

- Konzentration von Mobilfunkanlagen auf wenige Standorte
- Verteiltes Standortkonzept

Auch für Standorte, die bereits errichtet sind, werden einige Optimierungsmaßnahmen angesprochen:

- Veränderung der horizontalen Ausrichtung und der vertikalen Strahlneigung (Downtilt) der Antennen
- Verringerung des Einflusses vertikaler Nebenkeulen im Antennendiagramm
- Verwendung von Antennen mit kleinem vertikalen Öffnungswinkel
- Erhöhung des Antennenträgers

Diese werden bezüglich ihrer Effizienz und ihres Einflusses auf die Versorgungsgüte diskutiert. Obwohl streng genommen das Vorhandensein einer proportionalen Dosis-Wirkungs-Beziehung bei hochfrequenten Feldern unterhalb der geltenden Grenzwerte nicht geklärt ist, wird bei Minimierungsüberlegungen natürlich immer angestrebt, dass möglichst geringe Immissionen in der Umgebung von Sendeanlagen erzeugt werden, was auch dem von der SSK geforderten Minimierungsprinzip [SSK 01] entspricht. Streng genommen kann allerdings die Frage nicht eindeutig beantwortet werden, ob es besser ist, die „Spitzenimmissionen“ in der Umgebung einer Basisstation zu minimieren unter gleichzeitiger Inkaufnahme eines Anstiegs der mittleren Immission im weiteren Umfeld (so wie es unter Umständen zum Beispiel bei einer Erhöhung des Antennenstandortes auftritt), oder stattdessen „Spitzenimmissionen“ (natürlich unterhalb der geltenden Grenzwerte) zuzulassen, wenn dadurch die mittlere Immission in der Umgebung geringer wird. Aus diesem Grund ist jede denkbare Maßnahme sowohl bezüglich ihrer Wirkung auf die mittlere Immission in der Umgebung, als auch auf die entstehenden „Spitzenimmissionen“ im Nahbereich zu bewerten. Ob die Minimierung der „Spitzenimmissionen“ im Fokus stehen soll, oder ob stattdessen eher eine besonders niedrige mittlere Immission angestrebt wird, muss vom Auftraggeber festgelegt werden. Besonders empfehlenswert erscheinen natürlich immer Maßnahmen, die sowohl die „Spitzenimmission“ als auch die durchschnittliche Immission verringern.

4 Netzabdeckung und Versorgungslückeneinzelnier Anbieter

Für die Erstellung eines Mobilfunkkonzeptes ist die Kenntnis der aktuellen Netzabdeckung sowie eventuell vorhandener Versorgungslücken, die durch neue Standorte zu schließen sind, unabdingbare Voraussetzung. Netzabdeckung und Versorgungslücken müssen separat für alle vier Netzbetreiber ermittelt werden, da diese unabhängig voneinander agieren.

Einen ersten Hinweis können hier Netzabdeckungskarten liefern, die einige Netzbetreiber im Internet zur Verfügung stellen. Verfügbar in einer für vorliegende Untersuchungen sinnvollen kartografischen Auflösung sind z.B.:

- T-Mobile: <http://www.t-mobile.de/funkversorgung>
- Vodafone:
<http://www.vodafone.de/business/mobile-telefonie-handy-sms-mms-ausland/97094.html>
- E-Plus: <http://eis03sn1.eplus-online.de/evportal/portal/gsm>

Anhand dieser Karten (Stand Dezember 2007) ist ersichtlich, dass zumindest die Netze der o.g. drei Anbieter bezüglich GSM flächendeckend ausgebaut sind. Bei UMTS ist jedoch derzeit noch keine flächendeckende Versorgung erreicht, so dass hier in Abhängigkeit der Planungen der Netzbetreiber mit einer Nachrüstung von Stationen zu rechnen ist. Bei einer Einschätzung der Versorgungssituation anhand der Netzabdeckungskarten ist aber folgendes zu berücksichtigen:

- Die dargestellten Versorgungsgebiete wurden auf der Basis von Computersimulationen erzeugt. Sie können zum Teil von den realen Zuständen abweichen und können somit nicht garantiert werden.
- Beispielsweise bei der Versorgungskarte von Vodafone wird explizit darauf hingewiesen, dass es sich bei der Versorgung um die *Outdoor-Netzabdeckung* handelt. Wie bereits im Kapitel 3 beschrieben, erlaubt dies nur begrenzte Aussagen über die Funkversorgung innerhalb von Gebäuden, da hier mit einer Zusatzdämpfung von etwa 20 dB gerechnet werden muss.
- Am schwerwiegendsten dürfte aber wiegen, dass aus den Versorgungskarten keine oder allenfalls nur begrenzte Aussagen über die notwendige bzw. derzeit realisierte *Kapazität* möglich sind. Wie in Kapitel 3 bereits erläutert, heißt „versorgt“ nicht automatisch, dass für das betreffende Gebiet eine optimale Kapazität sichergestellt ist. Sofern ein prinzipieller Mobilempfang möglich ist, kann das sowohl bedeuten, dass z.B. bei UMTS „nur“ ein normales Telefongespräch möglich sein kann, aber auch, dass mehrere Teilnehmer hochbitratige Datenverbindungen betreiben können. Hierbei ist es also notwendig zu ermitteln, für welche Versorgungsgebiete welche Versorgungskapazitäten geplant werden bzw. ob diese bereits realisiert sind oder nicht.

Daraus wird ersichtlich, dass die Versorgungskarten nur sehr eingeschränkte Informationen liefern. Deswegen wurden alle vier Netzbetreiber angeschrieben und ihre Bereitschaft erfragt, Details über die Netzabdeckung und eventuelle Versorgungslücken für das Projekt zur Verfügung zu stellen.

Die Antwortschreiben der Netzbetreiber sind auf den folgenden Seiten dargestellt.

Als Fazit lässt sich feststellen, dass offensichtlich eine Bereitstellung von über die im Internet verfügbaren Informationen und über die im Rahmen der Verbändevereinbarung bzw. der Selbstverpflichtung den Kommunen zur Verfügung gestellten Suchkreisen hinausgehende Daten aus Wettbewerbsgründen seitens der Betreiber abgelehnt wird, da sie dem Betriebs- und Geschäftsgeheimnis unterliegen.

Da nun aber, wie im Kapitel 3 beschrieben, die Beistellung von Informationen hinsichtlich dem geplanten gebietsspezifischen Versorgungs- und Kapazitätsbedarf unbedingt notwendig ist, ist somit eine Grundvoraussetzung für die fachgerechte Erstellung einer eigenständigen globalen Standortplanung „Standortkonzept“ nicht gegeben.

Somit bleibt hinsichtlich einer Minimierung von Immissionen im Sinne der SSK-Empfehlung von 2001 nur die Optimierung einzelner Standorte im Dialog mit den Betreibern.

