

**Messung der Immissionen von Mobilfunk-Basisstationen
– GSM 900 –
in der
Gemeinde Vichten**

durchgeführt am

13.08.2009

Auftraggeber

**Administration communale de Vichten
1, rue de l'église
L - 9188 Vichte**

1 Einleitung

Untersuchungsauftrag:	Die Gemeinde Vichten möchte eine Messung der Hochfrequenz-Immissionen durchführen lassen, die von dem Mobilfunkstandort auf dem Gemeindegebiet verursacht werden. In einer Art „Immissionskataster“ soll an ca. 20 Messpunkten das Gemeindegebiet flächendeckend untersucht werden; dabei sollen auch für die Gemeinde besonders wichtige Bereiche entsprechend berücksichtigt werden (z.B. Schule, bestimmte Wohngebiete). Die Messpunkte werden gemeinsam mit der Gemeinde abgestimmt. Die Untersuchung beschränkt sich in der Fläche bewusst auf die Immissionen, die von dem Mobilfunkmast auf dem Gemeindegebiet ausgehen. Die Immissionen sonstiger Funkdienste, wie z.B. Rundfunk und Fernsehen, deren Standorte wesentlich weiter entfernt sind, sollen zum Vergleich an einem exemplarischen Messpunkt mit gemessen werden.
Datum der Messungen:	13.08.2009
Durchführung der Messungen:	Dr.-Ing. Martin H. Virnich, ibu Dipl.-Ing. (FH) Caren Virnich, ibu
Angewandte Methoden:	Spektrumanalyse
Verfasser des Gutachtens:	Dr.-Ing. Martin H. Virnich, ibu

2 Randbedingungen der Messungen

2.1 Lage der Messpunkte und des Mobilfunkstandortes

Die Messungen wurden an insgesamt 22 Messpunkten (MP 1 ... MP 5a, MP 5b ... MP 21) auf dem Gebiet der Gemeinde Vichten durchgeführt. Die Messpunkte wurden vor den Messungen von der Gemeinde Vichten vorgeschlagen und dann gemeinsam abgestimmt. Die Messpunkte 4, 7, 9, 11, 12 und 15 wurden während der Messdurchführung aufgrund der lokalen Verhältnisse um einige Meter verschoben. Der Messpunkt 5 wurde in zwei Punkte (5a und 5b) aufgeteilt.

Die zusätzliche Messung weiterer Funkdienste (Rundfunk, Fernsehen) erfolgte am Messpunkt 18 (18, rue neuve).

Der Standort der Mobilfunk-Basisstationen auf dem Gemeindegebiet ist als Maststandort ausgeführt etwas außerhalb und oberhalb der Wohnbebauung etwa südwestlich auf dem Hügel.

Liste der Messpunkte:

- MP 1 20, rue Kreuzberg
- MP 2 12, rue principale
- MP 3 11, rue Michelbouch
- MP 4 Gemeindehaus / Kirche
- MP 5a 36a, rue du lavoir
- MP 5b rue du lavoir (Richtung Sackgasse)
- MP 6 6, rue des prés
- MP 7 34, rue principale (Nähe rue des vergers)
- MP 8 48, rue principale
- MP 9 rue des champs (hinter dem letzten Haus)
- MP 10 rue um Knapp, Zufahrtsweg zwischen Wohnhäusern

- MP 11 rue Hiel (Einfahrt letztes Haus)
- MP 12 87, rue principale
- MP 13 56, rue principale
- MP 14 5, rue de la chapelle
- MP 15 Hall Polyvalent
- MP 16 rue Krechelsberg / route d'Useldange
- MP 17 rue de Schandel (letztes Haus vor Mast)
- MP 18 18, rue neuve (hier zusätzliche Immissionsmessung von Rundfunk- und Fernsehsendern)
- MP 19 route d'Useldange, vor dem Waldstück
- MP 20 Hof an route de Vichten, vor Michelbouch
- MP 21 Ortskern/Kreuzung Michelbouch

Die Messhöhe betrug an allen Messpunkten 1,50 m über dem Boden.



Bild 1: Luftbild des Ortsteils Michelbouch der Gemeinde Vichten mit den Hauptstrahlrichtungen P&T / 30° und Tango / 40° der Basisstationen am lokalen Mast in Vichten sowie mit den Messpunkten MP 20 und MP 21. Die übrigen Hauptstrahlrichtungen des Mastes in Vichten liegen außerhalb von Michelbouch.

2.2 Anlagedaten der Mobilfunk-Basisstationen

Auf dem Mast in Vichten werden nur Mobilfunkanlagen des Funkdienstes GSM 900 betrieben (kein GSM 1800, kein UMTS).

Von den Netzbetreibern EPT, VoxMobile und Tango lagen hierzu u.a. die in der folgenden Tabelle wiedergegeben Anlagedaten vor.

Sektor	Höhe über Grund	Sendeleistung	EIRP / pire
EPT (ehem. P&T / LUXGSM)			
30°	20 m	26 W*	468 W
240°	20 m	26 W*	468 W
VoxMobile			
70°	17,5 m	42 W	1.640 W
330°	17,5 m	42 W	1.640 W
Tango			
40°	k.A.	2 W	50 W

* keine Angabe des Netzbetreibers, daher aus EIRP/pire und Antennengewinn berechnet; Leitungsverluste des Antennenkabels sind dabei nicht berücksichtigt

Sektor: Horizontale Hauptstrahlrichtung der gerichtet abstrahlenden Sektorantenne, 0° = Norden

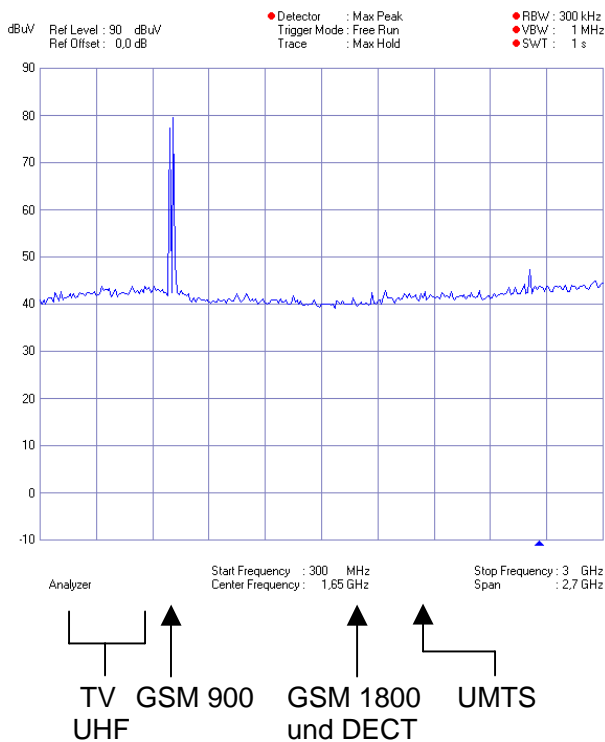
EIRP/pire: Äquivalente isotrope Strahlungsleistung; d.h. ein Sender mit kugelförmiger Abstrahlcharakteristik der Antenne (= isotrop, ohne Vorzugsrichtung) der mit der EIRP/pire betrieben wird, erzeugt die gleiche Immissionsstärke, wie die Mobilfunkanlage mit Sektorantenne an einem Messpunkt in horizontaler und vertikaler Hauptstrahlrichtung. Ursache hierfür ist der Bündelungseffekt der gerichtet strahlenden Sektorantenne, vergleichbar einem Reflektor bei einer Lampe.

