



Ingenieurbüro für
Baubiologie und
Umweltmesstechnik



**Messung der Immissionen von Mobilfunk-Basisstationen
– GSM 900, GSM 1800, UMTS –
in der
Gemeinde Schuttrange**

durchgeführt am

27.06.2008

Auftraggeber

**Commune de Schuttrange
Administration communale
2, Place de l'église
L - 5367 Schuttrange**



1 Einleitung

Untersuchungsauftrag:	Die Gemeinde Schuttrange möchte eine Messung der Hochfrequenz-Immissionen, die von Mobilfunkanlagen (GSM 900, GSM 1800, UMTS) im Gemeindegebiet verursacht werden, durchführen lassen. 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, Kindergarten, Wohngebiete). An den einzelnen Messpunkten soll danach differenziert werden, von welcher auf dem Gemeindegebiet installierten Mobilfunkanlage (Krekelsbierturm und Autobahn) jeweils wie hohe Immissionen verursacht werden bzw. welche Immissionen von Anlagen stammen, die außerhalb des Gemeindegebietes installiert sind.
Datum der Messungen:	27.06.2008
Durchführung der Messungen:	Dr.-Ing. Martin H. Virnich, ibu Dipl.-Ing. (FH) Caren Virnich, ibu
Angewandte Methoden:	Spektrumanalyse
Verfasser des Berichts:	Dr.-Ing. Martin H. Virnich, ibu

2 Randbedingungen der Messungen

2.1 Lage der Messpunkte

Die Messungen wurden an insgesamt 22 Messpunkten (MP 1 bis MP 22) auf dem Gelände der Gemeinde Schuttrange durchgeführt. Die Messpunkte wurden mit der Gemeinde telefonisch vor dem Ortstermin sowie beim Ortstermin besprochen und gemäß Bild 1 festgelegt.

Liste der Messpunkte:

- MP 1 Am Fuß des Mastes am Krekelsbierturm, Richtung Sektor 200° VoxMobile / 210° EPT
- MP 2 Am Fuß des Mastes am Krekelsbierturm, Richtung Sektor 270° VoxMobile / 300° EPT
- MP 3 Vor dem Mast an der Autobahn
- MP 4 Gewerbegebiet I (vor VW-Autohaus)
- MP 5 Gewerbegebiet II (vor Gebäude CETREL)
- MP 6 Einfahrt zum Hof an der Rue Principale Nr. 288
- MP 7 Spielplatz an der Kinderkrippe (Rue de Beyren, am Bahnhof)
- MP 8 Rue de la Montagne, oberstes Haus
- MP 9 Rue de la Montagne, gegenüber von Haus Nr. 36
- MP 10 Rue de la Montagne, unteres Ende, vor Haus „A Petzen“
- MP 11 Kreuzung Rue de Beyren / Rue de Mensdorf
- MP 12 Platz vor der Schule (Rue Principale)
- MP 13 Munsbach, Um Schennbierturm, letztes Haus
- MP 14 Am Friedhof neben der Kirche
- MP 15 Rue de la Forêt, nach dem letzten Haus
- MP 16 Ecke Rue de Bleuets / Um Kallek
- MP 17 Kreuzung Rue de Canach / Rue du Village
- MP 18 Rue Hoimesbusch

- MP 19 Schlassgewan, Ecke zur Rue Principale
- MP 20 Beim Fussebur, Wendehammer
- MP 21 Schrassig, Feldweg an der Syre
- MP 22 Neuhaeusgen, T-Kreuzung Rue de Senningen / Rue principale