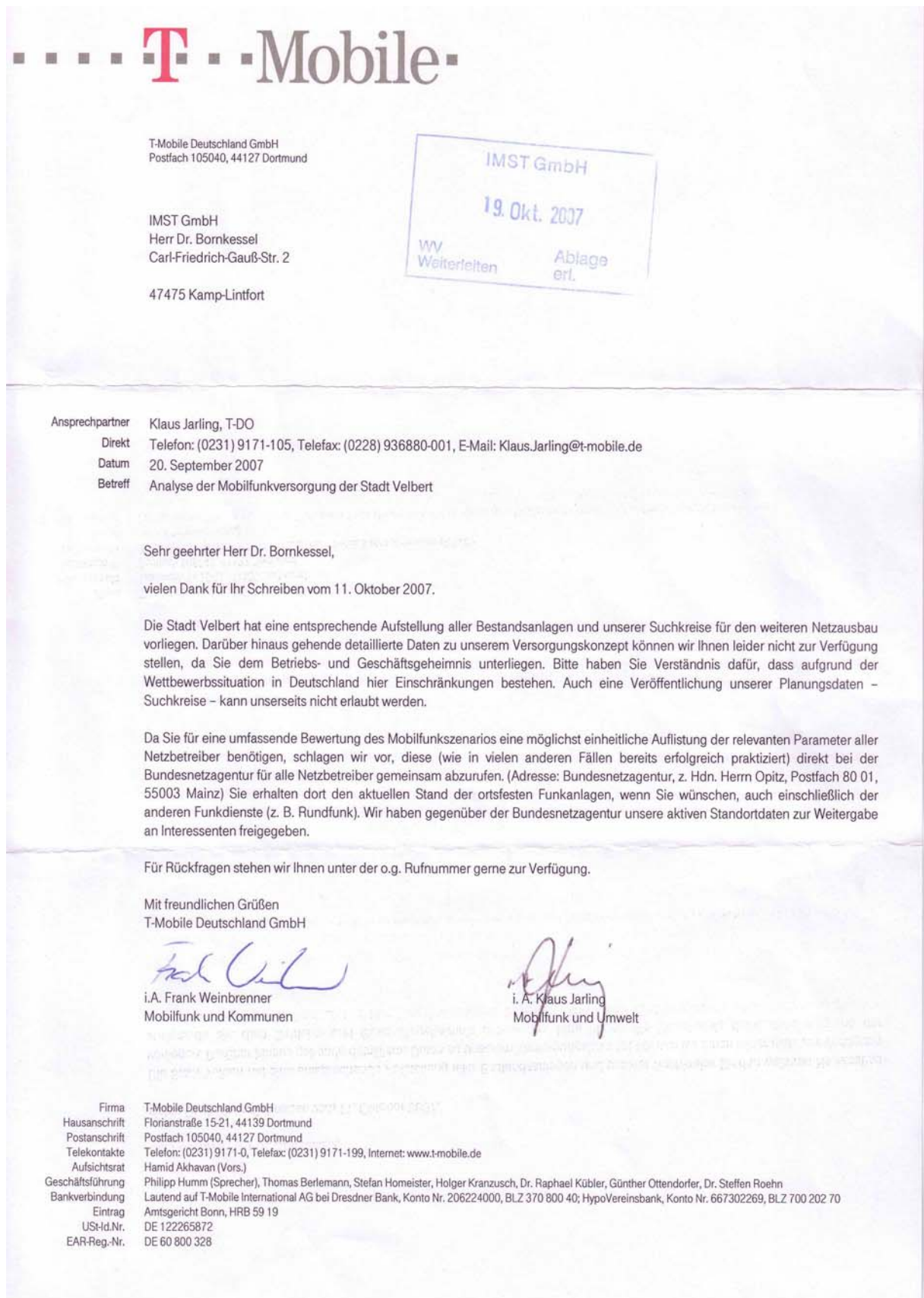


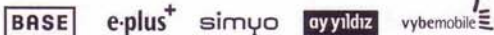
Bild 4.1

Antwortschreiben der Firma T-Mobile Deutschland GmbH



Bild 4.2 Antwortschreiben der Firma Vodafone D2 GmbH

E-PLUS GRUPPE



E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG Postfach 30 03 07 D-40403 Düsseldorf

IMST GmbH
Dr. Christian Bornkessel
Carl-Friedrich-Gauß-Str. 2
47475 Kamp-Lintfort

IMST GmbH

07. Dez. 2007

WV Ablage
Weiterleiten erl.

Ihr Zeichen

Unser Zeichen
Ge/EHS

Durchwahl
-2373

Fax-Durchwahl
-4949

Datum
04.12.2007

Analyse der Mobilfunkversorgung der Stadt Velbert

Sehr geehrter Herr Bornkessel,

vielen Dank für Ihr Schreiben vom 18.10.2007 an Frau Sunderbrink, auf das wir Ihnen gerne wie folgt antworten.

Ein Überblick über unsere Netzversorgung insbesondere auch für das Gebiet der Stadt Velbert ist auf unserer Internetseite www.eplus.de ersichtlich.

Wenn sich unsererseits ein Bedarf an neuen Funkstandorten ergibt, nehmen wir rechtzeitig gemäß der Verbändevereinbarung mit der zuständigen Kommune Kontakt auf. Darüber hinaus können wir weitere Planungsdaten aus wettbewerbsrelevanten Gründen nicht weitergeben.

Gerade der Versorgungs- und Kapazitätsbedarf wird von den Netzbetreibern entsprechend Ihrer Netzausbaustrategie unterschiedlich bewertet und ist nicht für die Veröffentlichung geeignet.

Wir bitten Sie um Verständnis für unseren Handlungsspielraum. Für Rückfragen steht Ihnen Herr Gerhardt gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG



Dr. Karsten Menzel
Department Manager, Projects, Health & Safety



Dr. Dietmar Gerhardt
Referent Mobilfunk und Umwelt, Projects, Health & Safety

E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG
E-Plus-Platz
D-40468 Düsseldorf
Postfach 30 03 07
D-40403 Düsseldorf
Telefon +49-211-448-0
Fax +49-211-448-2222

Sitz der Gesellschaft
Düsseldorf
Amtsgericht Düsseldorf
HRA 19031

Bankverbindung
Deutsche Bank AG
Düsseldorf
BLZ 300 700 10
Konto 3 975 075
IBAN:
DE44 3007 0010 0397 5075 00
BIC: DEUTDE33
West LB, Düsseldorf
BLZ 300 500 00
Konto 5 873 054
IBAN:
DE26 3005 0000 0005 8730 54
BIC: WELADED3

Persönlich haftender Gesellschafter
E-Plus Mobilfunk
Geschäftsführungs GmbH
Sitz Düsseldorf
Amtsgericht Düsseldorf
HRB 39109

Geschäftsführung
Thorsten Dirks (Vorsitzender)
Elmar Grasser

Vorsitzender des Aufsichtsrats
Stan Miller

USt. ID-Nr.
DE 811 427 602

St. Nr.
105/5905/1101

WEEE-Reg.-Nr.
DE 42963419

Bild 4.3

Antwortschreiben der Firma E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG

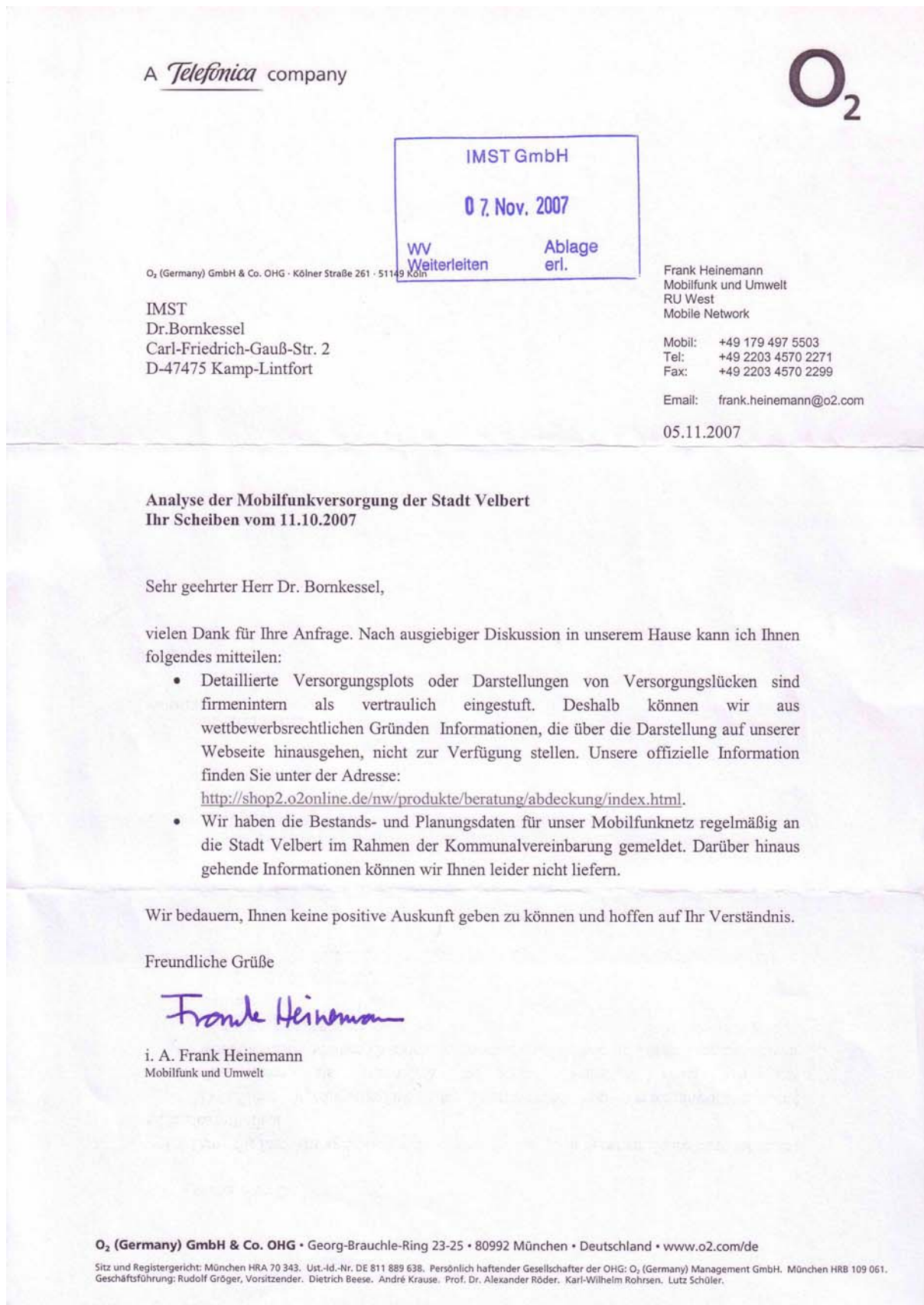


Bild 4.4

Antwortschreiben der Firma O₂ (Germany) GmbH & Co. OHG

5 Ergebnisse der Expositionsmessungen

5.1 Beschreibung des Messverfahrens und der Geräte

5.1.1 Messverfahren

Die Messungen wurden mit Spektrumanalysatoren durchgeführt, da mit diesen Geräten eine getrennte Erfassung von verschiedenen Hochfrequenz-Immissionsquellen möglich ist. Das Messverfahren ist in Bild 5.1 dargestellt:



Bild 5.1: Messverfahren mit Spektrumanalysator (gelb) und Empfangsantenne

Der Spektrumanalysator (Handgerät in Bild 5.1) misst frequenzselektiv eine Strahlungsleistung, die durch die an seinen Eingang geschaltete Empfangsantenne (in der Hand) aus dem umgebenden elektromagnetischen Strahlungsfeld (z.B. dem der Mobilfunkbasisstation) entnommen wird. Unter Berücksichtigung der Antennenparameter (Antennenfaktor) und der Dämpfung des Zuleitungskabels, die beide als Korrekturfaktoren vor der eigentlichen Messung in das Gerät eingeladen werden, kann die gemessene Leistung (bzw. Spannung) direkt in diejenige Feldstärke umgerechnet werden, die am Ort der Antenne vorliegt.

Bei den Messungen wurden die Maximalwerte aller empfangenen Signale in einem Zeitraum von etwa ein bis zwei Minuten aufgezeichnet (sog. Maxhold-Funktion). Somit können auch

Immissionen erfasst werden, die nicht ständig, sondern nur während bestimmter Zeiten innerhalb des Intervalls vorhanden sind.

Die Messungen wurden nach der *Schwenkmethode* durchgeführt. Hierbei wurde mit der Antenne ein Messvolumen abgetastet (Messhöhe ca. 0,75 m - 1,75 m, Durchmesser mind. 1 m), die Antenne sowohl hochwärts als auch seitwärts bewegt und die Polarisationsrichtung der Antenne verändert. Damit wird eine Maximierung aller im Messvolumen vorliegenden Signale, die verschieden stark aus unterschiedlichen Raumrichtungen mit unterschiedlichen Polarisationen einfallen und sich kleinskalig ändern können, erreicht.

Die Messungen mit dem Spektrumanalysator wurden in folgenden Schritten durchgeführt:

- Feinmessung im Frequenzbereich 920 - 960 MHz (Downlink Basisstation GSM-R und GSM 900), Antenne USLP 9142, RBW 200 kHz, Analysator SRM-3000, RMS-Erfassung,
- Feinmessung im Frequenzbereich 1820 - 1880 MHz (Downlink Basisstation GSM 1800), Antenne USLP 9142, RBW 200 kHz, Analysator SRM-3000, RMS-Erfassung,
- codeselektive Messung bei den Frequenzen 2167,2 MHz (T-Mobile), 2112,8 MHz (Vodafone), 2132,6 MHz (E-Plus) und 2152,4 MHz (O₂) mit Extraktion der CPICH-Kanäle, Antenne USLP 9142, Analysator SRM-3000,
- Feinmessung sonstiger HF-Quellen im Frequenzbereich 9 kHz - 3 GHz, Antennen EFS 9218, VUBA 9117, USLP 9142; Analysatoren SRM-3000, FSP-7 und 8564E, auf Signal angepasste RBW und Detektortyp.

Die Messunsicherheit beträgt maximal $\pm 3,3$ dB (erweiterte Messunsicherheit für $k=2$, d.h. Vertrauensintervall 95%); sie wurde nicht zu den Messergebnissen addiert.

5.1.2 Extrapolation auf maximale Anlagenauslastung

Da GSM- und UMTS-Mobilfunkanlagen eine von der gegenwärtigen Auslastung und der Verbindungsqualität abhängende Leistungsregelung aufweisen, müssen die gemessenen Augenblickswerte entsprechend den Anforderungen der 26. BImSchV auf den Zustand bei maximaler Anlagenauslastung hochgerechnet werden. Dies erfolgt wie nachfolgend beschrieben:

GSM-Anlagen

Mehrkanalige GSM-Anlagen senden ab Kanal 2 mit einer entfernungs- und teilnehmerabhängigen Leistungsregelung, wohingegen Kanal 1 (Signalisierungskanal, BCCH) permanent mit maximaler Sendeleistung arbeitet. Um aus den mit dem Spektrumanalysator gemessenen Werten auf die maximale Anlagenauslastung schließen zu können, wird die durch den Signalisierungskanal erzeugte Immission mit der Anzahl der Kanäle pro Sektor verknüpft. Die hierzu notwendige Frequenzinformation der Kanäle wurde durch die Betreiber bereitgestellt. Die Messergebnisse beinhalten eine Hochrechnung auf den *bei der Bundesnetzagentur beantragten* maximalen Betriebszustand der Anlage.

UMTS-Anlagen

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 auch hier ein Signalisierungssignal (der „Common Pilot Channel“, kurz „CPICH“), das ähnlich wie der BCCH-Träger mit definierter, konstanter Leistung abgegeben wird. Unter Zuhilfenahme eines codeselektiven Messgerätes wird am Messpunkt die Feldstärke jedes vorhandenen CPICH festgestellt. Dieser Wert stellt näherungsweise auch die Minimalimmission einer UMTS-Anlage dar: Die Hochrechnung von der gemessenen CPICH-Immission auf die maximale Anlagenauslastung erfolgt dann durch Multiplikation mit einem Faktor, der sich aus der aktuell eingestellten Leistung des CPICH und der maximal möglichen Sendeleistung der Anlage ergibt. Dieser Faktor (in der Regel 10 bezüglich der Leistung) wurde für vorliegende Messungen bei den Netzbetreibern abgefragt. Da in der Regel von den Netzbetreibern zwei Frequenzkanäle bei der Bundesnetzagentur für eine UMTS-Anlage beantragt werden, wird die so ermittelte Immission schließlich leistungsbezogen mit dem Faktor 2 multipliziert. Die bei O₂ gelegentlich noch anzutreffende Aufsplittung eines Senders auf alle drei Sektoren der Anlage wurde bei der Extrapolation berücksichtigt.

5.1.3 Verwendete Messgeräte

Zur Durchführung der Messungen wurden nachfolgend aufgeführte Messgeräte verwendet. Der Zeitpunkt der letzten Überprüfung der Messgeräte (Kalibrierung/Verifizierung) ist aus der Spalte „Kal-Datum“ ersichtlich.