Über die maximale Anzahl Frequenzkanäle der Basisstationen lagen nur Daten des Netzbetreibers EPT vor. Für die Maximalauslastung bei GSM 900 wurde aufgrund der Angaben von EPT und den in den Spektraldiagrammen bei den Messungen sichtbar belegten Frequenzen mit jeweils zwei Frequenzkanälen pro Sektor für alle Netzbetreiber gerechnet.

3 Messergebnisse

Die Messungen wurden im Freien durchgeführt (outdoor). Je nach Hochfrequenz-Dämpfung der Gebäudehülle (Wände, Fenster, Dach) sind die Immissionen in Innenräumen (indoor) typischerweise um den Faktor 2 bis 10 (bezogen auf die Strahlungsdichte) bzw. 1,4 bis 3,1 (bezogen auf die Feldstärke) niedriger.

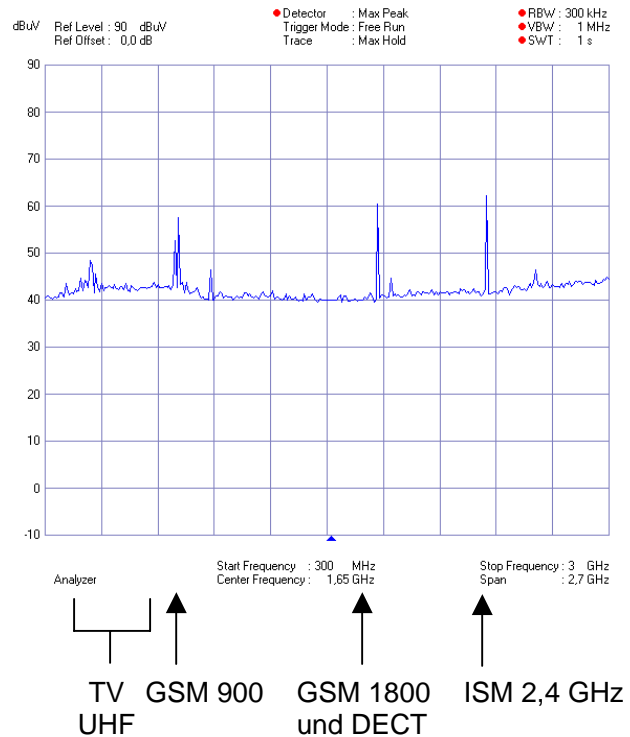
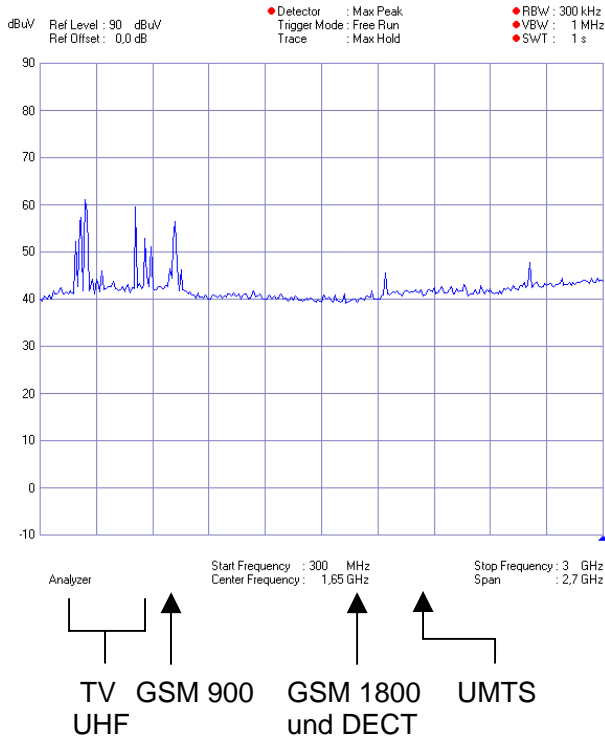
Im Mikrowellenbereich 300 MHz - 3 GHz dominieren an den Messpunkten MP 1 bis MP 19 (Talkessel Vichten) bei weitem die GSM 900-Immissionen vom lokalen Mobilfunkmast. Das folgende spektrale Übersichtsdiagramm zeigt dies exemplarisch am Messpunkt 6.



Exemplarisches Übersichtsdiagramm 300 MHz - 3 GHz an MP 6

Nahezu im Rauschen des Spektrumanalysators (dies ist die untere Nachweisgrenze der Messeinrichtung) verschwinden Signale des Fernsehens im UHF-Bereich und von GSM 1800 (weiter entlegene Standorte). Außerdem sind leichte Spitzen vom Flughafenradar bei 2.650 MHz und des Transponder-/Sekundärradars der Flugsicherung bei 1.130 MHz zu erkennen.

Etwas anders stellt sich die Immissionssituation an den Messpunkten 20 und 21 dar (vor und in Michelbouch). Auf diesem höher gelegenen Gebiet sind die Signale des UHF-Fernsehens (analoge und digitale Sender) stärker als im Talkessel von Vichten.



Übersichtsdiagramm 300 MHz - 3 GHz an MP 20

Übersichtsdiagramm 300 MHz - 3 GHz an MP 21

Am Messpunkt 20 sind zwar deutliche GSM-Signale zu erkennen, es dominieren aber die Immissionen des UHF-Fernsehens. Eine Detailanalyse im Frequenzbereich GSM 900 zeigt, dass die Frequenzen des lokalen Mobilfunkmastes von Vichten noch nachweisbar sind, aber auch Immissionen von anderen GSM 900-Standorten, die höher sind als die vom Mast in Vichten.

An Messpunkt 21 sind die Fernsehsignale schwächer als an Messpunkt 20, für die GSM-Signale gilt das Gleiche wie an MP 20.