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

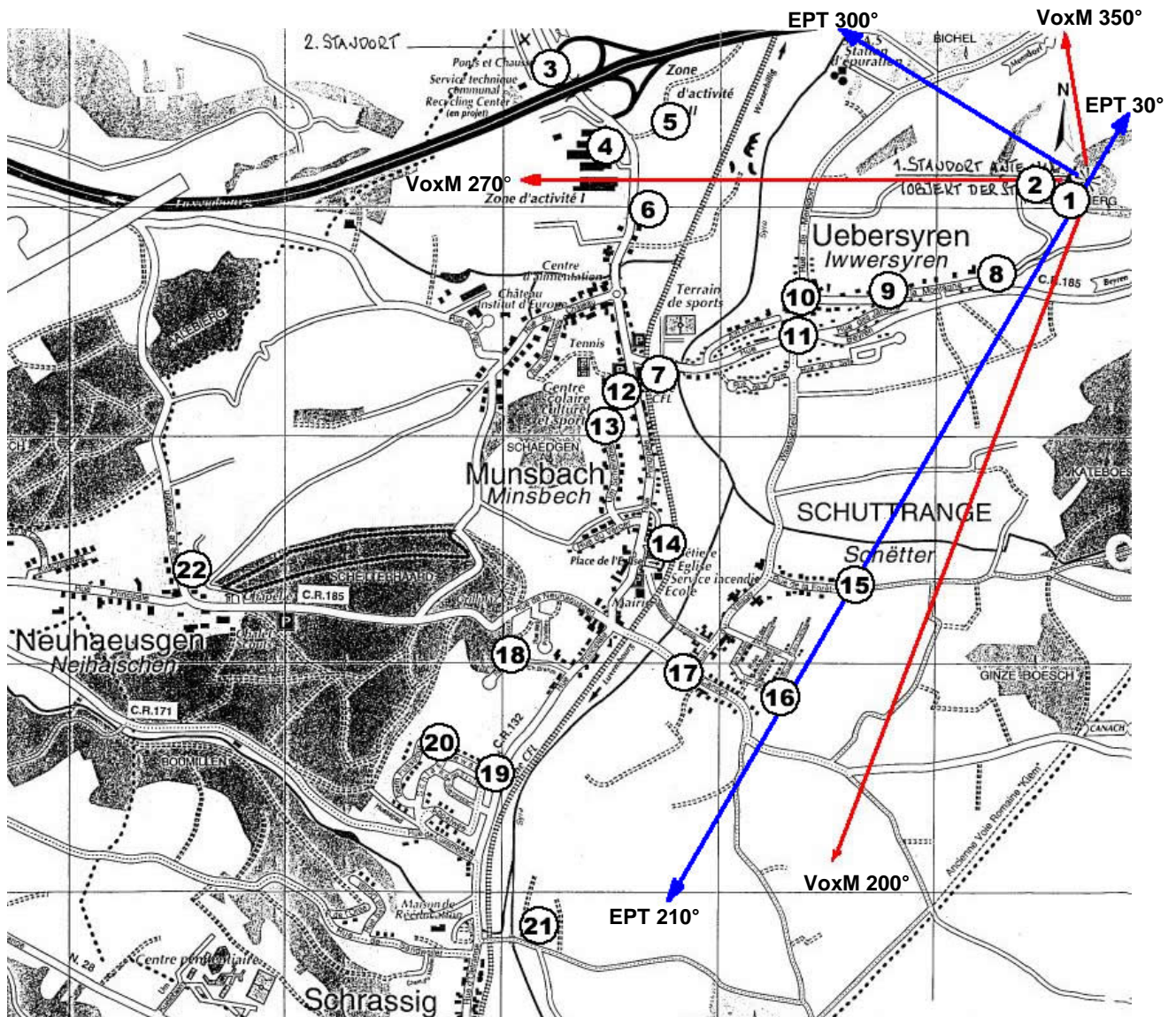


Bild 1: Lageskizze der Gemeinde Schuttrange mit den Standorten der beiden Mobilfunk-Masten (1. Standort am Krekelsberg, 2. Standort hinter der Autobahn), den Hauptstrahlrichtungen der Basisstationen am Krekelsberg (Pfeile) und den 22 Messpunkten (MP 1 bis MP 22)

2.2 Mobilfunk-Basisstationen

Die beiden Standorte der Mobilfunk-Basisstationen sind als Maststandorte ausgeführt:

- 1. Standort am Krekelsberg (Bild 2)
- 2. Standort hinter der Autobahn (auf dem Gelände der Nachbargemeinde, Bild 3).



Bild 2:

Basisstationen auf dem Mast am Krekelsberg



Bild 3:

Basisstationen auf dem Mast an der Autobahn

Netzbetreiber auf dem Mast am Krekelsberg sind EPT und VoxMobile, auf dem Mast an der Autobahn Tango.

Vom Mast am Krekelsberg liegen folgende Betreiberdaten vor:

Netzbetreiber	Sektor / Hauptstrahlrichtung	Funkdienst
EPT	210 °	GSM 900, GSM1800, UMTS
	300 °	GSM 900, GSM1800, UMTS
	30 °	GSM 900, GSM1800, UMTS
VoxMobile	200 °	GSM 900, UMTS
	270 °	GSM 900, UMTS
	350 °	GSM 900, UMTS

3 Messergebnisse

Die nachfolgenden Balkendiagramme in den Übersichten 1 bis 4 zeigen die Messergebnisse als Strahlungsdichten (= Leistungsflussdichten) in der Maßeinheit Mikrowatt pro Quadratmeter [$\mu\text{W}/\text{m}^2$].

Erwartungsgemäß sind die Messwerte unmittelbar am Mast des Standortes Krekelsbiert bei weitem am höchsten (MP 1 und MP 2). Die hier (in unbebautem Gelände) vorgenommenen Messungen dienen aber weniger der Immissionsbestimmung als vielmehr der Untersuchung der Anlagen und zur Bestimmung der verwendeten Frequenzen. In weiteren Darstellungen (Übersicht 3 und Übersicht 4) werden daher diese beiden Messpunkte weggelassen, um in einer feineren Skalierung die Unterschiede der Immissionen an den übrigen Messpunkten (MP 3 bis MP 22) deutlicher darstellen zu können.

Die Diagramme zeigen die Verhältnisse sowohl für die Mindest-Immissionen (Übersicht 1 und Übersicht 3) als auch für die Maximal-Immissionen (Übersicht 2 und Übersicht 4).

Die Mindest-Immissionen werden durch die permanent mit konstanter Leistung sendenden Organisations- bzw. Pilotkanäle hervorgerufen (Minimum).

Für den Zustand bei maximaler Anlagenauslastung ist die maximale Anzahl der Frequenzkanäle bei den GSM-Basisstationen maßgebend. Aufgrund der vorliegenden Betreiberdaten wurde für GSM 900 und für GSM 1800 mit jeweils maximal 2 Frequenzkanälen gerechnet (vgl. Kap. 4.2.1). Die aktuellen Immissionen schwanken je nach Anlagenauslastung (Anzahl aktuell geführter Mobiltelefonate) zwischen dem Mindest- und dem Maximalwert.

In ähnlicher Weise können auch die UMTS-Immissionen je nach Anlagenauslastung zwischen einem Minimal- und Maximalwert schwanken (vgl. Kap. 4.2.2).

Bis auf MP 3 und MP 4, die sich unmittelbar an der Autobahn befinden, dominieren auf dem gesamten Gemeindegebiet bei weitem die Immissionen, die von den Basisstationen am Krekelsbiert verursacht werden.

An MP 18 (Rue Hoimesbusch) und MP 22 (Neuhaeusgen) wurden auch Immissionen auf zusätzlichen Frequenzen gemessen. Diese Messpunkte liegen somit auch im Einflussbereich von anderen Mobilfunk-Standorten.