Gerät	Hersteller	Art	Ser. Nr.	Kal-Datum
SRM-3000	Narda	Tragbarer Spektrumanalysator 100 kHz - 3 GHz mit codeselektiver Messoption	L-0043	06/2007
EFS 9218	Schwarzbeck	aktive bikonische Antenne 9 kHz – 300 MHz	9218174	10/2007
VUBA 9117	Schwarzbeck	Bikonische Antenne 30 MHz - 1 GHz	9117-141	08/2006
USLP 9142	Schwarzbeck	Logper-Antenne 0,7 GHz - 5 GHz	102	04/2006
FSP-7	Rohde&Schwarz	Spektrumanalysator 9 kHz - 7 GHz	100433	10/2007

Tabelle 5.1: Daten der verwendeten Messgeräte

Weiterhin wurden folgende Hilfsmittel verwendet:

- Kabel zum Anschluss der Antennen an den Spektrumanalysator,
- Adapter zum Anschluss der Kabel an den Spektrumanalysator.

5.2 Auswahl der Messorte und der Messpunkte

Die Messorte und Messpunkte wurden im Einvernehmen zwischen dem Auftragnehmer und der Stadt Velbert nach folgenden Kriterien ausgewählt:

Messorte (d.h. Installationsorte der Basisstationen)

- Berücksichtigung von Anlagen in den Ortsteilen Velbert-Mitte, Velbert-Neviges und Velbert-Langenberg
- Anlagen im städtischen und ländlichen Gebiet
- Berücksichtigung von hoch installierten Anlagen (z.B. auf Masten oder Hochhäusern) und tief installierten Anlagen (d.h. nicht wesentlich höher als das mittlere Gebäudeniveau)
- Berücksichtigung von Anlagen mit nur einem Netzbetreiber sowie von Anlagen, auf denen mehrere Betreiber mehrere Mobilfunksysteme betreiben
- Berücksichtigung unterschiedlicher Mobilfunksysteme (GSM 900, GSM 1800, UMTS)
- Berücksichtigung von Orten, die sich im Fokus der öffentlichen Diskussion befinden (z.B. wegen ihrer Nähe zu Kindergärten oder Schulen)

Messpunkte (d.h. die Punkte, an denen die Messwerte ermittelt wurden)

- unterschiedliche Abstände zur Anlage
- Messpunkte im selben Gebäude wie die Anlage, d.h. direkt unter der Anlage, sowie Messpunkte in umliegenden Gebäuden sowie im Freien
- unterschiedliche Höhendifferenzen zur Anlage
- Messpunkte mit Sicht und ohne Sicht zur Anlage
- Messpunkte an Orten, die sich im Fokus der öffentlichen Diskussion befinden (z.B. in Kindergärten oder Schulen)

Insgesamt wurden die Orte so ausgewählt, dass sich sowohl typische als auch besonders exponierte Szenarien ergaben. Orte, die im Fokus der öffentlichen Diskussion stehen, wurden ebenfalls berücksichtigt. Die Messungen wurden im Zeitraum vom 28.11. bis 11.12.2007 durchgeführt.

In Tabelle 5.2 sind die einzelnen Messpunkte aufgelistet. Es ist jeweils vermerkt, welche Mobilfunkanlage schwerpunktmäßig untersucht wurde. Bei den Messungen wurden neben dieser „Hauptsendeanlage“ jedoch auch die Immissionen von umliegenden Sendeanlagen aufgenommen und ausgewertet. Die in Tabelle 5.3 angegebenen Immissionswerte bezeichnen die Gesamtimmission durch Mobilfunk (d.h. Summe aus den Immissionen von Hauptsendeanlage und umliegenden Sendeanlagen), hochgerechnet auf den von den Betreibern bei der Bundesnetzagentur beantragten, maximalen Betriebszustand der Anlage.

Sofern die Messungen in Privatwohnungen durchgeführt wurden, werden aus Datenschutzgründen nur Adresse und Geschosshöhe, aber nicht die konkrete Wohnung angegeben.



Bild 5.2

Darstellung der wichtigsten untersuchten Hauptsendeanlagen:

oben links: Heiligenhauser Straße 1-5,

oben rechts: Nevigeser Straße 6,

unten links: Florastraße 68,

unten rechts: Oberbonstfeld

Messpunkt	Beschreibung (Ort, Etage, Abstand, Sicht auf Anlage)
Velbert-Mitte, Hauptsendeanlage Heiligenhauser Straße 1-5	
M1.1	Heiligenhauser Straße 1-5, 9. OG Treppenhaus unter der Anlage, keine Sicht
M1.2	Heiligenhauser Straße 1-5, 9. OG Außenterrasse, teilweise Sicht
M1.3	Hardenberger Str. 26, Außenfläche vor dem Haus, ebenerdig, 105 m, Sicht
M1.4	Hardenberger Str. 26, 2. OG, 99 m, Sicht
M1.5	Hardenberger Str. 26, 2. OG, Balkon, 99 m, Sicht
M1.6	Hardenberger Str. 26, 4. OG, 99 m, Sicht
M1.7	Jahnstraße 1a, Hauptschule, Pausenhalle/Lehrerzimmer, 1. OG, 143 m, Sicht
M1.8	Jahnstraße 1a, Hauptschule, Schulhof, ebenerdig, 130 m, Sicht (teilw. durch Bäume verdeckt)
Velbert-Mitte, Hauptsendeanlage Nevigeser Straße 6	
M2.1	Nevigeser Str. 4, 3. OG, 9 m, Sicht
M2.2	Schmalenhofer Str. 3, EG, 53 m, Sicht
M2.3	Schmalenhofer Str. 3, 2. OG, 54 m, Sicht
M2.4	Schmalenhofer Str. 3, 2. OG, Balkon, 54 m, Sicht
M2.5	Schmalenhofer Str. 8, KiTa Wichtelland (Bewegungsraum), EG, 98 m, keine Sicht
M2.6	Schmalenhofer Str. 8, KiTa Wichtelland (Außenspielplatz), ebenerdig, 96 m, Sicht
M2.7	Nevigeser Str. 6, 2. OG, unterhalb der Anlage, keine Sicht
M2.8	Dellerstr. 13, A.-Schweitzer-Schule, Klassenzimmer 1. OG, 100 m, keine Sicht
M2.9	Dellerstr. 13, A.-Schweitzer-Schule, Schulhof ebenerdig, 125 m, Sicht
M2.10	Dellerstr. 13, A.-Schweitzer-Schule, Pavillon Klassenzimmer, EG, 135 m, Sicht
Velbert-Neviges, Hauptsendeanlage Florastraße 68	
N1.1	Florastraße 68, 7. OG, unterhalb der Anlage, keine Sicht
N1.2	Florastraße 56, 7. OG, 62 m, Sicht
N1.3	Florastraße 56, 3. OG, 64 m, Sicht
N1.4	Florastraße 56, Außenmesspunkt vor dem Hauseingang, ebenerdig, 62 m, Sicht
N1.5	Anemonenweg Wendehammer, Außenmesspunkt, ebenerdig, 114 m, Sicht (mit Baum)
Velbert-Langenberg, Hauptsendeanlagen Oberbonstfeld, Bismarckturm und Froweinplatz	
L1.1	Vor der Sendeanlage Oberbonstfeld, Außenmesspunkt, ebenerdig, 226 m, Sicht
L1.2	Sendeanlage Oberbonstfeld, Außenmesspunkt Richtung Flasdiek, ebenerdig, 660 m, Sicht
L1.3	Sendeanlage Oberbonstfeld, Außenmesspunkt Richtung Flasdiek, ebenerdig, 930 m, Sicht
L1.4	Sendeanlage Oberbonstfeld, Außenmesspunkt Richtung Flasdiek, ebenerdig, 570 m, Sicht
L1.5	Vor der Bismarckturm, Parkplatz, Außenmessung, 55 m, Sicht
L1.6	Langenberg Im Clemens, Außenmesspunkt, ebenerdig, 157 m (Froweinplatz), Sicht