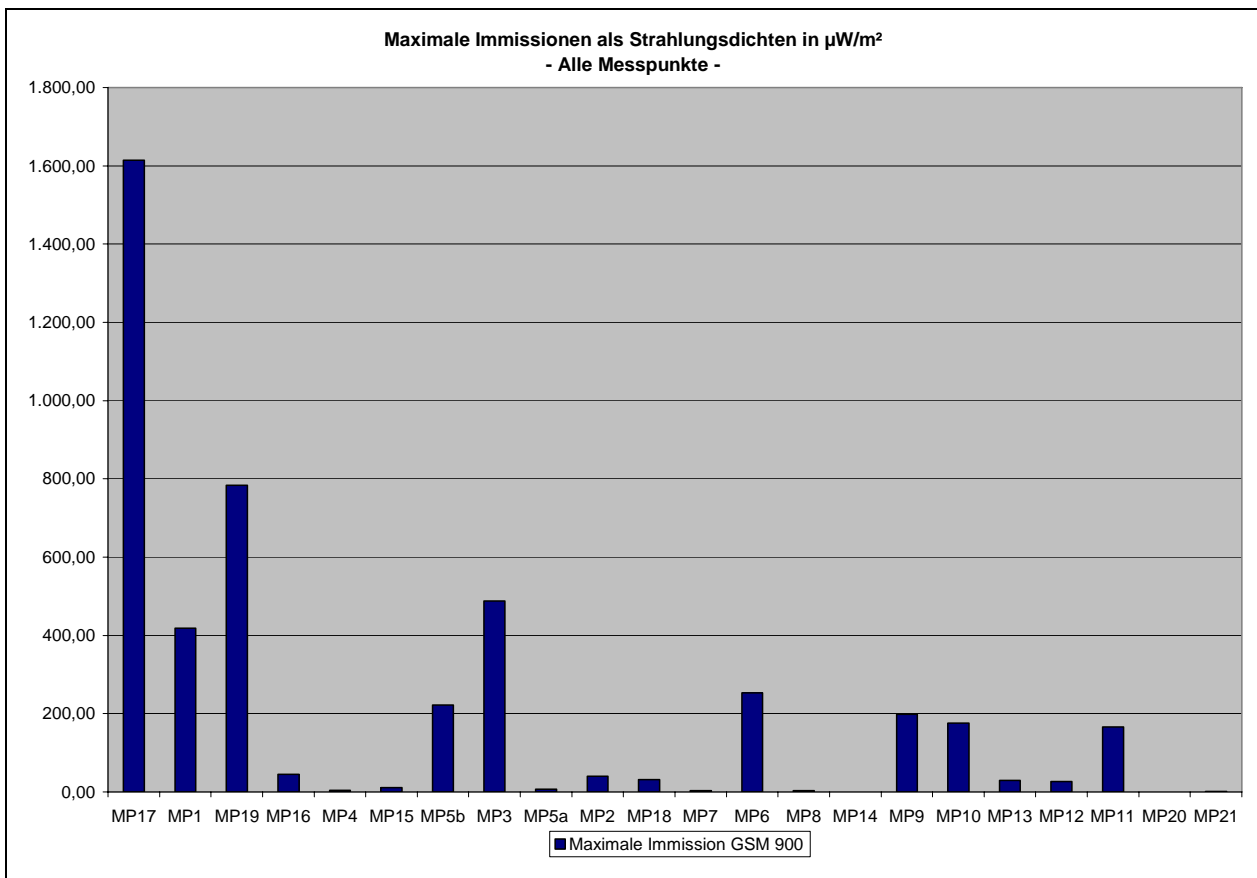
Es dominieren an MP 21 Immissionen von lokalen DECT-Telefonen in den umliegenden Häusern und ein Signal im ISM-Band 2,4 GHz, das ebenso lokalen Ursprungs sein dürfte, denn in diesem Frequenzbereich arbeiten eine Fülle von Geräten, wie drahtlose Computernetzwerke (WLAN), drahtlose Kameras und Video-Übertragungssysteme sowie Mikrowellenherde.

3.1 GSM 900-Messungen (MP 1 ... MP 21)

3.1.1 Darstellung als Strahlungsdichten [$\mu\text{W}/\text{m}^2$]

Die nachfolgenden Balkendiagramme in den Übersichten 1 bis 3 zeigen die Messergebnisse als Strahlungsdichten (= Leistungsflussdichten) in der Maßeinheit Mikrowatt pro Quadratmeter [$\mu\text{W}/\text{m}^2$] für die Maximal-Immissionen GSM 900. Wegen der zugrunde gelegten maximalen Anzahl von zwei Frequenzkanälen pro Sektor sind die Maximal-Immissionen doppelt so hoch wie die Mindest-Immissionen durch die permanent aktiven Organisationskanäle (vgl. Kap. 2.2 und 4.2.1).

Die Reihenfolge der Balken in den Diagrammen ist sortiert nach der horizontalen Entfernung des Messpunktes zum lokalen Mobilfunkmast; d.h. MP 17 liegt am nächsten zum Mobilfunkmast, MP 20 und MP 21 (vor und in Michelbouch) sind am weitesten entfernt.