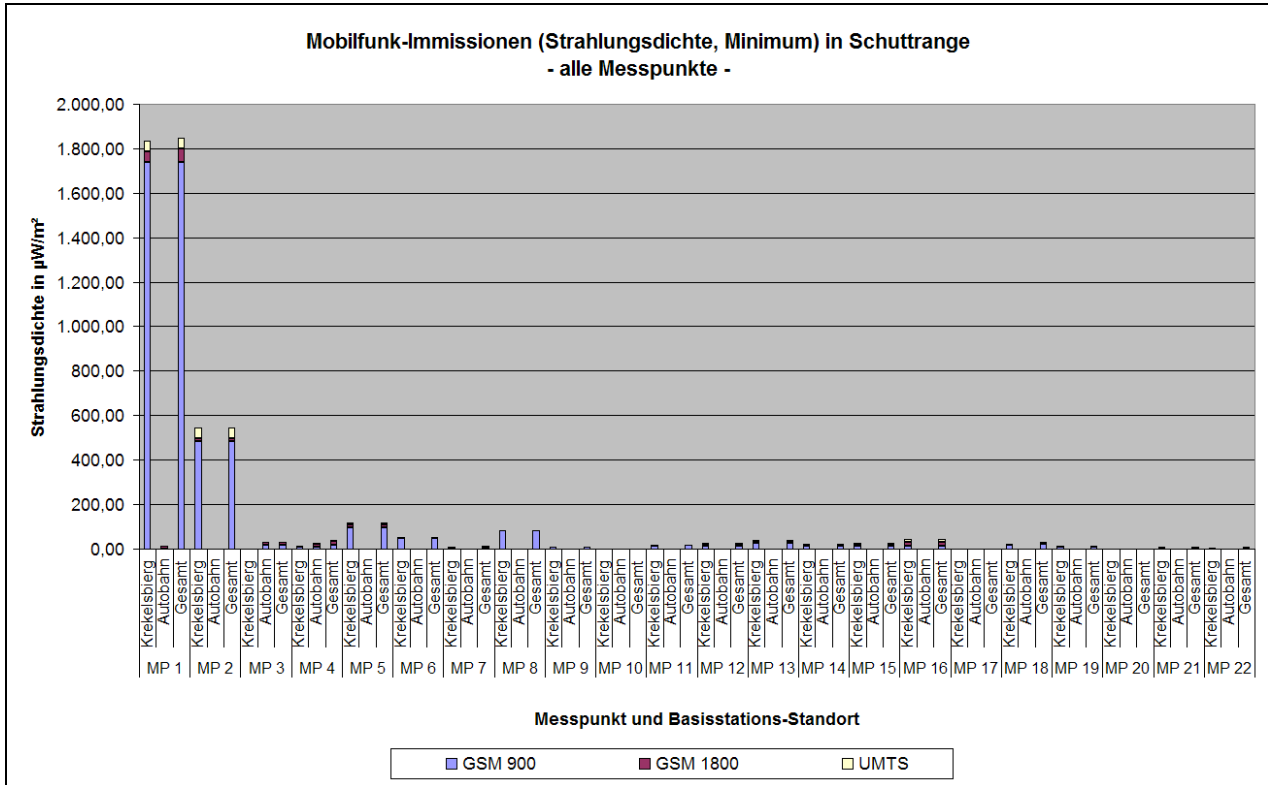
An den meisten Messpunkten dominieren die Immissionen von GSM 900. Lediglich an dem Messpunkten MP 12 bis MP 16 ergeben sich für GSM 1800 bzw. UMTS Immissionswerte, die in der Größenordnung der GSM 900-Immissionen liegen.

Wenn man von den Messpunkten MP 1 und MP 2 absieht, so liegen die Gesamtimmisionen an allen Messpunkten unter $0,21 \text{ V/m}$ resp. $120 \mu\text{W}/\text{m}^2$ (Minimum) bzw. $0,32 \text{ V/m}$ resp. $270 \mu\text{W}/\text{m}^2$ (Maximum für 2 GSM-Frequenzkanäle / worst case für UMTS). Der Luxembourger Vorsorgewert für Mobilfunk-Immissionen liegt bei 3 V/m bzw. $23.873 \mu\text{W}/\text{m}^2$ (für eine Antenne).

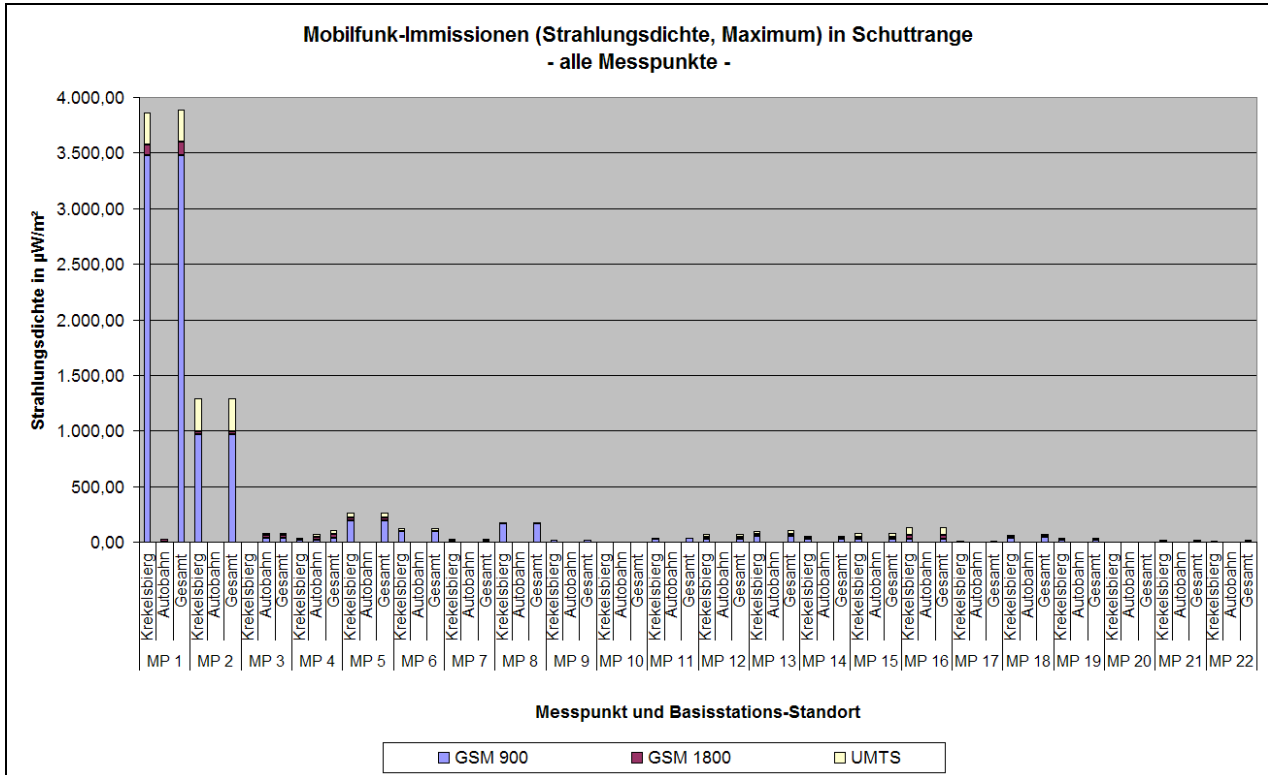
Die höchsten Immissionen wurden am MP 5 gemessen, gefolgt von MP 8. MP 5 liegt im Gewerbegebiet II, mit freier Sicht auf den Mast am Krekelsbiert und ziemlich genau in der Hauptstrahlrichtung des Sektors 270° VoxMobile. MP 8 befindet sich am obersten Haus in der Rue de la Montagne und ist der zum Mast am Krekelsbiert am höchsten und nächsten gelegene Messpunkt im bebauten Gebiet. Er liegt auch relativ dicht an den Hauptstrahlrichtungen der Sektoren 210° EPT und 200° VoxMobile.