Tabelle 5.2: Beschreibung der Messpunkte

5.3 Messergebnisse

Messpunkt	Grenzwertausschöpfung elektrische Feldstärke [%]	Elektrische Ersatz- feldstärke E [V/m]	Äquivalente Leistungsfluss- dichte S [$\mu\text{W}/\text{m}^2$]
M1.1	0,2	0,1	22,9
M1.2	3,1	1,6	6.895,1
M1.3	4,6	2,1	12.042,1
M1.4	1,7	0,8	1.822,4
M1.5	8,7	4,1	45.227,9
M1.6	7,7	3,7	36.832,7
M1.7	2,4	1,5	5.558,0
M1.8	1,5	0,7	1.403,2
M2.1	1,6	1,0	2.476,1
M2.2	0,3	0,2	86,2
M2.3	1,7	1,0	2.702,7
M2.4	1,7	1,1	2.955,1
M2.5	0,2	0,1	22,9
M2.6	2,7	1,6	6.962,1
M2.7	0,6	0,4	337,4
M2.8	0,2	0,1	19,0
M2.9	3,3	2,0	10.955,3
M2.10	2,1	1,3	4.311,6
N1.1	1,5	0,8	1.514,3
N1.2	13,6	7,4	145.372,5
N1.3	3,1	1,8	8.123,9
N1.4	1,5	0,8	1.791,1
N1.5	0,6	0,3	245,9
L1.1	0,3	0,2	93,0
L1.2	0,3	0,2	62,5
L1.3	0,4	0,2	126,7
L1.4	0,1	0,1	16,0
L1.5	0,7	0,3	294,8
L1.6	1,8	1,0	2.599,7

Tabelle 5.3: Ergebnisse der Immissionsmessungen, extrapoliert auf maximale Anlagenauslastung; Gesamtimmission durch Mobilfunk

Am Messpunkt L1.6 wurden neben den Mobilfunkimmissionen auch andere Immissionen durch analogen und digitalen Ton- und Fernsehrundfunk im Frequenzbereich von 9 kHz bis 3 GHz gemessen. Die ermittelte Grenzwertausschöpfungsgrad bezüglich der elektrischen Feldstärke betrug 3,5 %, die Feldstärke 1,9 V/m und die äquivalente Leistungsflussdichte 9.816,4 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. An diesem Messpunkt sind damit die „sonstigen“ hochfrequenten Immissionen höher als die Mobilfunkimmissionen.

In Bild 5.3 sind die Mobilfunk-Messergebnisse grafisch dargestellt. Es ist zu beachten, dass der obere Diagrammrand nicht 100 % Grenzwertauslastung, sondern lediglich 20 % entspricht.

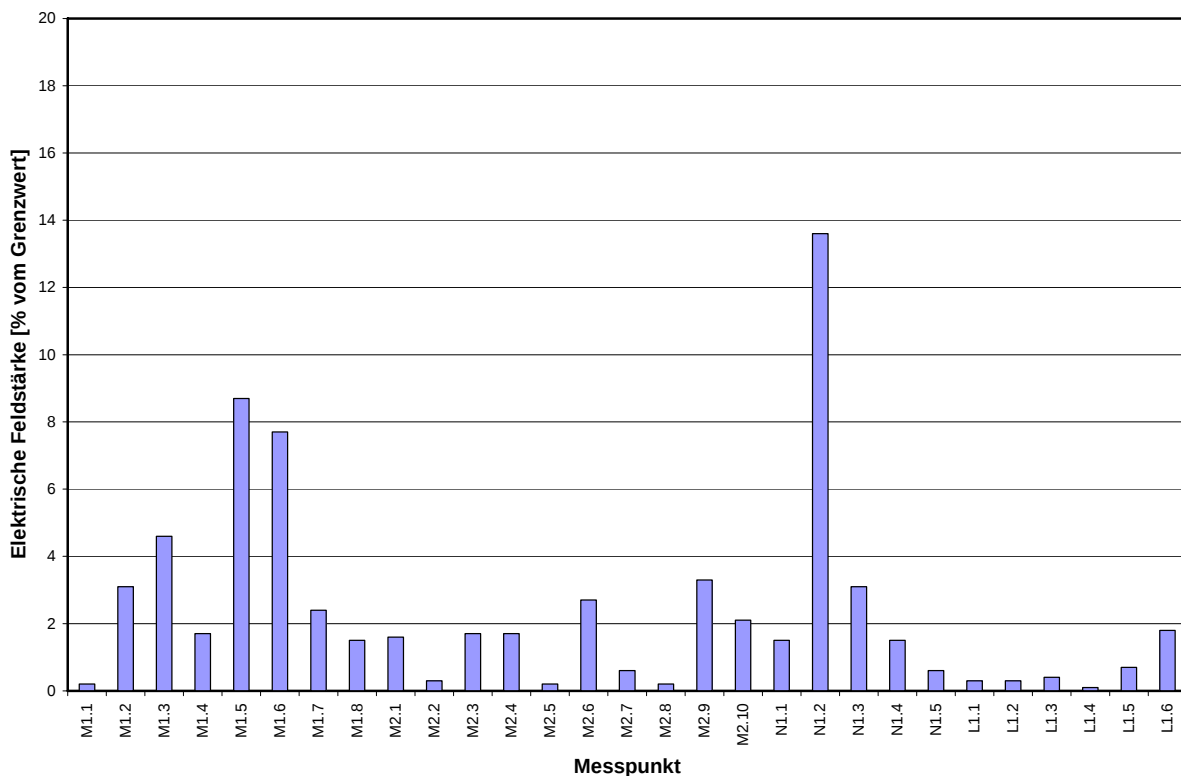


Bild 5.3: Grafische Darstellung der Ergebnisse der Immissionsmessungen; Gesamtimmission durch Mobilfunk

5.4 Auswertung der Messungen

In diesem Abschnitt sollen die Messergebnisse kurz ausgewertet werden. Die Statistik ist aufgrund der zu geringen Messpunktanzahl sehr begrenzt, trotzdem sollen einige wichtige Gesetzmäßigkeiten, die sich auch in der Vergangenheit bei anderen Messreihen ergeben haben, aufgezeigt werden.

5.4.1 Größenordnung der Immissionen

Die gemessenen Mobilfunk-Immissionen schöpfen, auch bei der durchgeführten Hochrechnung auf den maximalen Betriebszustand, die zulässigen Grenzwerte der 26. BImSchV nur zu einem geringen Teil aus.

Der kleinste gemessene Wert beträgt 0,1 % bezogen auf die elektrische Feldstärke (Messpunkt L1.4). Der Messpunkt zeichnet sich durch einen vergleichsweise großen Abstand zur Sendeanlage aus (570 m). Außerdem sind die Sendeantennen sehr hoch montiert (in etwa 86 m Höhe), wohingegen die Messungen ebenerdig stattfanden. Hier ergibt sich also ein großer Höhenunterschied zwischen Messpunkt und Sendeantenne.

Der größte gemessene Wert beträgt 13,6 % des Feldstärkegrenzwertes (Messpunkt N1.2). Der Messpunkt zeichnet sich dadurch aus, dass er auf derselben Höhe wie die Sendeantennen liegt (der Vertikalwinkel zwischen Messpunkt und Antenne beträgt $1,2^\circ$). Hieraus lässt sich ableiten, dass der Messpunkt sich direkt in der vertikalen Hauptstrahlrichtung der Sendeanlage befindet. Außerdem ist der Abstand zwischen Messpunkt und Sendeanlage mit 62 m vergleichsweise gering.

Der Median über alle Messpunkte beträgt 1,6 % bezüglich des Feldstärkegrenzwertes.

5.4.2 Abstandsverhalten der Immission im Nahbereich

Mit den Messpunkten L1.1 bis L1.4 wurden Messungen bei verschiedenen Abständen im Umfeld ein und derselben Mobilfunkanlage durchgeführt, um das Abstandsverhalten der Immission zu untersuchen. Bild 5.4 zeigt das Ergebnis.