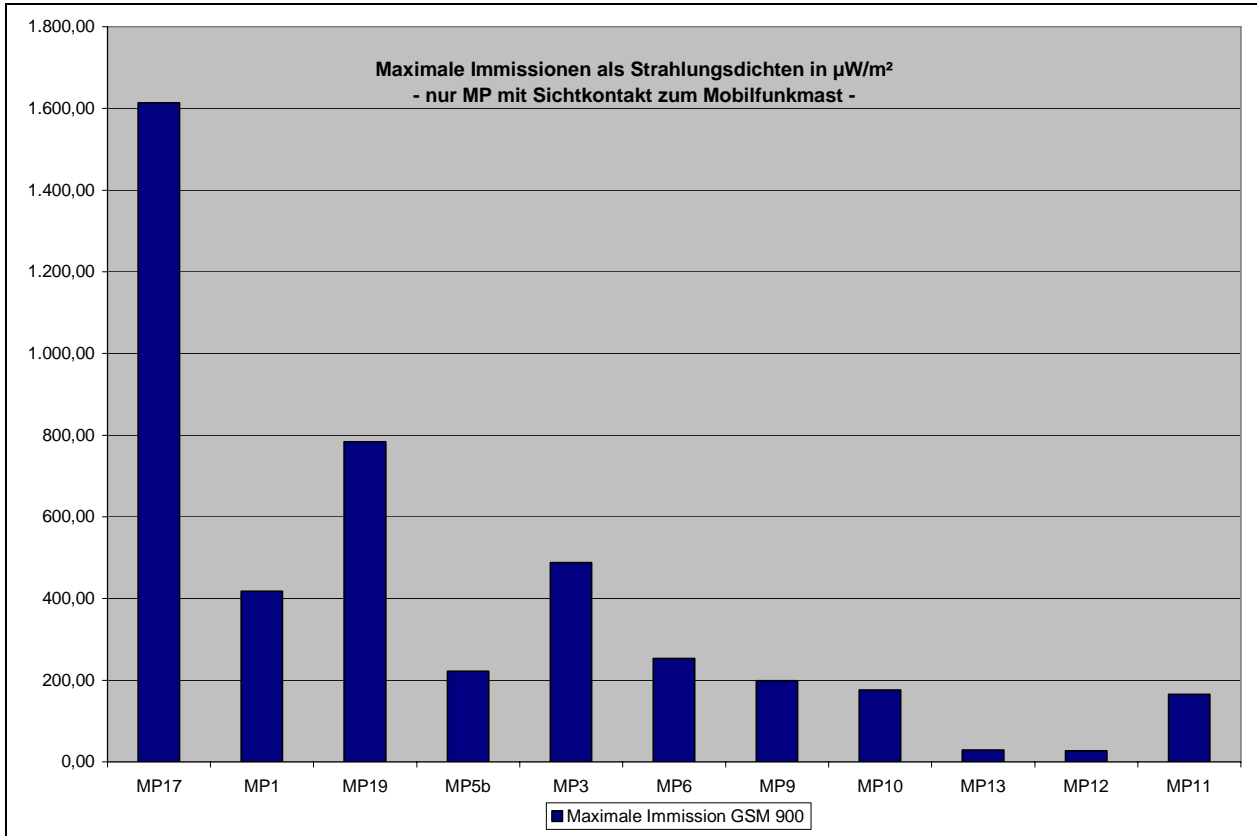


Übersicht 1: Maximale Immissionen GSM 900 (Strahlungsdichte), alle Messpunkte

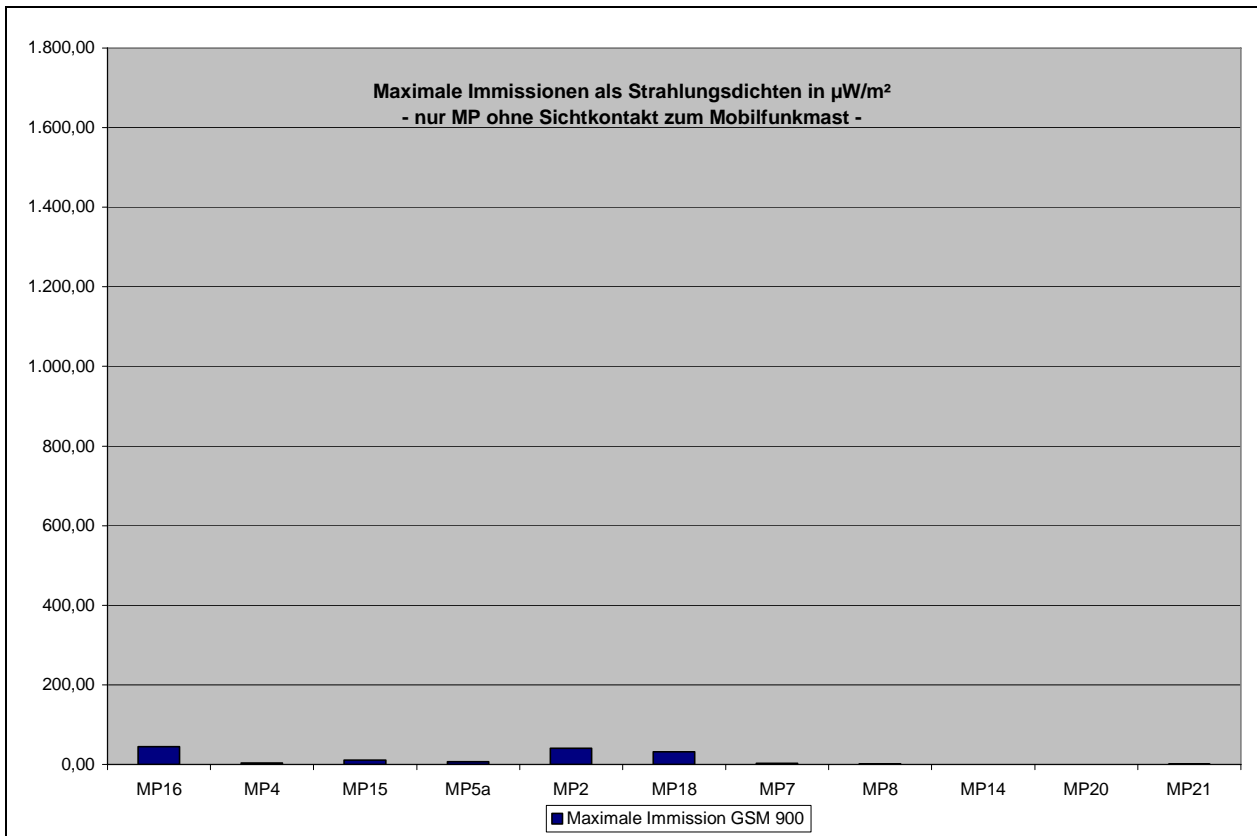
Übersicht 1 zeigt die große Schwankungsbreite der Immissionen zwischen $1.614 \mu\text{W}/\text{m}^2$ an MP 17 und weniger als $1 \mu\text{W}/\text{m}^2$ an MP 14, MP 20 und MP 21 (Darstellung aller Messpunkte).

Vom Trend her wird die Strahlungsdichte im Mittel mit zunehmender Entfernung vom Mobilfunkmast zwar kleiner, jedoch gilt dies nicht kontinuierlich. Es gibt zwischendurch immer wieder Messpunkte, die weiter entfernt liegen, aber höhere Immissionen aufweisen. Dies hängt mit der horizontalen und vertikalen Richtcharakteristik der Sendeantennen zusammen und mit Abschattungseffekten, z.B. durch andere Gebäude. Der Einfluss der Abschattung ist an den nahe beieinander liegenden Messpunkten 5a ($6,8 \mu\text{W}/\text{m}^2$) und 5b ($222 \mu\text{W}/\text{m}^2$) gut zu erkennen.

Um den Einfluss der Abschattungseffekte noch deutlicher herauszuarbeiten, zeigen die Übersichten 2 und 3 die Immissionen getrennt nach Messpunkten mit Sichtkontakt zum Mobilfunkmast und ohne Sichtkontakt.



Übersicht 2: Maximale Immissionen GSM 900 (Strahlungsdichte), nur Messpunkte mit Sichtkontakt



Übersicht 3: Maximale Immissionen GSM 900 (Strahlungsdichte), nur Messpunkte ohne Sichtkontakt

Im Folgenden sind die Messwerte tabellarisch aufgeführt.

