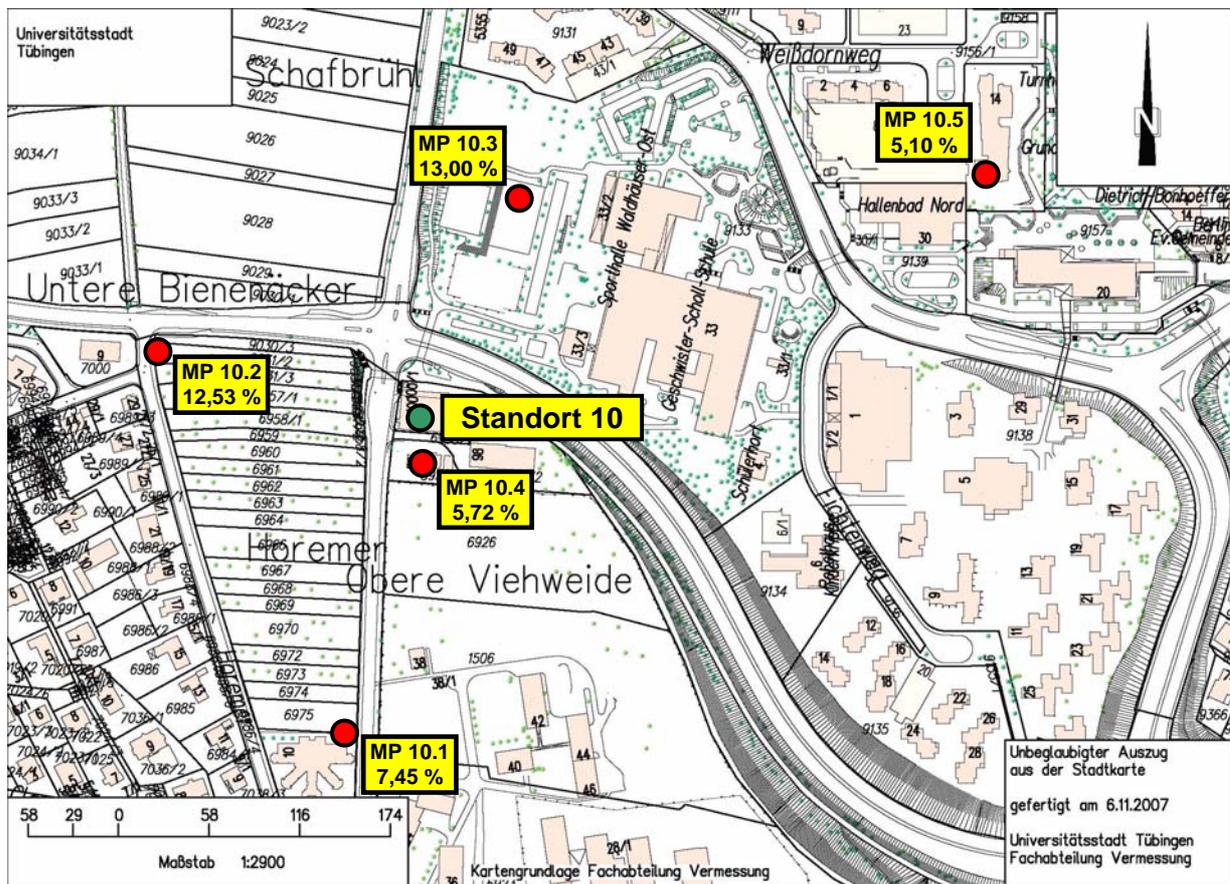
An jedem Messpunkt ist der festgestellte Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollausbau der Anlagen) in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV (bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.

Standort 8: "Weinbergstr. (Laternenmasten)"



Standort 9: "Eisenhutstr. 6 (Stadtwerke)"

An jedem Messpunkt ist der festgestellte Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollausbau der Anlagen) in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV (bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.

Standort 10: "Waldhäuser Str. 100 (Heizkraftwerk)"

An jedem Messpunkt ist der festgestellte Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollausbau der Anlagen) in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV (bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.