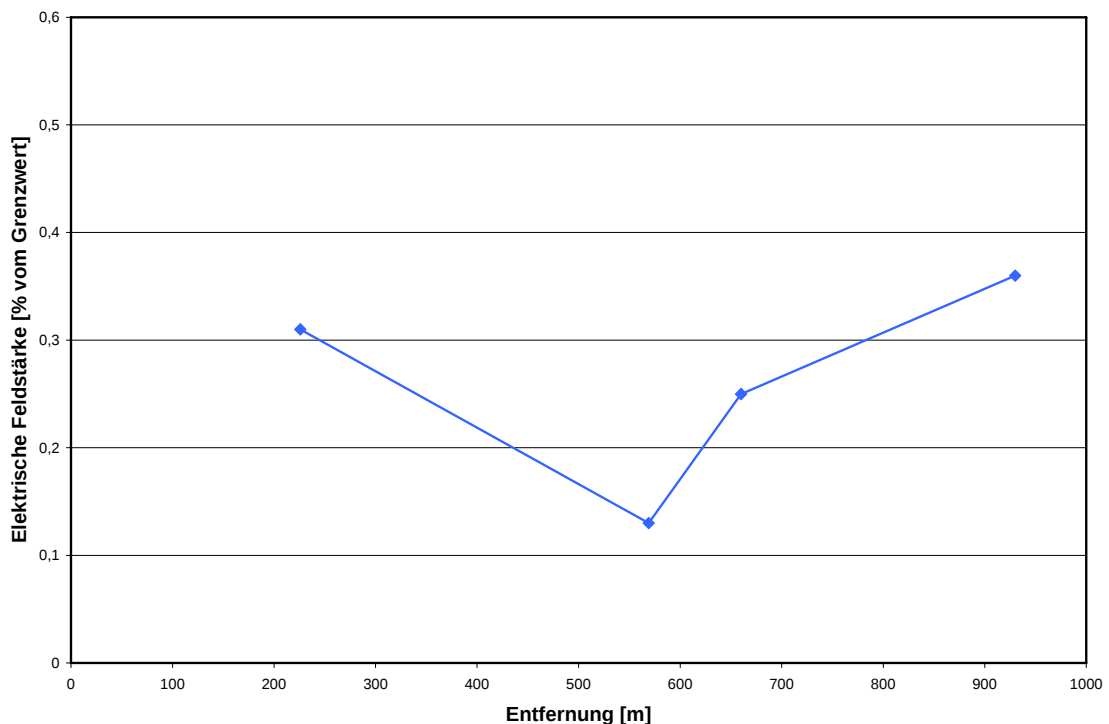


Bild 5.4: Entfernungsabhängigkeit der Messpunkte L1.1 bis L1.4

Offenbar ist es nicht gerechtfertigt, im Umfeld von Mobilfunkanlagen eine gleichmäßige Abnahme der Immission bei wachsendem Abstand anzunehmen. Im vorliegenden Beispiel werden die größten Immissionen bei demjenigen Messpunkt erreicht, der den größten Abstand von der Sendeanlage aufweist. Diese für Mobilfunkanlagen typische Abstandsabhängigkeit ist durch das stark gerichtete Abstrahldiagramm begründet: Die größten Immissionen treten in der Regel dort auf, wo man sich in Hauptstrahlrichtung der Anlage befindet. Da es sich hierbei wie beschrieben um eine sehr hohe Anlage handelt, ist das Maximum entsprechend weit von der Anlage entfernt. Das Minimum beim Messpunkt in 570 m Entfernung stammt wahrscheinlich von einer Nullstelle des Antennendiagramms.

In Bild 5.5 sind die prinzipiellen Immissionsverläufe bei steigendem Abstand von der Mobilfunkanlage verdeutlicht: Ein Betrachter, der sich in Richtung des Pfeils von der Anlage wegbewegt, läuft im Richtdiagramm der Antenne durch den Bereich der so genannten Nebenkeulen und Einzüge und erfährt dadurch eine örtlich schwankende Immission. Erst ab der Entfernung, bei der ein Betrachter in den Bereich der Hauptstrahlrichtung gelangt, nimmt die Immission (im Idealfall) gleichmäßig mit der Entfernung ab. Im Realfall wird diese gleichmäßige Abnahme aber durch Gebäudeeinflüsse (Dämpfung, Reflexion, ...) gestört. Der Abstand, ab dem man in die Hauptstrahlrichtung der Antenne gelangt, ist vor allem von der Installationshöhe der Antenne, der Höhe des Messpunktes und dem Downtiltwinkel der Antenne abhängig und kann bei hohen Installationen (Masten) und Messungen auf Erdbodenniveau bis zu einigen Hundert Metern betragen.

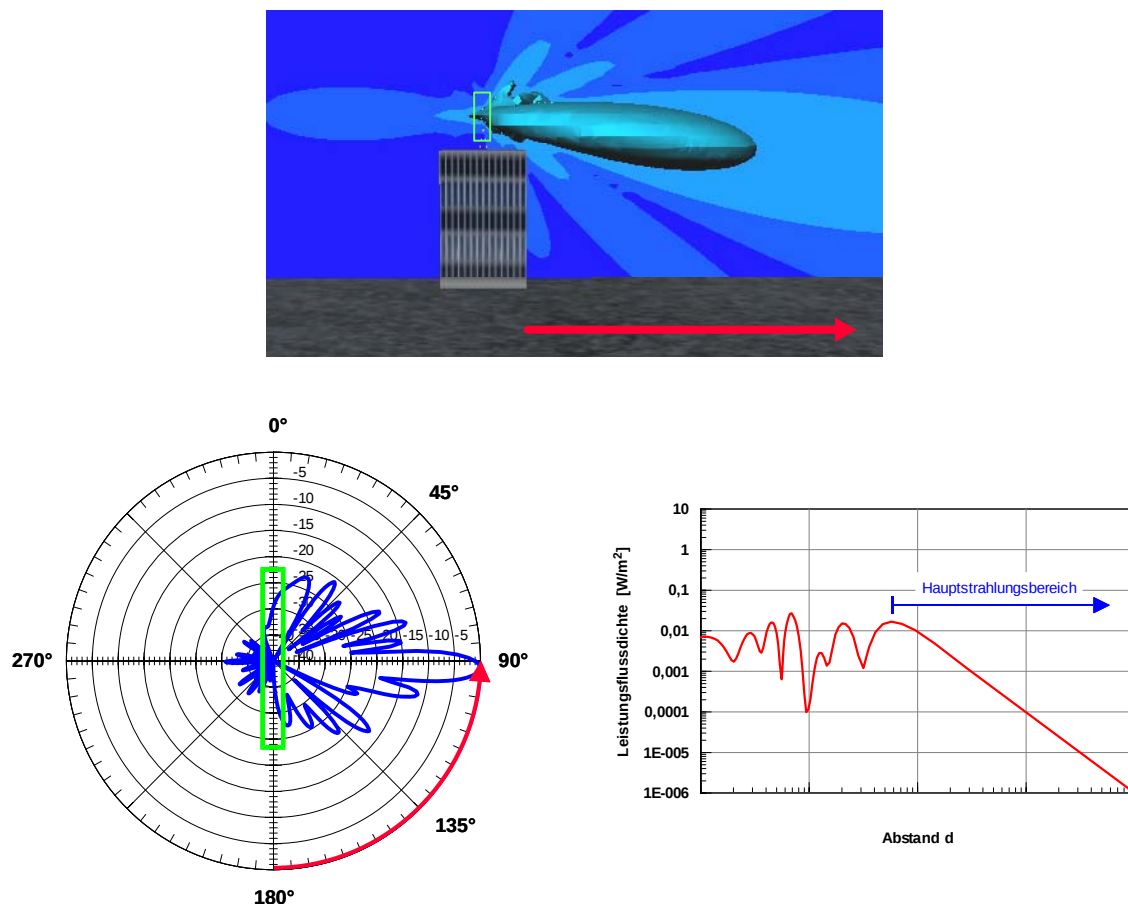


Bild 5.5: Veranschaulichung der prinzipiellen Entfernungsabhängigkeit der Immission.