An allen übrigen Messpunkten liegen die gemessenen Immissionen unter $0,14 \text{ V/m}$ resp. $50 \mu\text{W}/\text{m}^2$ (Minimum) bzw. $0,21 \text{ V/m}$ resp. $120 \mu\text{W}/\text{m}^2$ (Maximum für 2 GSM-Frequenzkanäle / worst case für UMTS).

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.



Übersicht 1: Mindest-Immissionen (Strahlungsdichte), alle Messpunkte

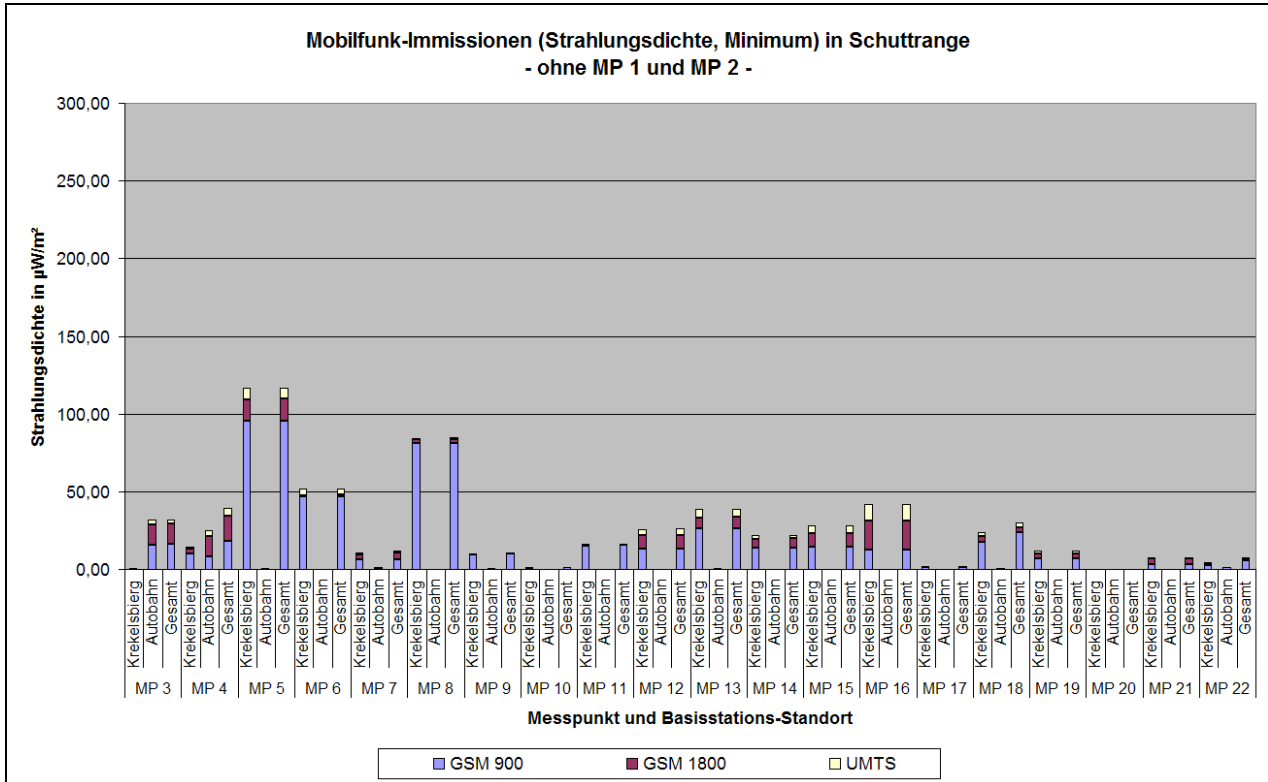


Übersicht 2: Maximal-Immissionen (Strahlungsdichte), alle Messpunkte

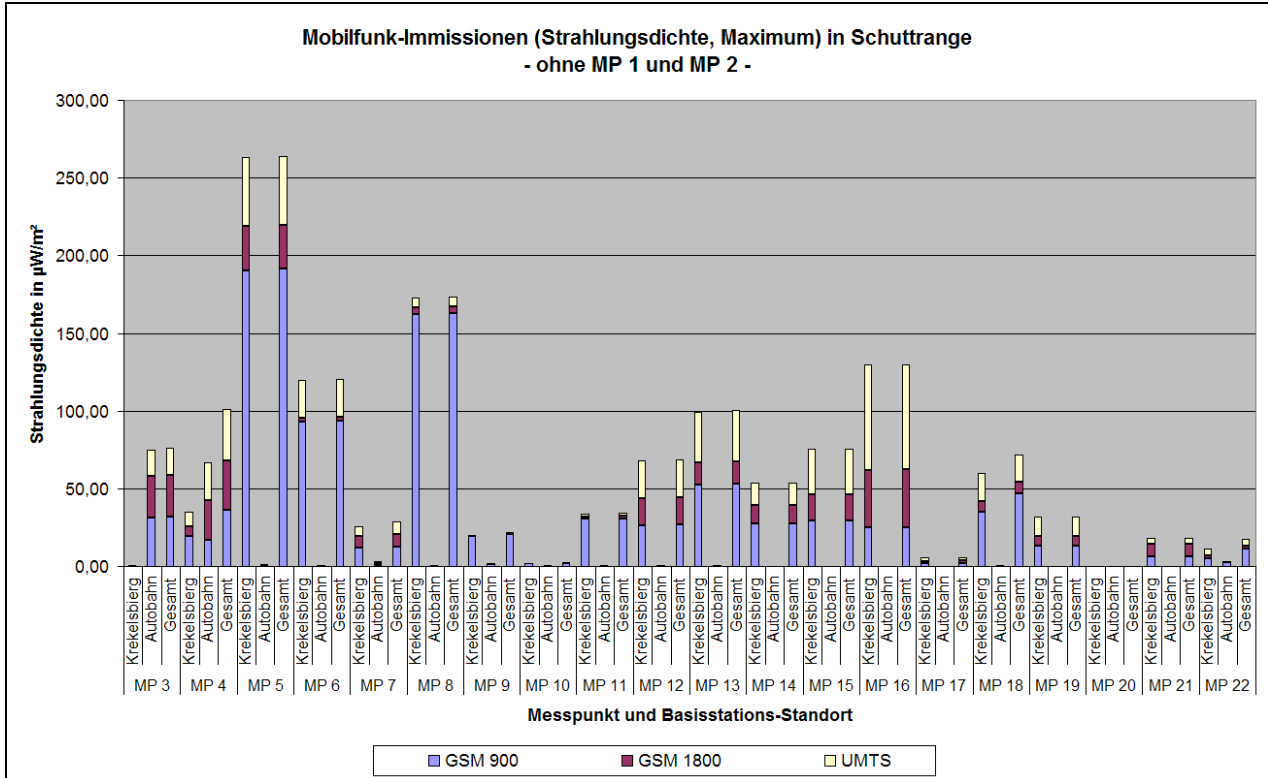
Messung der Immissionen von Mobilfunk-Basisstationen in der Gemeinde Schuttrange am 27.06.2008

Verfasser: © Dr.-Ing. Martin. H. Virnich, ibu, D-41063 Mönchengladbach

Auftraggeber: Commune de Schuttrange, Administration communale, L-5367 Schuttrange



Übersicht 3: Mindest-Immissionen (Strahlungsdichte), ohne MP1 und MP2



Übersicht 4: Maximal-Immissionen (Strahlungsdichte), ohne MP1 und MP2

Messung der Immissionen von Mobilfunk-Basisstationen in der Gemeinde Schuttrange am 27.06.2008

Verfasser: © Dr.-Ing. Martin. H. Virnich, ibu, D-41063 Mönchengladbach

Auftraggeber: Commune de Schuttrange, Administration communale, L-5367 Schuttrange

