

Prüfzentrum EMV-Technik an der IMST GmbH, akkreditiert von der
Deutschen Akkreditierungsstelle Technik (DAkS GmbH) für Prüfungen im Bereich der
Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) unter Einbeziehung von EMVU-Messungen unter
der Registriernummer DAT-PL-152/98-02

Messbericht zum Projekt

"Abschätzung der Exposition der Bevölkerung durch LTE-Sendeanlagen"

erstellt für das

Informationszentrum Mobilfunk e.V.
Hegelplatz 1
10117 Berlin

**Dr.-Ing. Chr. Bornkessel,
Dipl.-Ing. Markus Schubert**

8. November 2010

Abschätzung der Exposition der Bevölkerung durch LTE-Sendeanlagen

Auftraggeber: Informationszentrum Mobilfunk e.V.
Hegelplatz 1
10117 Berlin

Messorte: Lorenzstraße 10, 70435 Stuttgart,
Landgrafenstraße 59, 41069 Mönchengladbach,
Berliner Allee 52, 40212 Düsseldorf,
Worringer Straße 87, 40211 Düsseldorf,
Hagenstraße 9a, 16866 Kyritz
Georg-Brauchle-Ring 23-25, 80992 München

Messinstitut: IMST GmbH
Carl-Friedrich-Gauß-Str. 2-4
47475 Kamp-Lintfort

Projektleiter : Dr. Christian Bornkessel

Messbericht Nr.: 6100/6611_74

Messdatum: 20.-21.07.2010 (Stuttgart),
04.-05.08.2010 (Mönchengladbach und Düsseldorf),
20.-21.09.2010 (Kyritz)
19.-20.10.2010 (München)

Berichtsdatum: 08.11.2010

Erstellt: Geprüft:

Dr. Chr. Bornkessel
Projektleiter

Markus Schubert
Qualitätssicherungsbeauftragter

Ohne schriftliche Genehmigung der IMST GmbH darf der Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Inhaltsverzeichnis

0	Zusammenfassung	4
1	Aufgabenstellung	5
2	Beschreibung der Messpunkte	6
3	Messdurchführung	13
3.1	<i>Messgrößen für hochfrequente Felder</i>	13
3.2	<i>Verwendete Messgeräte und Messverfahren</i>	13
3.3	<i>Bestimmung der Maximalimmission</i>	14
3.4	<i>Messunsicherheit</i>	15
4	Ergebnisse	16
Anhang	23
A1	Fotos der Messorte	23
A2	Erläuterung zu den Grenzwerten	38
	Literaturverzeichnis	40