5.4.3 Orientierung zur Hauptstrahlrichtung

Aktuelle Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Immissionserfassung im Umfeld von Mobilfunkanlagen (z.B. [BOR 06]) zeigen immer wieder, dass vor allem die Orientierung des Messpunktes zur Hauptstrahlrichtung der Mobilfunkantenne den dominierenden Einfluss auf dessen Immission hat: Messpunkte in Hauptstrahlrichtung erfahren regelmäßig eine höhere Immission als Messpunkte, die außerhalb der Hauptstrahlrichtung liegen. Diesen Umstand kann man sehr gut an den Messpunkten N1.2 bis N1.4 nachvollziehen: Diese Messpunkte befinden sich auf verschiedenen Etagen eines Hochhauses, das gegenüber einer Mobilfunkanlage steht.

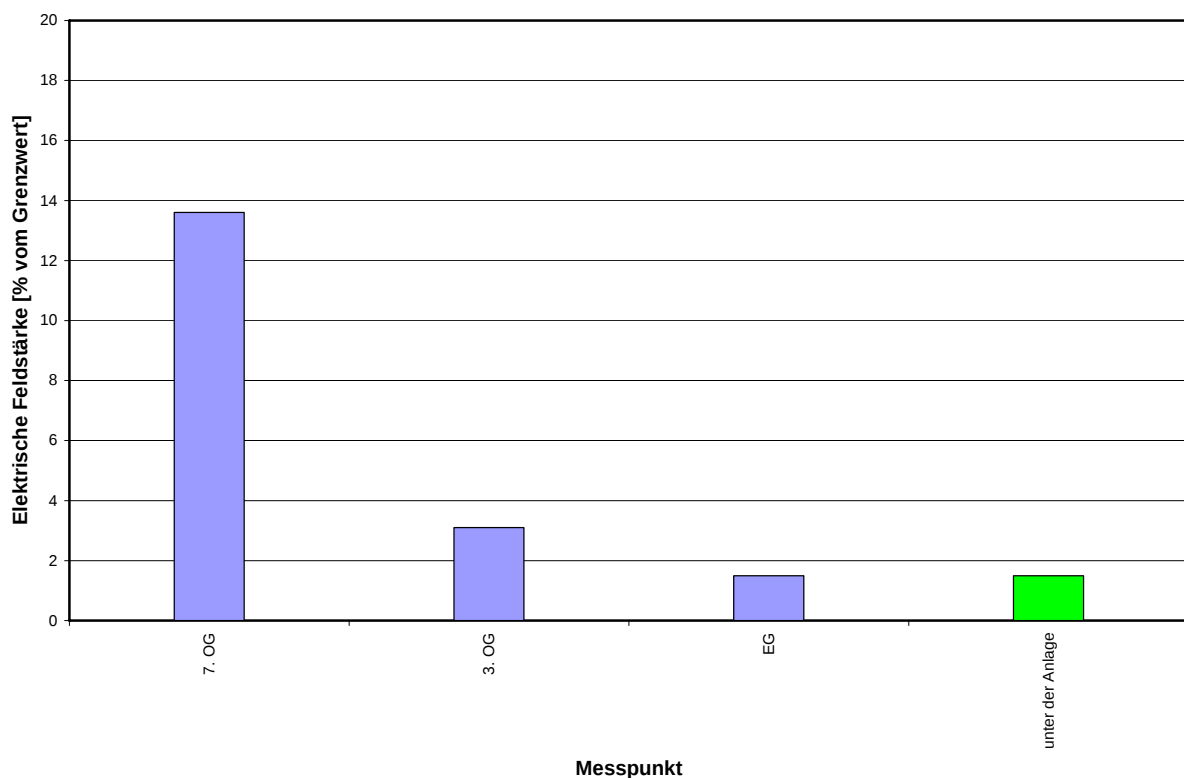


Bild 5.6: Höhenabhängigkeit der Messpunkte N1.2 bis N1.4

Wie in Bild 5.6 dargestellt ist, wird die höchste Immission in einem Stockwerk gemessen, das sich auf der selben Höhe wie die Sendeanlage befindet. Die Immission nimmt von Stockwerk zu Stockwerk nach unten ab, da man sich hier immer mehr aus dem Hauptstrahlungsbereich der Antenne herausbewegt. Die Entfernung, die für alle Messpunkte nahezu identisch ist, spielt offensichtlich keine Rolle. Die Immission im Anlagengebäude direkt unterhalb der Anlage (N1.1) ist, obwohl sich dieser Messpunkt am dichtesten an der Anlage befindet, zusammen mit dem Messwert auf ebenerdigen Niveau am geringsten.

5.4.4 Einfluss der Sichtverhältnisse

In Bild 5.7 sind die Messpunkte dahingehend aufgeteilt, ob vom Messpunkt die Mobilfunkanlage sichtbar ist oder nicht. Es ist offensichtlich, dass Messpunkte ohne Sicht auf die Anlage in der Tendenz eine geringere Immission aufweisen als Messpunkte, die direkte Sicht auf die Sendeanlage haben. Dies betrifft insbesondere auch die Messpunkte M1.1, M2.7 und N1.1, die sich im obersten Stockwerk des Gebäudes, auf dem die Mobilfunkanlage installiert ist (also direkt unterhalb der Anlage), befinden. Hierbei ist aber auch zu berücksichtigen, dass im Falle einer fehlenden Sichtverbindung die Mobilfunkwellen vom Sender zum Messpunkt zwar gedämpft werden, sich aber auch über Reflexionen und Beugungseffekte ausbreiten können.