Die Topographie (hügeliges Gelände) und die Lage der verschiedenen Ortsteile in Relation zu den Hauptstrahlrichtungen spielen eine große Rolle für die Höhe der Immissionen.

Die Mobilfunkversorgung entspricht dem Prinzip „von außen und von oben“. Dies ist prinzipiell – und wie die Messergebnisse zeigen, auch im Fall Schuttrange – die günstigste aller Versorgungsvarianten.

Mobilfunkstandorte näher an einzelnen Ortsteilen oder gar innerhalb der Bebauung sollten auf jeden Fall vermieden werden, da es hier zu wesentlich höheren Belastungen in der Nähe der Standorte kommt (ggf. bis zu mehreren V/m).

Unter den gegebenen Verhältnissen ist der Standort am Krekelsberg für Schuttrange optimal. Bei eventuellen Erweiterungen sollte darauf geachtet werden, dass nicht alle Hauptstrahlrichtungen der verschiedenen Betreiber und Funkdienste exakt identisch sind, sondern variieren, insbesondere in der Vertikalen (Downtilt).

In den nachfolgenden Tabellen werden die Messergebnisse, die in den Diagrammen graphisch dargestellt sind, als Zahlenwerte aufgeführt. Dies erfolgt zusätzlich zur Strahlungsdichte (Tab 1) auch als elektrische Feldstärke (Tab. 2).