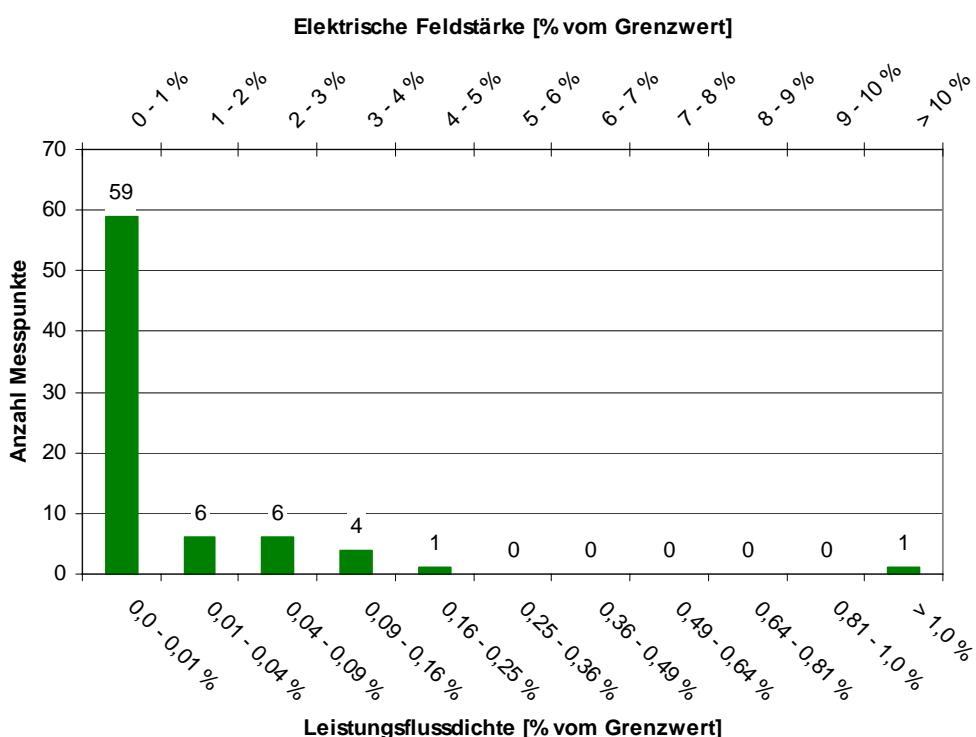
0 Zusammenfassung

Die IMST GmbH wurde vom Informationszentrum Mobilfunk e.V. (IZMF) mit der Durchführung einer Pilotstudie zur „Abschätzung der Exposition der Bevölkerung durch LTE-Sendeanlagen“ beauftragt.

Es wurden Immissionsmessungen an fünf LTE-Basisstationen im Testbetrieb und an zwei LTE-Basisstationen im Pilotbetrieb durchgeführt. Dabei wurden Anlagen in den Frequenzbereichen 2,6 GHz und 800 MHz (Frequenzbereich der „Digitalen Dividende“) in verschiedenen Besiedlungsstrukturen untersucht. Sofern am Standort der LTE-Anlage auch Mobilfunkanlagen des GSM- und UMTS-Mobilfunknetzes installiert waren, wurde deren Immission mit gemessen und den Immissionen durch die LTE-Anlage gegenüber gestellt.

Die Messungen wurden von Juli bis Oktober 2010 an insgesamt 77 Messpunkten durchgeführt, die sich jeweils bezüglich ihrer Ausrichtung, dem Abstand und den Sichtverhältnissen zur jeweiligen LTE-Anlage unterschieden. Messdurchführende waren Dr. Chr. Bornkessel und Herr M. Schubert von der IMST GmbH.

Nachstehende Grafik gibt einen Überblick über die Verteilung der gemessenen LTE-Immissionen bezüglich der Ausschöpfung der Feldstärke- und Leistungsflussdichte-Grenzwerte der 26. BImSchV. Angegeben ist jeweils die Maximalimmission bei Vollausbau und maximaler Sendeleistung der Anlage. Im Realbetrieb liegen die Immissionen unter den hier dargestellten Werten. Die höchsten LTE-Immissionen wurden am Messpunkt 4.3 mit 1,49 % des Leistungsflussdichte-Grenzwertes bzw. 12,27 % des Feldstärke-Grenzwertes der 26. BImSchV festgestellt.



Die Grenzwerte der 26. BImSchV werden an allen Messpunkten eingehalten bzw. unterschritten.

1 Aufgabenstellung

Die IMST GmbH wurde vom Informationszentrum Mobilfunk e.V. (IZMF) mit der Durchführung einer Pilotstudie zur „Abschätzung der Exposition der Bevölkerung durch LTE-Sendeanlagen“ beauftragt. Mit dieser Pilotstudie sollen belastbare Informationen über die mit der LTE-Technik verbundenen Immissionen zur Verfügung gestellt werden.

Es wurden Immissionsmessungen an fünf LTE-Basisstationen im Testbetrieb und an zwei LTE-Basisstationen im Pilotbetrieb durchgeführt. Dabei wurden Anlagen in den Frequenzbereichen 2,6 GHz und 800 MHz (Frequenzbereich der „Digitalen Dividende“) in verschiedenen Besiedlungsstrukturen untersucht. Sofern am Standort der LTE-Anlage auch Mobilfunkanlagen des GSM- und UMTS-Mobilfunknetzes installiert waren, wurde deren Immission mit gemessen und den Immissionen durch die LTE-Anlage gegenüber gestellt. Die Ergebnisse der Messungen waren zu dokumentieren und hinsichtlich der Einhaltung der in Deutschland gesetzlich geregelten Grenzwerte der 26. BImSchV zu bewerten.

Die Messungen wurden von Juli bis Oktober 2010 an insgesamt 77 Messpunkten durchgeführt, die sich jeweils bezüglich ihrer Ausrichtung, dem Abstand und den Sichtverhältnissen zur jeweiligen LTE-Anlage unterschieden. Messdurchführende waren Dr. Chr. Bornkessel und Herr M. Schubert von der IMST GmbH.