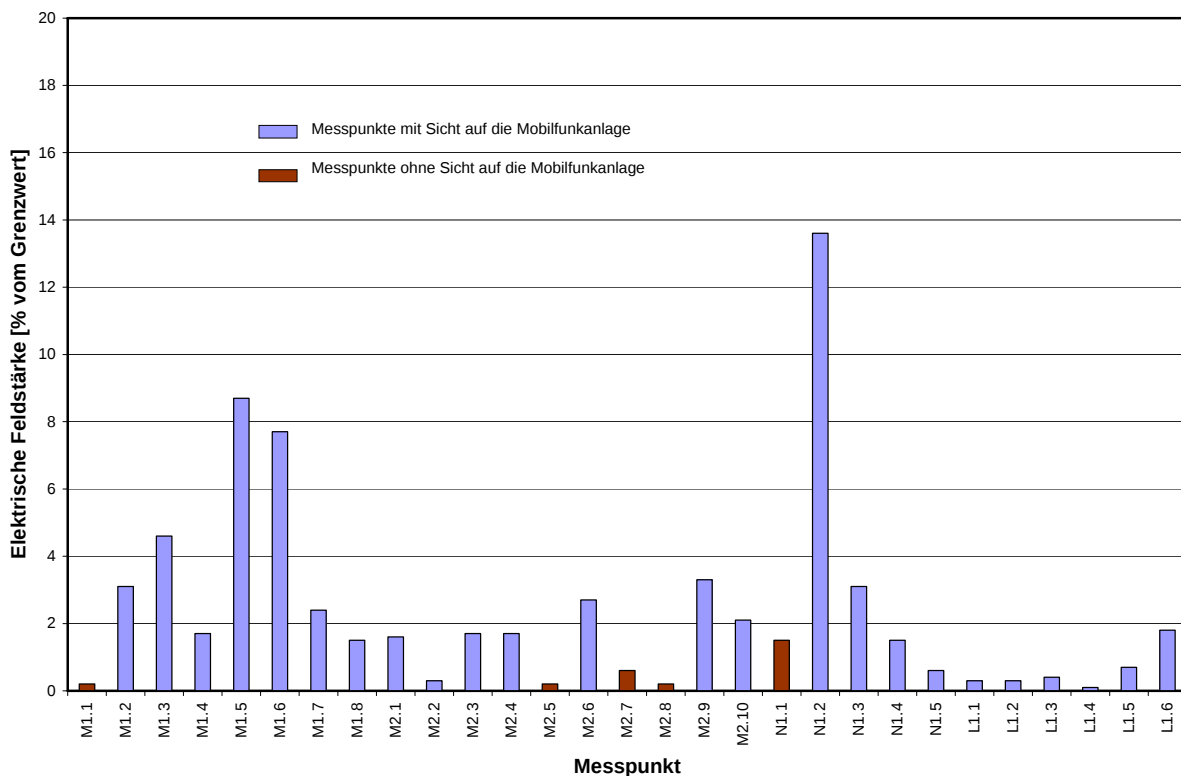


Bild 5.7: Immissionsverteilung in Abhängigkeit der Sichtverhältnisse

5.5 Zusammenfassung

Im November und Dezember 2007 wurden in der direkten Umgebung einiger Mobilfunksendeanlagen in den Orten Velbert-Mitte, Velbert-Neuiges und Velbert-Langenberg Messungen der hochfrequenten Mobilfunk-Immissionen durchgeführt. Die untersuchten Anlagenstandorte sowie die Messpunkte wurden zusammen mit der Stadt Velbert ausgewählt und repräsentieren möglichst verschiedenartige Anlagenkonfigurationen und Messszenarien. Insgesamt wurden die Orte so ausgewählt, dass sich sowohl typische als auch besonders exponierte Szenarien ergaben. Orte, die im Fokus der öffentlichen Diskussion stehen, wurden ebenfalls berücksichtigt.

Da Mobilfunkimmissionen zeitlich aufgrund von Leistungsregelungsmechanismen der Sendeanlagen schwanken, wurden gemäß den Vorgaben der 26. BImSchV alle Messwerte auf den Zustand bei maximaler Anlagenauslastung hochgerechnet. Außerdem wurde für die Hochrechnung von einer Anlagenkonfiguration ausgegangen, die die Netzbetreiber bei der Bundesnetzagentur beantragt haben. Diese ist aber derzeit oftmals noch nicht realisiert, d.h. die Anlagen laufen aktuell mit geringeren Leistungsdaten.

Die Messungen wurden bei GSM frequenzselektiv und bei UMTS codeselektiv durchgeführt.

Die auf maximale Auslastung extrapolierten Messwerte an allen 29 Messpunkten schöpfen die Grenzwerte der 26. BImSchV nur zu einem geringen Teil aus. Die kleinste gemessene Immission beträgt 0,1 % des Feldstärkegrenzwertes (0,1 V/m bzw. 16 $\mu\text{W}/\text{m}^2$), die größte gemessene Immission beträgt 13,6 % des Feldstärkegrenzwertes (7,4 V/m bzw. 145.373 $\mu\text{W}/\text{m}^2$). Der Median ist 1,6 % des Feldstärkegrenzwertes.

Bei der Auswertung der Messdaten hat sich ergeben, dass nicht der Abstand zu Anlage für die Höhe der Immission entscheidend ist, sondern vor allem die Orientierung zur Hauptstrahlrichtung sowie die Sichtverhältnisse.

6 Danksagung

Bei der Realisierung dieses Projektes haben zahlreiche Personen und Organisationen mitgewirkt, denen an dieser Stelle ausdrücklich gedankt wird.

Dank gilt vor allem dem Auftraggeber, der Stadt Velbert, für die Initiierung und finanzielle Förderung vorliegenden Vorhabens. Frau Schüller, der Projektleiterin auf Seiten der Stadt Velbert, sei besonders für die gute Unterstützung und Koordinierung des Projektes gedankt.

Zum Gelingen des Vorhabens beigetragen haben durch ihre Einwilligung zur Messung ebenfalls die Bewohner derjenigen Wohnungen, in denen Innenraummessungen durchgeführt wurden und die dadurch oftmals „Störungen“ in ihrem Tagesablauf hinnehmen mussten. Gleiches gilt für die Verantwortlichen der beiden Schulen „Albert-Schweitzer-Schule“ und „Am Baum“ sowie der Kindertagesstätte „Wichtelland“, in denen Messwerte aufgenommen wurden. Der Grundstücksgesellschaft Schmahl, der Baugenossenschaft Niederberg eG sowie der Hausverwaltung Heiligenhauser Straße 1-5 sei für die Bereitschaft gedankt, die in ihren Objekten durchgeführten Messungen für vorliegendes Projekt verwenden zu können.

Nicht zuletzt hat auch die Mitarbeit der Mobilfunk Netzbetreiber T-Mobile Deutschland GmbH, Vodafone D2 GmbH, E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG und O2 (Germany) GmbH & Co. OHG einen großen Anteil am Gesamtprojekt. Dies betrifft vor allem die Bereitstellung der technischen Daten der betrachteten Anlagen, die für eine korrekte messtechnische Erfassung notwendig waren.

Literaturverzeichnis

- [26. BImSchV] **26. BImSchV**, *Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)*, BGBl. Jg. 1996 Teil I Nr. 66, 20.12.1996.
- [99/519/EG] **1999/519/EG**, *Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz)*, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 199/59, 30.07.1999.
- [BAY 01] **Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern**, *Baurechtliche Beurteilung von Mobilfunkanlagen*, IMS vom 16.07.2001, www2.stmi.bayern.de/infothek/baueninb.htm
- [BEMFV] **BEMFV**, *Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder*, BGBl. Jg. 2002 Teil I Nr. 60, 27.08.2002.
- [BfS 07] **Bundesamt für Strahlenschutz**, *Häufig gestellte Fragen zum Thema „Rechtsfragen zum Mobilfunk“ (FAQs)*, www.bfs.de/de/elektro/faq/faq_mobilfunk_recht.html, 2007
- [BOR 06] **Chr. Bornkessel, M. Schubert, M. Wuschek und P. Schmidt**, *Bestimmung der realen Feldverteilung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in der Umgebung von UMTS-Sendeanlagen*, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz, Kamp-Lintfort (2006).
- [DECK 03] **A. A. Deckert**, *Baurecht beim Mobilfunk*, Behörden Spiegel, September 2003, S. 49.
- [DMF 07] **Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm**;
<http://www.emf-forschungsprogramm.de/>
- [ICNIRP 98] **ICNIRP Guidelines**, *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)*, Health Physics, vol. 74 no. 4, S. 494-522, (1998).
- [KRÜ 03] **R. Krüger, H. Mellein**, *UMTS: Einführung und Messtechnik*, Franzis' Verlag GmbH, Poing, (2003).
- [LÜD 01] **Ch. Lüders**, *Mobilfunksysteme*, Vogel Fachbuchverlag, Würzburg (2001).
- [MÜN 03] **Landeshauptstadt München**, *Beschluss der Vollversammlung des Stadtrates vom 02.07.2003*, München (2003).
- [SCENIHR 07] **SCENIHR** Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks: *Possible Effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health*, European Commission Directorate C7 - Risk Assessment, März 2007.

- [SSK 01] **Strahlenschutzkommission (SSK)**, *Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern*, Empfehlungen der Strahlenschutzkommission, Bonn 14.09.2001, (2001).
- [SSK 06] **Strahlenschutzkommission**, *Wirkung hochfrequenter Felder auf das Genom: Genotoxizität und Genregulation*, Stellungnahme der Strahlenschutzkommission und wissenschaftliche Begründung, Dezember 2006.
- [STM 01] **Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen**, *Grundinformationen zur neuen Mobilfunkgeneration UMTS*, Fachinformationen "Umwelt & Entwicklung Bayern", (Juni 2003).
- [WUS 05] **M. Wuschek, Chr. Bornkessel, D. Manteuffel, M. Schubert, P. Schmidt**, *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.

Abkürzungsverzeichnis

BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BauO NRW	Bauordnung des Landes Nordrhein-Westfalen
BMU	Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BNetzA	Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
BVerwGE	Bundesverwaltungsgericht
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BS	Basisstation
DMF	Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (engl.) → Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung
EIRP	Equivalent Isotropically Radiated Power (engl.) → Äquivalente isotrope Strahlungsleistung
GSM	Global System for Mobile Communication (engl.)
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access (engl.)
SAR	Spezifische Absorptionsrate
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System (engl.) → Universelles Mobiltelekommunikationssystem