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

Strahlungsdichten in $\mu\text{W}/\text{m}^2$									
Messpunkt	Quelle(n)	Minimale Immission pro Funkdienst (F)				Maximale Auslastung* pro Funkdienst (F)			
		GSM 900	GSM 1800	UMTS	Summe (F)	GSM 900	GSM 1800	UMTS	Summe (F)
MP 1	Krekelsberg (K)	1.738,47	49,51	45,53	1.833,51	3.476,94	99,02	286,84	3.862,80
	Autobahn (A)	0,33	12,85	0,00	13,18	0,66	25,70	0,00	26,36
	Summe K+A	1.738,80	62,36	45,53	1.846,69	3.477,60	124,72	286,84	3.889,16
MP 2	Krekelsberg (K)	481,87	14,59	46,60	543,06	963,75	29,19	293,55	1.286,48
	Autobahn (A)	0,31	0,12	0,00	0,43	0,62	0,23	0,00	0,86
	Summe K+A	482,18	14,71	46,60	543,49	964,37	29,42	293,55	1.287,34
MP 3	Krekelsberg (K)	0,27	0,18	0,00	0,45	0,54	0,37	0,00	0,91
	Autobahn (A)	15,70	13,23	2,70	31,63	31,41	26,46	17,02	74,89
	Summe K+A	15,97	13,41	2,70	32,09	31,94	26,83	17,02	75,79
MP 4	Krekelsberg (K)	9,81	3,05	1,43	14,29	19,61	6,09	9,03	34,73
	Autobahn (A)	8,41	12,86	3,82	25,08	16,82	25,71	24,04	66,57
	Summe K+A	18,21	15,90	5,25	39,37	36,43	31,81	33,07	101,30
MP 5	Krekelsberg (K)	95,27	14,10	7,03	116,40	190,53	28,20	44,29	263,02
	Autobahn (A)	0,32	0,16	0,00	0,49	0,65	0,33	0,00	0,97
	Summe K+A	95,59	14,26	7,03	116,88	191,18	28,53	44,29	264,00
MP 6	Krekelsberg (K)	46,49	1,14	3,90	51,53	92,97	2,27	24,60	119,85
	Autobahn (A)	0,19	0,05	0,00	0,25	0,39	0,11	0,00	0,49
	Summe K+A	46,68	1,19	3,90	51,77	93,36	2,38	24,60	120,34
MP 7	Krekelsberg (K)	6,00	3,62	1,01	10,63	12,00	7,24	6,34	25,58
	Autobahn (A)	0,23	0,56	0,22	1,01	0,46	1,12	1,38	2,97
	Summe K+A	6,23	4,18	1,23	11,64	12,47	8,36	7,72	28,55
MP 8	Krekelsberg (K)	81,03	2,30	0,95	84,29	162,06	4,61	6,00	172,67
	Autobahn (A)	0,23	0,06	u.N.	0,29	0,46	0,13	u.N.	0,59
	Summe K+A	81,26	2,37	0,95	84,58	162,52	4,74	6,00	173,25
MP 9	Krekelsberg (K)	9,61	0,37	0,00	9,97	19,21	0,73	0,00	19,95
	Autobahn (A)	0,57	0,26	u.N.	0,83	1,13	0,53	u.N.	1,66
	Summe K+A	10,17	0,63	u.N.	10,80	20,34	1,26	u.N.	21,60
MP 10	Krekelsberg (K)	0,88	0,07	u.N.	0,96	1,77	0,15	u.N.	1,92
	Autobahn (A)	0,17	0,13	u.N.	0,29	0,33	0,25	u.N.	0,59
	Summe K+A	1,05	0,20	u.N.	1,25	2,10	0,40	u.N.	2,50
MP 11	Krekelsberg (K)	15,15	0,83	0,27	16,25	30,31	1,65	1,69	33,65
	Autobahn (A)	0,14	0,04	u.N.	0,18	0,28	0,08	u.N.	0,36
	Summe K+A	15,29	0,86	0,27	16,43	30,59	1,73	1,69	34,00



Strahlungsdichten in $\mu\text{W}/\text{m}^2$									
Mess- punkt	Quelle(n)	Minimale Immission pro Funkdienst (F)				Maximale Auslastung* pro Funkdienst (F)			
		GSM 900	GSM 1800	UMTS	Summe (F)	GSM 900	GSM 1800	UMTS	Summe (F)
MP 12	Krekelsbiereg (K)	13,10	8,75	3,90	25,75	26,20	17,50	24,57	68,26
	Autobahn (A)	0,16	0,10	u.N.	0,26	0,32	0,21	u.N.	0,53
	Summe K+A	13,26	8,85	3,90	26,01	26,52	17,71	24,57	68,79
MP 13	Krekelsbiereg (K)	26,12	7,22	5,19	38,53	52,23	14,44	32,72	99,39
	Autobahn (A)	0,27	0,14	u.N.	0,42	0,55	0,28	u.N.	0,83
	Summe K+A	26,39	7,36	5,19	38,95	52,78	14,73	32,72	100,23
MP 14	Krekelsbiereg (K)	13,59	5,98	2,28	21,85	27,19	11,96	14,36	53,50
	Autobahn (A)	0,05	0,04	u.N.	0,08	0,10	0,07	u.N.	0,17
	Summe K+A	13,64	6,01	2,28	21,94	27,28	12,03	14,36	53,67
MP 15	Krekelsbiereg (K)	14,58	8,54	4,66	27,78	29,15	17,08	29,36	75,59
	Autobahn (A)	0,05	0,04	u.N.	0,09	0,09	0,08	u.N.	0,18
	Summe K+A	14,62	8,58	4,66	27,86	29,24	17,17	29,36	75,77
MP 16	Krekelsbiereg (K)	12,40	18,60	10,77	41,77	24,80	37,21	67,82	129,84
	Autobahn (A)	0,03	0,04	u.N.	0,07	0,07	0,08	u.N.	0,15
	Summe K+A	12,44	18,64	10,77	41,85	24,87	37,29	67,82	129,98
MP 17	Krekelsbiereg (K)	1,05	0,67	0,35	2,06	2,09	1,34	2,20	5,63
	Autobahn (A)	0,01	0,01	u.N.	0,02	0,01	0,03	u.N.	0,04
	Summe K+A	1,05	0,68	0,35	2,09	2,11	1,36	2,20	5,67
MP 18	Krekelsbiereg (K)	17,38	3,58	2,81	23,76	34,76	7,16	17,67	59,59
	Autobahn (A)	0,33	0,01	0,00	0,34	0,66	0,03	0,00	0,69
	Summe K+A	23,42	3,59	2,81	29,82	46,84	7,19	17,67	71,70
MP 19	Krekelsbiereg (K)	6,68	3,09	1,90	11,67	13,36	6,18	11,98	31,52
	Autobahn (A)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Summe K+A	6,68	3,09	1,90	11,67	13,36	6,18	11,98	31,52
MP 20	Krekelsbiereg (K)	0,07	u.N.	u.N.	0,07	0,14	u.N.	u.N.	0,14
	Autobahn (A)	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.
	Summe K+A	0,07	u.N.	u.N.	0,07	0,14	u.N.	u.N.	0,14
MP 21	Krekelsbiereg (K)	3,23	3,85	0,63	7,71	6,46	7,70	3,97	18,13
	Autobahn (A)	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,03
	Summe K+A	3,24	3,85	0,63	7,73	6,49	7,70	3,97	18,16
MP 22	Krekelsbiereg (K)	2,63	0,75	0,70	4,07	5,25	1,50	4,39	11,14
	Autobahn (A)	1,32	0,18	0,00	1,50	2,64	0,36	0,00	2,99
	Summe K+A	5,67	0,93	0,70	7,30	11,34	1,86	4,39	17,58