Folgende LTE-Anlagen wurden untersucht. Zum Zeitpunkt der Messungen befanden sich die Anlagen 1 bis 5 im Testbetrieb und die Anlagen 6 und 7 im Pilotbetrieb

Lfd. Nr.	Adresse (PLZ, Ort, Straße)	LTE-System	GSM/UMTS am selben Standort?
1	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Firmengelände Alcatel-Lucent, Haus 2	LTE 2600 FDD, 20 MHz	nein
2	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Firmengelände Alcatel-Lucent, Haus 1	LTE 800 FDD, 10 MHz	ja (3 Systeme)
3	41069 Mönchengladbach, Landgrafenstraße 59, Firmengelände SMS MEER	LTE 800 FDD, 10 MHz	ja (4 Systeme)
4	40212 Düsseldorf, Berliner Allee 52, Galeria Kaufhof Gebäude	LTE 2600 FDD, 20 MHz	ja (6 Systeme)
5	40211 Düsseldorf, Worringer Straße 87	LTE 2600 FDD, 20 MHz	ja (3 Systeme)
6	16866 Kyritz, Hagenstraße 9a	LTE 800 FDD, 10 MHz	ja (4 Systeme)
7	80992 München, Georg-Brauchle-Ring 23-25	LTE 2600 FDD, 20 MHz	ja (6 Systeme), über das gesamte Gebäudedach verteilt; zusätzlich Indoor-Anlagen

Tabelle 1: Beschreibung der untersuchten LTE-Standorte

2 Beschreibung der Messpunkte

Nachfolgende Tabellen geben einen Überblick über die Lage der Messpunkte. Bilder der Messpunkte sind im Anhang A1 enthalten. Die angegebene Entfernung kennzeichnet den radialen Abstand vom Messpunkt zur LTE-Sendeanlage.

Messpunkt	Beschreibung	Entfernung zum LTE-Sender	Sichtverbindung	Höhe
1.1	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. Alcatel-Lucent (ALU), Haus 1, Flügel A, 9. OG, Zi. 42, am offenen Fenster	37 m	ja	9. OG
1.2	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Haus 1, Flügel A, 6. OG, vor Zi. 41/42, am offenen Fenster	38 m	ja	6. OG
1.3	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Haus 1, Flügel A, 13. OG, Zi. 43, am offenen Fenster	38 m	ja	13. OG
1.4	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Haus 1, Flügel A, 3. OG, Zi. 42, am offenen Fenster	ca. 39 m	nein	3. OG
1.5	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Haus 1, Flügel A, ebenerdig außen vor dem Gebäude	ca. 42 m	nein	ebenerdig
1.6	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Linienmessung Straße entlang Westsektor der Anlage	200 m	ja	ebenerdig
1.7	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Linienmessung Straße entlang Westsektor der Anlage	170 m	ja	ebenerdig
1.8	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Linienmessung Straße entlang Westsektor der Anlage	142 m	ja	ebenerdig
1.9	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Linienmessung Straße entlang Westsektor der Anlage	118 m	ja	ebenerdig
1.10	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Linienmessung Straße entlang Westsektor der Anlage	88 m	ja	ebenerdig
1.11	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Linienmessung Straße entlang Westsektor der Anlage	64 m	ja	ebenerdig
1.12	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Haus 2 unter der Anlage, Treppenhaus zwischen dem 6. und 7. OG	ca. 4 m	nein	6.5 OG
1.13	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Haus 2 unter der Anlage, Treppenhaus zwischen dem 5. und 6. OG	ca. 7 m	nein	5.5 OG

Messpunkt	Beschreibung	Entfernung zum LTE-Sender	Sichtverbindung	Höhe
1.14	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Haus 2 unter der Anlage, Treppenhaus zwischen dem 4. und 5. OG	ca. 10 m	nein	4.5 OG
1.15	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Haus 2 unter der Anlage, Treppenhaus zwischen dem 3. und 4. OG	ca. 13 m	nein	3.5 OG
1.16	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Haus 2 unter der Anlage, Treppenhaus zwischen dem 2. und 3. OG	ca. 16 m	nein	2.5 OG

Tabelle 2.1: Beschreibung der Messpunkte an der LTE-Anlage 1, Lorenzstraße 10, 70435 Stuttgart (Haus 2)