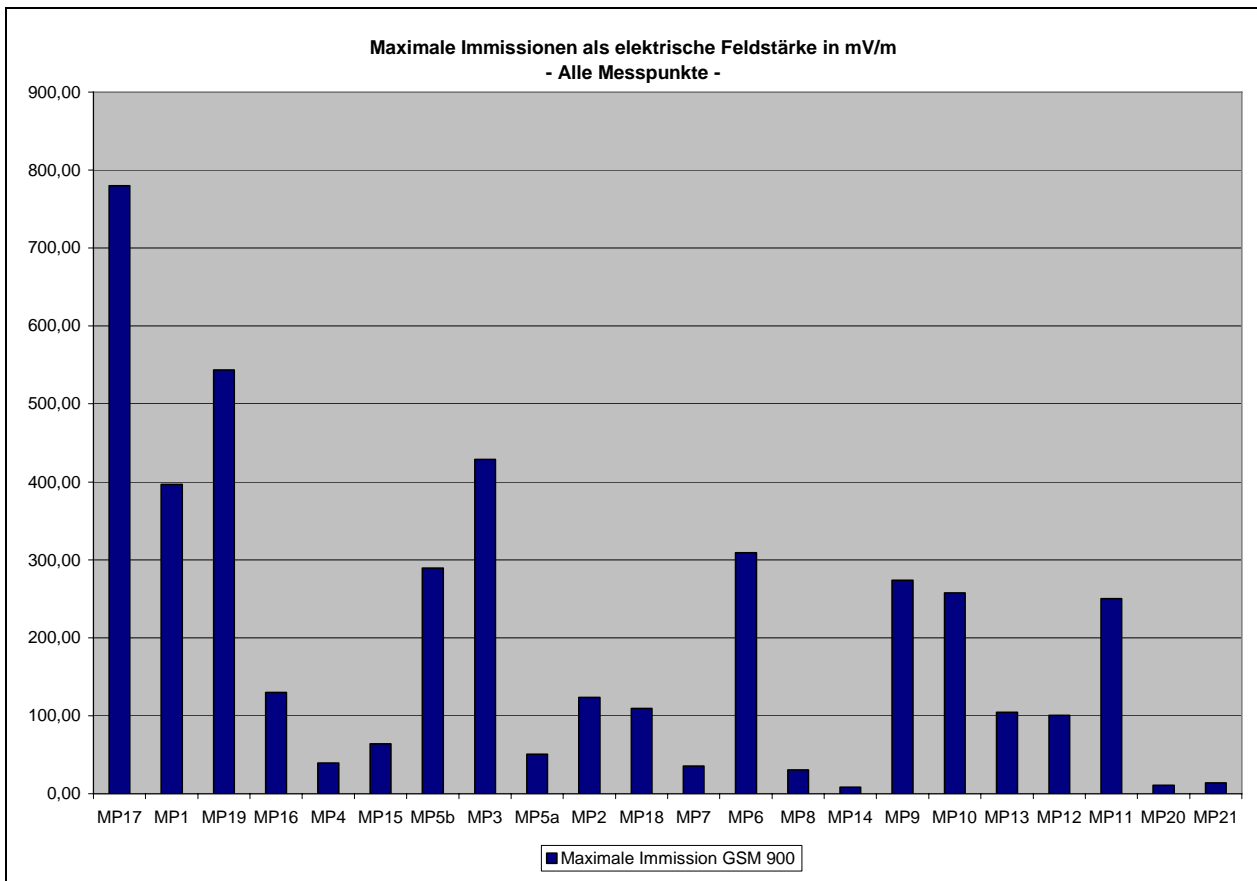
Messpunkt	Lagebeschreibung	Horizontale Entfernung zum Mast (aus Lageplan)	Vertikale Entfernung zum Mast (von GPS)	Sichtkontakt zum Sendemast	Summe GSM 900 Strahlungsdichten in $\mu\text{W}/\text{m}^2$	
					Minimale Immission GSM 900	Maximale Immission GSM 900
MP1	20, rue Kreuzberg	176 m	-25 m	ja	209,01 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	418,01 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP2	12, rue principale	549 m	-67 m	nein	20,27 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	40,54 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP3	11, rue Michelbouch	538 m	-66 m	ja	244,00 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	488,00 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP4	Gemeindehaus / Kirche	379 m	-71 m	nein	2,05 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	4,11 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP5a	36a, rue du lavoir	546 m	-76 m	nein	3,38 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	6,77 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP5b	rue du lavoir (Richtung Sackgasse)	532 m	-77 m	ja	110,99 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	221,98 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP6	6, rue des prés	745 m	-70 m	ja	126,61 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	253,22 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP7	34, rue principale (Nähe rue des vergers)	637 m	-86 m	nein	1,65 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	3,31 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP8	48, rue principale	867 m	-88 m	nein	1,23 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	2,47 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP9	rue des champs (hinter dem letzten Haus)	1.060 m	-82 m	ja	99,34 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	198,68 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP10	rue um Knapp, Zufahrt zw. Wohnhäusern	1.078 m	-70 m	ja	87,98 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	175,96 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP11	rue Hiel (Einfahrt letztes Haus)	1.329 m	-52 m	ja? (Regen)	82,85 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	165,69 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP12	87, rue principale	1.241 m	-71 m	ja	13,43 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	26,85 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP13	56, rue principale	1.173 m	-75 m	ja	14,43 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	28,85 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP14	5, rue de la chapelle	970 m	-76 m	nein? (Regen)	0,09 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	0,18 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP15	Hall Polyvalent	477 m	-69 m	nein	5,42 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	10,83 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP16	rue Krechelsberg / route d'Useldange	291 m	-38 m	nein	22,33 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	44,65 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP17	rue de Schandel (letztes Haus vor Mast)	151 m	-21 m	ja	807,10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1.614,20 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP18	18, rue neuve	559 m	-43 m	nein? (Regen)	15,87 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	31,74 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP19	route d'Useldange, vor dem Waldstück	234 m	-52 m	ja	392,08 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	784,17 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP20	Hof an route de Vichten, vor Michelbouch	1.811 m	9 m	nein	0,15 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	0,31 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
MP21	Ortskern/Kreuzung Michelbouch	2.689 m	9 m	nein	0,25 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	0,50 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Tab. 1: Strahlungsdichten in $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (Summen-Strahlungsdichten linear addiert)