u.N.: unter der Nachweisgrenze des verwendeten Messsystems

* Maximale Auslastung pro Funkdienst:

GSM 900 und GSM 1800 berechnet für 2 Frequenzkanäle

UMTS: Hochrechnung auf "worst case"

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

Elektrische Feldstärken in V/m									
Mess- punkt	Quelle(n)	Minimale Immission pro Funkdienst (F)				Maximale Auslastung* pro Funkdienst (F)			
		GSM 900	GSM 1800	UMTS	Summe (F)	GSM 900	GSM 1800	UMTS	Summe (F)
MP 1	Krekelsbiereg (K)	0,810	0,137	0,131	0,831	1,145	0,193	0,329	1,207
	Autobahn (A)	0,011	0,070	0,000	0,070	0,016	0,098	0,000	0,100
	Summe K+A	0,810	0,153	0,131	0,834	1,145	0,217	0,329	1,211
MP 2	Krekelsbiereg (K)	0,426	0,074	0,133	0,452	0,603	0,105	0,333	0,696
	Autobahn (A)	0,011	0,007	0,000	0,013	0,015	0,009	0,000	0,018
	Summe K+A	0,426	0,074	0,133	0,453	0,603	0,105	0,333	0,697
MP 3	Krekelsbiereg (K)	0,010	0,008	0,000	0,013	0,014	0,012	0,000	0,018
	Autobahn (A)	0,077	0,071	0,032	0,109	0,109	0,100	0,080	0,168
	Summe K+A	0,078	0,071	0,032	0,110	0,110	0,101	0,080	0,169
MP 4	Krekelsbiereg (K)	0,061	0,034	0,023	0,073	0,086	0,048	0,058	0,114
	Autobahn (A)	0,056	0,070	0,038	0,097	0,080	0,098	0,095	0,158
	Summe K+A	0,083	0,077	0,044	0,122	0,117	0,110	0,112	0,195
MP 5	Krekelsbiereg (K)	0,190	0,073	0,051	0,209	0,268	0,103	0,129	0,315
	Autobahn (A)	0,011	0,008	0,000	0,014	0,016	0,011	0,000	0,019
	Summe K+A	0,190	0,073	0,051	0,210	0,268	0,104	0,129	0,315
MP 6	Krekelsbiereg (K)	0,132	0,021	0,038	0,139	0,187	0,029	0,096	0,213
	Autobahn (A)	0,009	0,004	0,000	0,010	0,012	0,006	0,000	0,014
	Summe K+A	0,133	0,021	0,038	0,140	0,188	0,030	0,096	0,213
MP 7	Krekelsbiereg (K)	0,048	0,037	0,019	0,063	0,067	0,052	0,049	0,098
	Autobahn (A)	0,009	0,015	0,009	0,020	0,013	0,021	0,023	0,033
	Summe K+A	0,048	0,040	0,021	0,066	0,069	0,056	0,054	0,104
MP 8	Krekelsbiereg (K)	0,175	0,029	0,019	0,178	0,247	0,042	0,048	0,255
	Autobahn (A)	0,009	0,005	u.N.	0,011	0,013	0,007	u.N.	0,015
	Summe K+A	0,175	0,030	0,019	0,179	0,248	0,042	0,048	0,256
MP 9	Krekelsbiereg (K)	0,060	0,012	0,000	0,061	0,085	0,017	0,000	0,087
	Autobahn (A)	0,015	0,010	u.N.	0,018	0,021	0,014	u.N.	0,025
	Summe K+A	0,062	0,015	u.N.	0,064	0,088	0,022	u.N.	0,090
MP 10	Krekelsbiereg (K)	0,018	0,005	u.N.	0,019	0,026	0,007	u.N.	0,027
	Autobahn (A)	0,008	0,007	u.N.	0,011	0,011	0,010	u.N.	0,015
	Summe K+A	0,020	0,009	u.N.	0,022	0,028	0,012	u.N.	0,031
MP 11	Krekelsbiereg (K)	0,076	0,018	0,010	0,078	0,107	0,025	0,025	0,113
	Autobahn (A)	0,007	0,004	u.N.	0,008	0,010	0,005	u.N.	0,012
	Summe K+A	0,076	0,018	0,010	0,079	0,107	0,026	0,025	0,113
MP 12	Krekelsbiereg (K)	0,070	0,057	0,038	0,099	0,099	0,081	0,096	0,160
	Autobahn (A)	0,008	0,006	u.N.	0,010	0,011	0,009	u.N.	0,014
	Summe K+A	0,071	0,058	0,038	0,099	0,100	0,082	0,096	0,161
MP 13	Krekelsbiereg (K)	0,099	0,052	0,044	0,121	0,140	0,074	0,111	0,194
	Autobahn (A)	0,010	0,007	u.N.	0,013	0,014	0,010	u.N.	0,018
	Summe K+A	0,100	0,053	0,044	0,121	0,141	0,075	0,111	0,194
MP 14	Krekelsbiereg (K)	0,072	0,047	0,029	0,091	0,101	0,067	0,074	0,142
	Autobahn (A)	0,004	0,004	u.N.	0,006	0,006	0,005	u.N.	0,008
	Summe K+A	0,072	0,048	0,029	0,091	0,101	0,067	0,074	0,142
MP 15	Krekelsbiereg (K)	0,074	0,057	0,042	0,102	0,105	0,080	0,105	0,169
	Autobahn (A)	0,004	0,004	u.N.	0,006	0,006	0,006	u.N.	0,008
	Summe K+A	0,074	0,057	0,042	0,102	0,105	0,080	0,105	0,169
MP 16	Krekelsbiereg (K)	0,068	0,084	0,064	0,125	0,097	0,118	0,160	0,221
	Autobahn (A)	0,004	0,004	u.N.	0,005	0,005	0,005	u.N.	0,007
	Summe K+A	0,068	0,084	0,064	0,126	0,097	0,119	0,160	0,221
MP 17	Krekelsbiereg (K)	0,020	0,016	0,011	0,028	0,028	0,022	0,029	0,046
	Autobahn (A)	0,002	0,002	u.N.	0,003	0,002	0,003	u.N.	0,004
	Summe K+A	0,020	0,016	0,011	0,028	0,028	0,023	0,029	0,046