Messpunkt	Beschreibung	Entfernung zum LTE-Sender	Sichtverbindung	Höhe
2.1	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Liniennmessung Straße entlang Westsektor der Anlage	62 m	ja	ebenerdig
2.2	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Liniennmessung Straße entlang Westsektor der Anlage	88 m	ja	ebenerdig
2.3	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Liniennmessung Straße entlang Westsektor der Anlage	140 m	ja	ebenerdig
2.4	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Liniennmessung Straße entlang Westsektor der Anlage	185 m	ja	ebenerdig
2.5	70435 Stuttgart, Lorenzstr. 10, Fa. ALU, Liniennmessung Straße entlang Westsektor der Anlage	264 m	ja	ebenerdig

Tabelle 2.2: Beschreibung der Messpunkte an der LTE-Anlage 2, Lorenzstraße 10, 70435 Stuttgart (Haus 1)

Messpunkt	Beschreibung	Entfernung zum LTE-Sender	Sichtverbindung	Höhe
3.1	41069 Mönchengladbach, Landgrafenstraße 59, Firmengelände SMS MEER, Linienmessung 240°-Sektor	27 m	ja	ebenerdig
3.2	41069 Mönchengladbach, Landgrafenstraße 59, SMS MEER, Linienmessung 240°-Sektor	47 m	ja	ebenerdig
3.3	41069 Mönchengladbach, Landgrafenstraße 59, SMS MEER, Linienmessung 240°-Sektor	72 m	ja	ebenerdig
3.4	41069 Mönchengladbach, Landgrafenstraße 59, SMS MEER, Linienmessung 240°-Sektor	100 m	ja	ebenerdig
3.5	41069 Mönchengladbach, Landgrafenstraße 59, SMS MEER, Linienmessung 240°-Sektor	120 m	ja	ebenerdig
3.6	41069 Mönchengladbach, Landgrafenstraße 59, SMS MEER, Linienmessung 240°-Sektor	142 m	ja	ebenerdig
3.7	41069 Mönchengladbach, Landgrafenstraße 59, SMS MEER, Linienmessung 240°-Sektor	173 m	ja	ebenerdig
3.8	41069 Mönchengladbach, Landgrafenstraße 59, SMS MEER, Linienmessung 240°-Sektor	190 m	ja	ebenerdig
3.9	41069 Mönchengladbach, Landgrafenstraße 59, SMS MEER, Linienmessung 240°-Sektor	226 m	ja	ebenerdig
3.10	41069 Mönchengladbach, Landgrafenstraße 59, SMS MEER, Linienmessung 240°-Sektor	ca. 226 m	nein	ebenerdig

Tabelle 2.3: Beschreibung der Messpunkte an der LTE-Anlage 3, Landgrafenstraße 59, 41069 Mönchengladbach

Messpunkt	Beschreibung	Entfernung zum LTE-Sender	Sichtverbindung	Höhe
4.1	40212 Düsseldorf, Berliner Allee 52, Galeria-Gebäude, Parkhaus Deck 5 unter der Anlage	ca. 2 m	nein	10. OG
4.2	40212 Düsseldorf, Berliner Allee 52, Galeria-Gebäude, Parkdeck 5 vor der Anlage	6 m	ja	10. OG
4.3	40212 Düsseldorf, Berliner Allee 52, Galeria-Gebäude, Parkdeck 5 vor der Anlage	31 m	ja	10. OG
4.4	40212 Düsseldorf, Berliner Allee 52, Galeria-Gebäude, Parkhaus Deck 4 unter der Anlage	ca. 7 m	nein	8. OG
4.5	40212 Düsseldorf, Berliner Allee 52, Galeria-Gebäude, Parkhaus Deck 3,5 unter der Anlage	ca. 10 m	nein	7. OG
4.6	40212 Düsseldorf, Berliner Allee 52, Galeria-Gebäude, Parkhaus Deck 2,5 unter der Anlage	ca. 15 m	nein	5. OG
4.7	40212 Düsseldorf, Berliner Allee 52, Galeria-Gebäude, Parkhaus Deck 1,5 unter der Anlage	ca. 20 m	nein	3. OG
4.8	40212 Düsseldorf, Berliner Allee 52, Galeria-Gebäude, Parkhaus Deck 0,5 unter der Anlage	ca. 25 m	nein	1. OG
4.9	Oststraße 166, 40212 Düsseldorf, Hotel Rheingold, Zi. 76 am geöffneten Fenster	31 m	ja	7. OG
4.10	Oststraße 166, 40212 Düsseldorf, Hotel Rheingold, Zi. 46 am geöffneten Fenster	35 m	ja	4. OG
4.11	Oststraße 166, 40212 Düsseldorf, Hotel Rheingold, vor dem Hotel auf der Straße	43 m	ja	ebenerdig