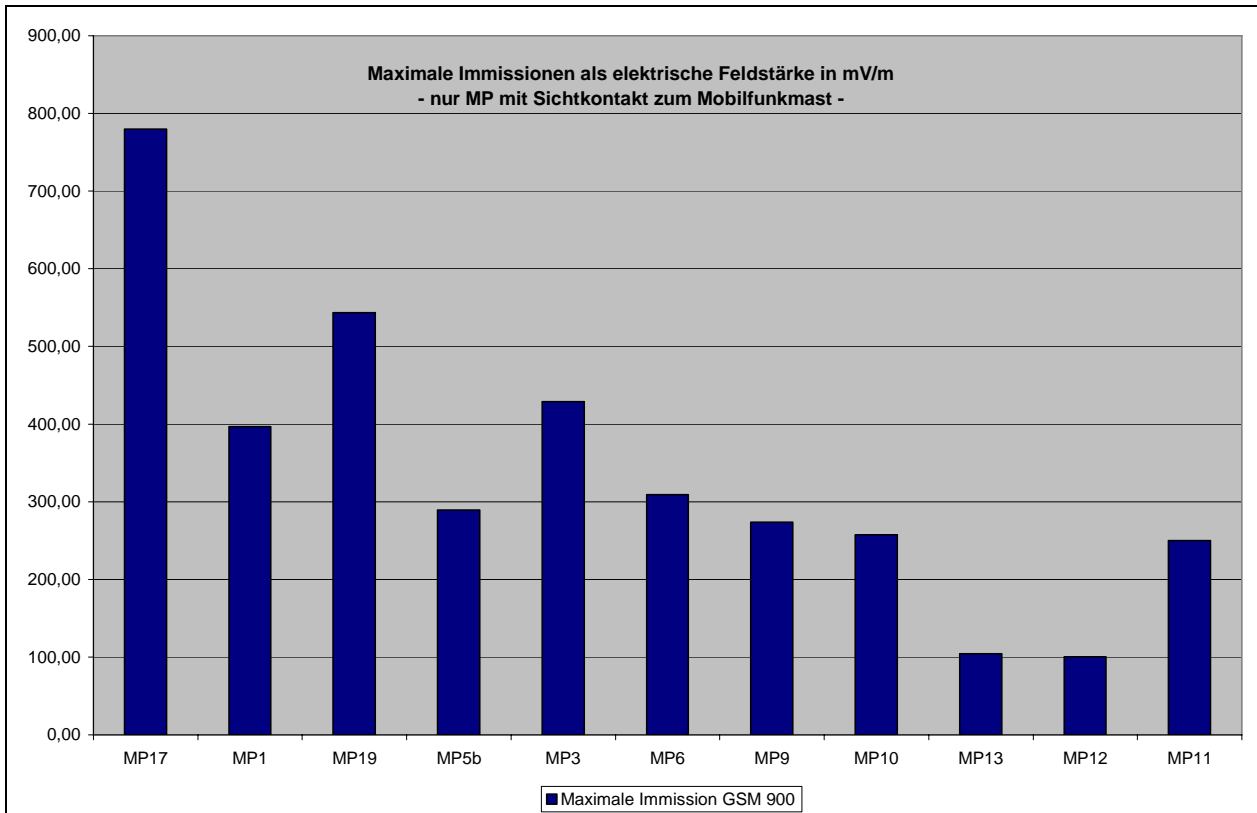
3.1.2 Darstellung als elektrische Feldstärken [mV/m]

Die in Kap. 3.1.1 als Strahlungsdichten dargestellten Messergebnisse sind im Folgenden als elektrische Feldstärken wiedergegeben.

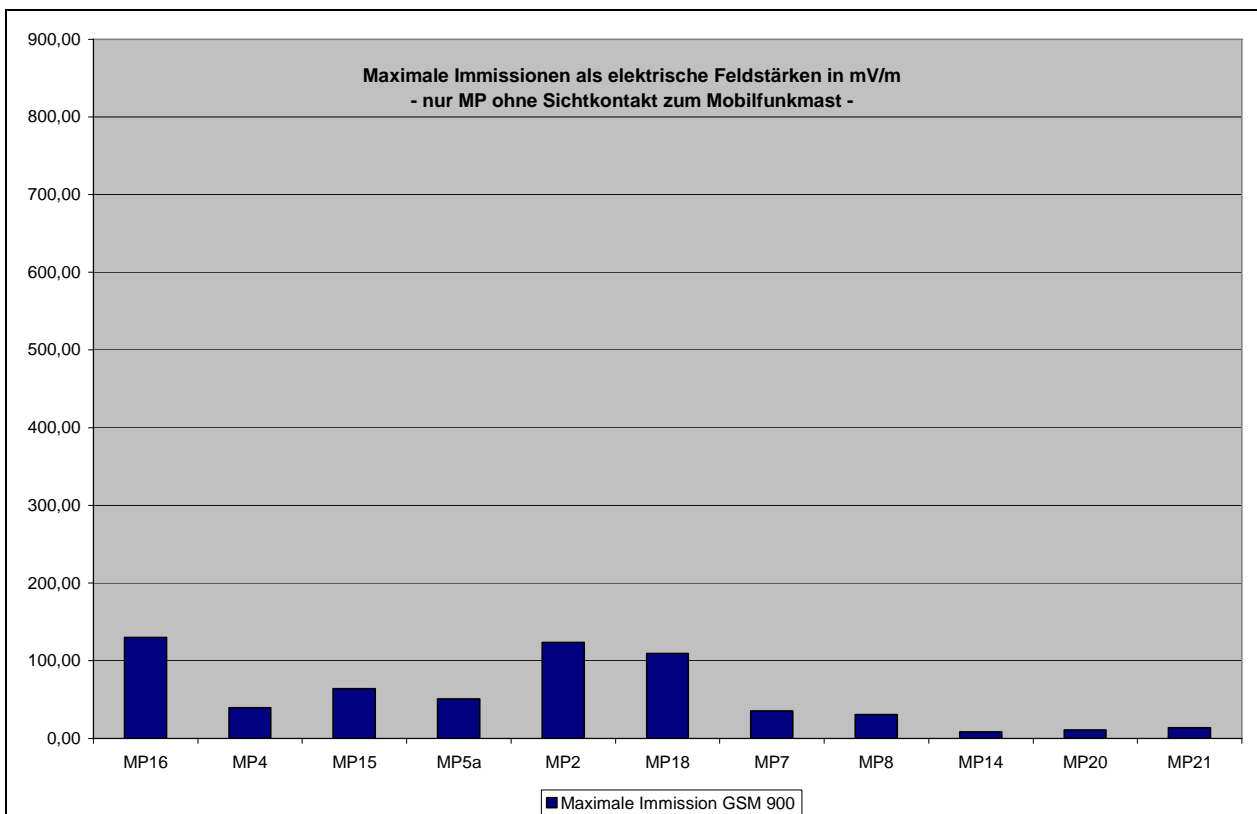
Zu den Diagrammen und zur Tabelle gelten die gleichen Kommentare wie in Kap. 3.1.1.



Übersicht 4: Maximale Immissionen GSM 900 (elektrische Feldstärke), alle Messpunkte



Übersicht 5: Maximale Immissionen GSM 900 (elektr. Feldstärke), nur Messpunkte mit Sichtkontakt



Übersicht 6: Maximale Immissionen GSM 900 (elektr. Feldstärke), nur Messpunkte ohne Sichtkontakt