Elektrische Feldstärken in V/m									
Mess- punkt	Quelle(n)	Minimale Immission pro Funkdienst (F)				Maximale Auslastung* pro Funkdienst (F)			
		GSM 900	GSM 1800	UMTS	Summe (F)	GSM 900	GSM 1800	UMTS	Summe (F)
MP 18	Krekelsbiereg (K)	0,081	0,037	0,033	0,095	0,114	0,052	0,082	0,150
	Autobahn (A)	0,011	0,002	0,000	0,011	0,016	0,003	0,000	0,016
	Summe K+A	0,094	0,037	0,033	0,106	0,133	0,052	0,082	0,164
MP 19	Krekelsbiereg (K)	0,050	0,034	0,027	0,066	0,071	0,048	0,067	0,109
	Autobahn (A)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Summe K+A	0,050	0,034	0,027	0,066	0,071	0,048	0,067	0,109
MP 20	Krekelsbiereg (K)	0,005	u.N.	u.N.	0,005	0,007	u.N.	u.N.	0,007
	Autobahn (A)	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.
	Summe K+A	0,005	u.N.	u.N.	0,005	0,007	u.N.	u.N.	0,007
MP 21	Krekelsbiereg (K)	0,035	0,038	0,015	0,054	0,049	0,054	0,039	0,083
	Autobahn (A)	0,002	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,003
	Summe K+A	0,035	0,038	0,015	0,054	0,049	0,054	0,039	0,083
MP 22	Krekelsbiereg (K)	0,031	0,017	0,016	0,039	0,045	0,024	0,041	0,065
	Autobahn (A)	0,022	0,008	0,000	0,024	0,032	0,012	0,000	0,034
	Summe K+A	0,046	0,019	0,016	0,052	0,065	0,026	0,041	0,081

u.N.: unter der Nachweisgrenze des verwendeten Messsystems

- * Maximale Auslastung pro Funkdienst:
GSM 900 und GSM 1800 berechnet für 2 Frequenzkanäle
UMTS: Hochrechnung auf "worst case"

4 Hochfrequenz-Messverfahren

4.1 Spektrumanalyse

Hochfrequente elektromagnetische Felder bestehen i.d.R. aus einem Gemisch von Signalen unterschiedlicher Frequenz (Maßeinheit Kilohertz [kHz], Megahertz [MHz], Gigahertz [GHz]) 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 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 im spezifizierten 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.

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 Zeitschlitzten 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.

4.2.2 „Worst Case“-Betrachtung der UMTS-Immissionen für maximale Anlagenauslastung (Beurteilungswert)

Die Bandbreite von UMTS-Signalen ist mit ca. 4 MHz wesentlich größer als die von GSM-Signalen (200 kHz). Daher kommt zur Messung von UMTS-Immissionen das Verfahren der Channel Power-Messung zum Einsatz. Hierbei wird mit einer schmalen Filtereinstellung das Dichtespektrum gemessen und über die Kanalbandbreite aufsummiert.

Auch bei UMTS gibt es permanent sendende Steuerkanäle, die die Minimalimmission bestimmen, wenn kein Nutzverkehr über die Basisstation abgewickelt wird. Die Maximalimmission bei voller Anlagenauslastung beträgt etwa das 6,3-fache der minimalen Leistungsflussdichte. Mittels Spektrumanalyse kann allerdings nicht eindeutig differenziert werden, in welchem Auslastungszustand die Basisstation sich während der Messung befindet.

Setzt man den aktuellen Messwert als Minimalwert an und rechnet die Leistungsflussdichte mit dem Faktor 6,3 hoch, so stellt der hiermit ermittelte Maximalwert den „worst case“ dar. Die tatsächliche Maximal-Immission wird auf keinen Fall höher sein, kann aber bis um den Faktor 6,3 niedriger sein (wenn nämlich bei maximaler Anlagenauslastung gemessen wurde).

Bei UMTS unterscheiden sich aufgrund der rauschähnlichen Signalstruktur der Spitzenwert (Peak) und der Effektivwert (quadratischer zeitlicher Mittelwert, RMS (Root Mean Square)) erheblich. Typisch ist ein Unterschied von ca. 10 dB. Dies entspricht dem Faktor 10 für die Strahlungsdichte und dem Faktor $\sqrt{10} = 3,16$ für die Feldstärke. Bei den durchgeführten Messungen wurde der RMS-Wert ermittelt.

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:

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

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 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

* 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