Tabelle 2.4: Beschreibung der Messpunkte an der LTE-Anlage 4, Berliner Allee 52, 40212 Düsseldorf

Messpunkt	Beschreibung	Entfernung zum LTE-Sender	Sichtverbindung	Höhe
5.1	40211 Düsseldorf, Linienmessung 210° Sektor Worringer Str. 95-115 und Worringer Platz	77 m	ja	ebenerdig
5.2	40211 Düsseldorf, Linienmessung 210° Sektor Worringer Str. 95-115 und Worringer Platz	122 m	ja	ebenerdig
5.3	40211 Düsseldorf, Linienmessung 210° Sektor Worringer Str. 95-115 und Worringer Platz	153 m	ja	ebenerdig
5.4	40211 Düsseldorf, Linienmessung 210° Sektor Worringer Str. 95-115 und Worringer Platz	180 m	ja	ebenerdig
5.5	40211 Düsseldorf, Linienmessung 210° Sektor Worringer Str. 95-115 und Worringer Platz	235 m	ja	ebenerdig
5.6	40211 Düsseldorf, Toreinfahrt zu Worringer Straße 87	ca. 25 m	nein	ebenerdig
5.7	40211 Düsseldorf, Worringer Str. 94-96, Hotel friends, 7. OG, Lounge, am offenen Fenster	60 m	ja	7. OG
5.8	40211 Düsseldorf, Worringer Str. 94-96, Hotel friends, Zi. 602, am offenen Fenster	59 m	ja	6. OG
5.9	40211 Düsseldorf, Worringer Str. 94-96, Hotel friends, Zi. 404, am offenen Fenster	53 m	ja	4. OG
5.10	40211 Düsseldorf, Worringer Str. 94-96, Hotel friends, vor dem Hotel auf der Straße	61 m	ja	ebenerdig

Tabelle 2.5: Beschreibung der Messpunkte an der LTE-Anlage 5, Worringer Straße 87, 40211 Düsseldorf

Messpunkt	Beschreibung	Entfernung zum LTE-Sender	Sichtverbindung	Höhe
6.1	16866 Kyritz, Ecke Hagenstraße 17 / Poststraße (Linienmessung)	138 m	ja	ebenerdig
6.2	16866 Kyritz, Poststraße vor Haus Nr. 15 (Linienmessung)	206 m	ja	ebenerdig
6.3	16866 Kyritz, Poststraße vor Wiese neben Haus Nr. 11 (Linienmessung)	275 m	ja	ebenerdig
6.4	16866 Kyritz, Poststraße vor Haus Nr. 5 (Linienmessung)	350 m	ja	ebenerdig
6.5	16866 Kyritz, Poststraße vor Haus Nr. 4 (Linienmessung)	435 m	ja	ebenerdig
6.6	16866 Kyritz, Ecke Poststraße / Am Bahnhof (Linienmessung)	499 m	ja	ebenerdig
6.7	16866 Kyritz, Ecke Am Bahnhof / Goethestraße (Linienmessung)	624 m	ja	ebenerdig
6.8	16866 Kyritz, Am Bahnhof vor Haus Nr. 18 (Linienmessung)	828 m	ja	ebenerdig
6.9	16866 Kyritz, Am Bahnhof vor „Fortuna Automaten“ (Linienmessung)	958 m	ja	ebenerdig
6.10	16866 Kyritz, Wilsnacker Straße am Bahnübergang (Linienmessung)	1120 m	ja	ebenerdig
6.11	16866 Kyritz, Straße der Jugend, Star-Tankstelle	364 m	ja	ebenerdig
6.12	16866 Kyritz, Holzhausener Str. 27, Goethe-Schule, Schulhof mit Sicht auf die Anlage	282 m	ja	ebenerdig
6.13	16866 Kyritz, Holzhausener Str. 27, Goethe-Schule, R2.04 am offenen Fenster	261 m	ja	2. OG
6.14	16866 Kyritz, Holzhausener Str. 27, Goethe-Schule, R1.04 am offenen Fenster	260 m	durch Bäume verdeckt	1. OG
6.15	16866 Kyritz, Hagenstraße 1-3, Heilig Geist Kirche, in der Kirche am Kreuzungspunkt Eingang / Mittelgang	ca. 160 m	nein	ebenerdig