Messpunkt	Lagebeschreibung	Horizontale Entfernung zum Mast (aus Lageplan)	Vertikale Entfernung zum Mast (von GPS)	Sichtkontakt zum Sendemast	Summe GSM 900 Feldstärken in mV/m	
					Minimale Immission GSM 900	Maximale Immission GSM 900
MP1	20, rue Kreuzberg	176 m	-25 m	ja	280,70 mV/m	396,98 mV/m
MP2	12, rue principale	549 m	-67 m	nein	87,42 mV/m	123,63 mV/m
MP3	11, rue Michelbouch	538 m	-66 m	ja	303,30 mV/m	428,92 mV/m
MP4	Gemeindehaus / Kirche	379 m	-71 m	nein	27,82 mV/m	39,34 mV/m
MP5a	36a, rue du lavoir	546 m	-76 m	nein	35,72 mV/m	50,51 mV/m
MP5b	rue du lavoir (Richtung Sackgasse)	532 m	-77 m	ja	204,56 mV/m	289,29 mV/m
MP6	6, rue des prés	745 m	-70 m	ja	218,48 mV/m	308,97 mV/m
MP7	34, rue principale (Nähe rue des vergers)	637 m	-86 m	nein	24,98 mV/m	35,32 mV/m
MP8	48, rue principale	867 m	-88 m	nein	21,58 mV/m	30,51 mV/m
MP9	rue des champs (hinter dem letzten Haus)	1.060 m	-82 m	ja	193,52 mV/m	273,68 mV/m
MP10	rue um Knapp, Zufahrt zw. Wohnhäusern	1.078 m	-70 m	ja	182,12 mV/m	257,56 mV/m
MP11	rue Hiel (Einfahrt letztes Haus)	1.329 m	-52 m	ja? (Regen)	176,73 mV/m	249,93 mV/m
MP12	87, rue principale	1.241 m	-71 m	ja	71,15 mV/m	100,62 mV/m
MP13	56, rue principale	1.173 m	-75 m	ja	73,75 mV/m	104,30 mV/m
MP14	5, rue de la chapelle	970 m	-76 m	nein? (Regen)	5,86 mV/m	8,28 mV/m
MP15	Hall Polyvalent	477 m	-69 m	nein	45,19 mV/m	63,90 mV/m
MP16	rue Krechelsberg / route d'Useldange	291 m	-38 m	nein	91,74 mV/m	129,74 mV/m
MP17	rue de Schandel (letztes Haus vor Mast)	151 m	-21 m	ja	551,61 mV/m	780,10 mV/m
MP18	18, rue neuve	559 m	-43 m	nein? (Regen)	77,35 mV/m	109,39 mV/m
MP19	route d'Useldange, vor dem Waldstück	234 m	-52 m	ja	384,47 mV/m	543,72 mV/m
MP20	Hof an route de Vichten, vor Michelbouch	1.811 m	9 m	nein	7,63 mV/m	10,79 mV/m
MP21	Ortskern/Kreuzung Michelbouch	2.689 m	9 m	nein	9,71 mV/m	13,74 mV/m

Tab. 2: Elektrische Feldstärken in mV/m (Summen-Feldstärken quadratisch addiert)

3.2 Zusätzliche Messung der Immissionen von Rundfunk- und Fernsehsendern an MP 18

Es waren am MP 18 Immissionen von Lang-, Mittel- und Kurzwellensendern sowie UKW-Sendern nachweisbar.

Die Signale von Fernsehsendern im UHF-Bereich lagen unterhalb der Nachweisgrenze der verwendeten Messeinrichtung.

Funkdienst	Frequenz kHz	Pegel Antennen- spannung dB μ V	Pegel Elektr. Feldstärke dB μ V/m	Elektr. Feldstärke mV/m	Strahlungs- dichte μ W/m ²
Langwelle (LW)	128,9	33,80	78,90	8,81	0,21
Langwelle	159,6	38,09	83,19	14,44	0,55
Langwelle	181,1	52,95	98,05	79,89	16,93
Langwelle	234,0	71,00	116,10	638,26	1.080,58
Mittelwelle (MW)	467,0	28,70	73,80	4,90	0,06
Mittelwelle	840,0	23,56	68,66	2,71	0,02
Mittelwelle	1.439,0	22,45	67,55	2,39	0,02
Kurzwelle (KW)	6.190,0	27,87	72,97	4,45	0,05
Kurzwelle	9.700,0	26,61	71,71	3,85	0,04
Kurzwelle	12.020,0	24,62	69,72	3,06	0,02
Kurzwelle	13.800,0	22,29	67,39	2,34	0,01
Kurzwelle	15.310,0	24,13	69,23	2,89	0,02
Kurzwelle	15.640,0	21,84	66,94	2,22	0,01
Summe LW, MW, KW				643,54	1.098,54

Funkdienst	Frequenz MHz	Pegel Antennen- spannung dB μ V	Pegel Elektr. Feldstärke dB μ V/m	Elektr. Feldstärke mV/m	Strahlungs- dichte μ W/m ²
UKW	31,1	30,81	76,16	6,42	0,11
UKW	39,7	31,89	77,24	7,27	0,14
UKW	93,4	32,67	78,02	7,96	0,17
UKW	100,8	32,50	77,85	7,80	0,16
UKW	107,8	39,73	85,08	17,94	0,85
UKW	92,6	32,12	77,47	7,47	0,15
UKW	89,0	35,63	80,98	11,19	0,33
Summe UKW				26,85	1,91

Die weitaus dominanten Immissionen stammen vom Langwellensender auf 234,0 kHz mit einer Strahlungsdichte über 1.000 μ W/m² bzw. einer elektrischen Feldstärke über 600 mV/m. Es handelt sich hier um den luxembourgeoischen Langwellensender in Junglinster/Beidweiler.

Im Gegensatz zur Signalcharakteristik der GSM-Immissionen handelt es sich hier um ein kontinuierliches, nicht periodisch gepulstes Signal.

4 Hochfrequenz-Messverfahren

4.1 Spektrumanalyse

Hochfrequente elektromagnetische Felder bestehen i.d.R. aus einem Gemisch von Signalen (= Spektrum) unterschiedlicher Frequenz¹ und Stärke (Amplitude).

Die Signalstärke wird üblicherweise als Amplitude der elektrischen Feldstärke in Volt pro Meter [V/m] bzw. Bruchteilen davon (Millivolt pro Meter [mV/m]) angegeben, oder als Amplitude der Leistungsflussdichte (= Strahlungsdichte) in der Maßeinheit Watt pro Quadratmeter [W/m^2] bzw. Bruchteilen davon (Milliwatt pro Quadratmeter [mW/m^2], Mikrowatt pro Quadratmeter [$\mu W/m^2$]). Die Leistungsflussdichte wird auch als Strahlungsdichte bezeichnet.

In der Hochfrequenzmesstechnik werden meist logarithmische Maßstäbe verwendet, um große Amplitudenunterschiede der Feldstärken bzw. Leistungsflussdichten anschaulich darstellen zu können. Amplitudenangaben im logarithmischen Maßstab werden als Pegel bezeichnet; Grundlage für die Maßeinheiten ist das Dezibel [dB].

Um die in dem Signal-Gemisch von den verschiedenen Funkdiensten hervorgerufenen einzelnen Feldstärken bzw. Leistungsflussdichten beurteilen zu können, müssen diese hinsichtlich ihrer Frequenz über eine "Spektrum-Analyse" differenziert werden, man spricht hier deshalb von einem frequenzselektiven Messverfahren. Im Gegensatz dazu erfassen Breitband-Messgeräte nur pauschal die Summe aller Hochfrequenz-Immissionen in einem größeren Frequenzbereich, ohne nach den Beiträgen der einzelnen Funkdienste differenzieren zu können.