Tabelle 2.6: Beschreibung der Messpunkte an der LTE-Anlage 6, Hagenstraße 9a, 16866 Kyritz

Messpunkt	Beschreibung	Entfernung zum LTE-Sender	Sichtverbindung	Höhe
7.1	80992 München, Riesstraße	245 m	ja	ebenerdig
7.2	80992 München, Georg-Brauchle-Ring 23-25, Teeküche c801 unter dem 0° Sektor,	ca. 9 m	nein	8. OG
7.3	80992 München, Georg-Brauchle-Ring 23-25, Treppenhaus unter dem 0° Sektor, 9. OG	ca. 6 m	nein	9. OG
7.4	80992 München, Georg-Brauchle-Ring 23-25, Treppenhaus unter dem 0° Sektor, zwischen dem 7. und 8. OG	ca. 11 m	nein	7.5 OG
7.5	80992 München, Georg-Brauchle-Ring 23-25, Treppenhaus unter dem 0° Sektor, zwischen dem 6. und 7. OG	ca. 15 m	nein	6.5 OG
7.6	80992 München, Georg-Brauchle-Ring 23-25, Treppenhaus unter dem 0° Sektor, zwischen dem 5. und 6. OG	ca. 18 m	nein	5.5 OG
7.7	80992 München, Georg-Brauchle-Ring 23-25, Treppenhaus unter dem 0° Sektor, zwischen dem 4. und 5. OG	ca. 22 m	nein	4.5 OG
7.8	80992 München, Georg-Brauchle-Ring 23-25, Presseraum Erdgeschoss	6 m (zu Indoor-Anlage)	ja (zu Indoor-Anlage)	EG
7.9	80992 München, Georg-Brauchle-Ring 23-25, Südseite Gebäude, Wiese zwischen den Gebäudeteilen C und D	79 m	ja	ebenerdig
7.10	80992 München, Georg-Brauchle-Ring 23-25, außen vor dem Haupteingang	ca. 56 m	nein	ebenerdig

Tabelle 2.7: Beschreibung der Messpunkte an der LTE-Anlage 7, Georg-Brauchle-Ring 23-25, 80992 München

3 Messdurchführung

3.1 Messgrößen für hochfrequente Felder

Für die Beurteilung der Feldintensität in der Umgebung von Sendeanlagen im Hochfrequenzbereich werden üblicherweise die folgenden Größen verwendet:

- der Effektivwert der elektrischen Feldstärke E in Volt pro Meter (V/m)
- der Effektivwert der magnetischen Feldstärke H in Ampere pro Meter (A/m)
- die Leistungsflussdichte S in Watt pro Quadratmeter (W/m²)

Im Fernfeld eines Senders stehen die elektrische und magnetische Feldstärke sowie die Leistungsflussdichte in einem festen Verhältnis zueinander. Bei Messungen an LTE- und Mobilfunksendeanlagen kann im allgemeinen von Fernfeldbedingungen ausgegangen werden, da man sich in ausreichender Entfernung von den Sendeantennen befindet. Deswegen genügt zur Beurteilung der Immission die Angabe prinzipiell einer dieser drei Größen. In der Auswertung der durchgeführten Messungen wird die elektrische Feldstärke und die Leistungsflussdichte bzw. ihre jeweiligen Grenzwert-Ausschöpfungsgrade als Größen für die Immissionswerte verwendet.

3.2 Verwendete Messgeräte und Messverfahren

Für die Immissionsmessungen wurden folgende Messgeräte eingesetzt:

Gerät	Hersteller	Art	Ser. Nr.
FSP-7	Rohde & Schwarz	Spektrumanalysator 9 kHz - 7 GHz	100433
SRM-3000	Narda	Tragbarer Spektrumanalysator 100 kHz - 3 GHz mit codeselektiver Messoption	L-0043
USLP 9142	Schwarzbeck	Logper-Antenne 0,7 GHz – 5 GHz	102 und 103
EFS 9218	Schwarzbeck	Aktive Bikonusantenne 9 kHz – 300 MHz	9218174
VUBA 9117	Schwarzbeck	Bikonische Antenne 30 MHz – 1 GHz	9117-141

Tabelle 3.1: Verwendete Messgeräte

Die verwendeten Messgeräte sind kalibriert und unterliegen einem regelmäßigen Kalibrierturnus.

Mit dem Spektrumanalysator und einer geeigneten Empfangsantenne wurden Frequenz und Empfangspegel der einzelnen am Messort untersuchten Funksignale festgestellt. Unter Berücksichtigung der Kalibrierdaten der verwendeten Antenne sowie der Dämpfung des Kabels zwischen Antenne und Analysator wird daraus die am Messort herrschende Feldstärke bestimmt.

Bei den Messungen wurde die *Schwenkmethode* verwendet: Hierbei wird mit der Antenne das Messvolumen abgetastet (Messhöhe ca. 0,75 m - 1,75 m, Durchmesser mind. 1 m) und

dabei die Ausrichtung und Polarisationsrichtung der Antenne variiert. Der Spektrumanalysator wird dabei in der Betriebsart „Max-Hold“ betrieben. Gemessen wurde jeweils so lange, bis keine Änderungen der Messwertanzeige zu beobachten waren. Damit wird zuverlässig die jeweils stärkste im Messvolumen vorhandene Immission gesucht und aufgezeichnet. Beim Schwenken wurde ein Mindestabstand von 50 cm zu Boden, Decke, Wänden und metallischen Objekten eingehalten.

LTE-Signale werden bei der Messung mit einer Auflösebandbreite von 1 MHz, GSM-Signale mit einer Bandbreite von 200 kHz und UMTS-Signale mit einer Bandbreite von 5 MHz erfasst. Als Detektor kommt bei LTE und UMTS der RMS-Detektor und bei GSM der Peak-Detektor zum Einsatz.

Die Einzelimmissionen der verschiedenen gemessenen Funksignale wurden gemäß der im Anhang beschriebenen Summenformel zur Bildung einer Gesamtimmission aufsummiert. Einzelimmissionen, die aufgrund geringer Stärke nur einen vernachlässigbar kleinen Beitrag zur Gesamtimmission liefern, wurden vernachlässigt.

3.3 Bestimmung der Maximalimmission

Die von LTE-, GSM- und UMTS-Basisstationen erzeugten elektromagnetischen Felder sind zeitlich nicht konstant, sondern schwanken in Abhängigkeit von Verkehrsauslastung und Verbindungsqualität. Nachts sinkt die Immission durch geringes Verkehrsaufkommen in der Regel auf einen Minimalwert, der nur durch die permanent abgestrahlten Signalisierungssignale erzeugt wird. Nach 26. BImSchV ist die bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung entstehende Immission zu bestimmen. Dies erfolgt wie folgt:

LTE-Anlagen

Bei LTE-Anlagen werden die Signale P-SS (Primary Synchronization Signal), S-SS (Secondary Synchronization Signal) und RS (Reference Signal) sowie der PBCH-Kanal (Physical Broadcast Channel) permanent mit vom aktuellen Verkehr unabhängiger, konstanter Sendeleistung abgesendet. P-SS, S-SS und PBCH belegen unabhängig von der Bandbreite des gesamten LTE-Signals eine Bandbreite von etwa 1 MHz und liegen symmetrisch um die Kanalmitte. In einer Vormessung wurde ermittelt, welcher dieser Signale bzw. Kanäle die höchste Amplitude am Spektrumanalysator erzeugt. In den Messungen wurde die maximale Immission durch den stärksten dieser leistungskonstanten Signale bzw. Kanäle ermittelt. Nach der Messung wurden vom Anlagenbetreiber Daten über die Konfiguration der Station übermittelt (insbesondere die EPRE (Energy per Resource Element) des jeweiligen Signals bzw. Kanals bezogen auf RS). Zusammen mit der maximalen Bandbreite des LTE-Signals (hier 10 bzw. 20 MHz) wird daraus ein Extrapolationsfaktor zur Ermittlung der maximal möglichen Exposition im bei der Bundesnetzagentur (BNetzA) beantragten bzw. genehmigten maximalen Betriebszustand der Anlage abgeleitet.