4.2 Variation der Sendeleistung bei Mobilfunk-Basisstationen

Im Gegensatz zu Rundfunk- und Fernsehsendern ist die Sendeleistung von Mobilfunk-Basisstationen nicht konstant, sondern schwankt mit der Auslastung (Anzahl aktiver Teilnehmer).

Es gibt eine Mindest-Emission, die durch die permanent aktiven Organisations- und Pilotkanäle des Systems erzeugt wird. Diese ist auch vorhanden, wenn kein Teilnehmer aktiv ist.

Die Maximal-Emission ergibt sich bei voller Auslastung der Basisstation.

4.2.1 Ermittlung der GSM-Immissionen für maximale Anlagenauslastung

Aufgrund des permanent, mit konstanter Leistung sendenden Organisationskanals (BCCH – Broadcast Control Channel) und der je nach Verkehrsaufkommen temporär zugeschalteten, lastabhängigen Verkehrskanäle (TCH – Traffic Channel), die zudem noch leistungsgeregelt (mit Power Control) arbeiten können, ist die Intensität der Emissionen einer GSM-Mobilfunkanlage abhängig von der momentanen Auslastung. Messungen, welche die temporär zugeschalteten lastabhängigen Verkehrskanäle in die Bewertung mit einbeziehen, sind somit vom jeweiligen Messzeitpunkt abhängig und daher nicht reproduzierbar.

Zur Ermittlung der maximal möglichen Immissionen ist von den gemessenen Werten auf die zu erwartenden Werte bei maximaler Anlagenauslastung hochzurechnen. Dieser Zustand wird durch den Beurteilungswert repräsentiert.

Minimalimmission

Zur Ermittlung des Beurteilungswertes wird zunächst die durch die permanent aktiven und mit konstanter Leistung sendenden Organisationskanäle bestimmte Minimalimmission festgestellt. Dazu wird analysiert, welche der gemessenen Frequenzkanäle Organisationskanäle sind. Wenn die entsprechenden Betreiberdaten nicht vorliegen, geschieht dies für die verschiedenen Frequenzen einzeln in der Betriebsart Zero Span. Die Summe der gemessenen Leistungsflussdichten der Organisationskanäle stellt die Minimalimmission dar, die zu keinem Zeitpunkt unterschritten wird.

¹ Maßeinheit der Frequenz: Hertz [Hz], Kilohertz [kHz] = 10^3 Hz, Megahertz [MHz] = 10^6 Hz, Gigahertz [GHz] = 10^9 Hz

Maximalimmission bei voller Anlagenauslastung

Multipliziert man die ermittelte Leistungsflussdichte S_{OK} eines jeden Organisationskanals mit der maximal möglichen Anzahl Frequenzkanäle n der jeweiligen Basisstation, so erhält man die maximale Leistungsflussdichte, die durch eine Basisstation am jeweiligen Messpunkt bei voller Auslastung verursacht werden kann. Denn es wird durch diese Multiplikation der Fall dargestellt, dass auf allen zur Verfügung stehenden Frequenzkanälen in allen Zeitschlitzen mit voller Leistung gesendet wird. Durch Summenbildung wird der Beurteilungswert für das gesamte betrachtete GSM-Spektrum ermittelt:

$$\text{Beurteilungswert} = \sum (S_{OK\ i} \cdot n_i)$$

Tagsüber schwanken die Immissionen je nach Anlagenauslastung (Anzahl aktuell geführter Mobiltelefone) zwischen dem Minimal- und dem Maximalwert.

5 Grenz- und Vorsorgewerte

5.1 Luxemburger Vorsorgewerte für Mobilfunk-Anlagen

In Luxemburg gelten für Mobilfunk-Sendeanlagen GSM 900, GSM 1800 und UMTS folgende, gegenüber den Referenzwerten der ICNIRP (siehe Kapitel 5.2) reduzierte Vorsorgewerte:

Grundsätzlich darf an allen Orten, wo sich Personen aufhalten können, eine maximale elektrische Feldstärke von **3,0 V/m** pro Antenne nicht überschritten werden. Dies entspricht einer äquivalenten Leistungsflussdichte von **23.873 $\mu\text{W}/\text{m}^2$** .

Wenn mehrere Antennen (z.B. von unterschiedlichen Betreibern) an einem Standort in die gleiche Richtung strahlen, darf ausnahmsweise die maximale Feldstärke E_{\max} den Wert von 3 V/m übersteigen gemäß der Formel:

$$E_{\max} [\text{V/m}] = 3 \cdot \sqrt{n} \quad \text{mit } n = \text{Anzahl der Antennen, die in die gleiche Richtung strahlen.}$$

Bei mehreren Antennen, die in die gleiche Richtung weisen, ergeben sich daraus folgende Werte:

2 Antennen: 4,2 V/m, entsprechend 47.745 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

3 Antennen: 5,2 V/m, entsprechend 71.618 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

4 Antennen: 6,0 V/m, entsprechend 95.491 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Diese Vorsorgewerte beinhalten ausdrücklich keine Berücksichtigung der diskutierten besonderen biologischen Risiken durch athermische Effekte periodisch gepulster Mobilfunkwellen.

[Quelle: Inspection du Travail et des Mines, Département Sécurité et Santé: Conditions d'exploitation pour les émetteurs d'ondes électromagnétiques à haute fréquence, Kapitel 4.1 Stations émettrices de mobilophonie (GSM, DCS et UMTS) ; ITM-CL 179.3 vom 23.09.2002]

5.2 Internationale Grenz- und Vorsorgewerte zum Vergleich

Staat/Organisation		Grenz-/Vorsorgewert	
		Elektrische Feldstärke	Strahlungsdichte
Luxembourg		3 V/m	23.873 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
ICNIRP*	GSM 900	42 V/m	4.675.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
	GSM 1800	58 V/m	9.025.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
	UMTS	61 V/m	10.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Schweizer NISV**	GSM 900	4 V/m	42.440 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
	GSM 1800	6 V/m	95.500 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
	UMTS	6 V/m	95.500 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Liechtenstein		0,6 V/m	1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Landessanitätsdirektion	outdoor	0,06 V/m	10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Salzburg	indoor	0,02 V/m	1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

* ICNIRP: **I**nternational **C**ommission on **N**on-**I**onizing **R**adiation **P**rotection (Internationale Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung); privater Verein mit Sitz in München. Die Referenzwerte der ICNIRP sind aus den thermischen Wirkungen der elektromagnetischen Felder abgeleitet und bilden die Basis für die meisten gesetzlichen Grenzwerte in Westeuropa.

** NISV: **V**erordnung über den Schutz vor **n**icht**i**onisierender **S**trahlung vom 23.12.1999