GSM-Anlagen

Mehrkanalige GSM-Anlagen senden ab Kanal 2 meist mit einer Leistungsregelung, wohingegen Kanal 1 (Signalisierungskanal, BCCH) permanent mit maximaler Sendeleistung arbeitet. Um aus den mit dem Spektrumanalysator gemessenen Werten auf die maximale Anlagenauslastung zu schließen, wird je Sektor die durch den Signalisierungskanal erzeugte Immission mit der maximalen Anzahl der Kanäle verknüpft. Die in diesem Bericht dokumentierte Maximalimmission beinhaltet die Hochrechnung auf den bei der Bundesnetzagentur beantragten bzw. genehmigten maximalen Betriebszustand der Anlage. Die Zahl der bei der BNetzA beantragten bzw. genehmigten Kanäle sowie deren Kanalnummern wurde von den Netzbetreibern zur Verfügung gestellt.

Wurde bei den Messungen festgestellt, dass ein Verkehrskanal (TCH) am Messpunkt eine höhere Immission erzeugt als der dazugehörige BCCH, bildet die Immission des TCH die Basis für die weitere Auswertung.

UMTS-Anlagen

Bei UMTS-Stationen existiert ein Signalisierungssignal (der „Common Pilot Channel“, kurz „CPICH“), das mit definierter, konstanter Leistung abgegeben wird. Die Feldstärke jedes vorhandenen CPICH wird mittels einer codeselektiven Messung bestimmt. Die Maximalimmission ergibt sich durch Multiplikation der gemessenen CPICH-Immission mit einem Faktor, der sich aus der aktuell eingestellten Leistung des CPICH und der maximal beantragten Sendeleistung des Frequenzkanals ergibt. Dieser Faktor (in der Regel 10 bezüglich der Leistung) wurde für vorliegende Messungen bei den Netzbetreibern abgefragt. Die somit ermittelte Immission wird dann auf die Zahl der maximal beantragten bzw. genehmigten Frequenzkanäle hochgerechnet (in der Regel zwei, sofern bei der Messung nur ein Kanal in Betrieb war).

3.4 Messunsicherheit

Die Messunsicherheit für die Immissionsmessungen beträgt ± 3 dB (erweiterte Messunsicherheit für $k=2$, d.h. Vertrauensintervall 95%). Hierbei sind sowohl die Unsicherheitsbeiträge für die Kalibrierung von Messantenne, Messkabel und Spektrumanalysator, als auch die Unsicherheit der Probennahme berücksichtigt. Die Messunsicherheit wurde nicht zu den Messergebnissen addiert.

4 Ergebnisse

In den Tabellen 4.1 bis 4.7 sind die im Umfeld der sieben untersuchten LTE-Standorte gemessenen und gemäß Beschreibung in Abschnitt 3.3 ausgewerteten LTE-Immissionswerte dargestellt. Sofern am Standort der LTE-Anlage auch Mobilfunkanlagen des GSM- und UMTS-Mobilfunknetzes installiert waren, sind deren Immissionen den Immissionen durch die LTE-Anlage gegenüber gestellt.

Angegeben ist jeweils die *Maximalimmission* für Vollausbau und Vollauslastung der Station. 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. Für eine Beurteilung der gemessenen Immissionen bezüglich der Grenzwerte der 26. BImSchV ist die Maximalimmission relevant. In der Realität ist die Immission je nach momentaner Auslastung und Ausbau der Stationen geringer als die angegebene Maximalimmission.

In den Tabellen sind die Immissionen

- als elektrische Feldstärkewerte in V/m sowie in Prozent des Feldstärke-Grenzwertes der 26. BImSchV sowie
- als Leistungsflussdichtewert in mW/m² sowie in Prozent des äquivalenten Leistungsflussdichte-Grenzwertes der 26. BImSchV angegeben.

Messpunkt	Immission durch LTE				Immission durch GSM und UMTS-Mobilfunk am selben Standort			
	Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte		Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte	
	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert
1.1	1,70	2,79	7,67	0,077	keine Anlage vorhanden			
1.2	0,43	0,71	0,50	0,005	keine Anlage vorhanden			
1.3	0,45	0,73	0,53	0,005	keine Anlage vorhanden			
1.4	0,26	0,42	0,18	0,002	keine Anlage vorhanden			
1.5	0,30	0,48	0,23	0,002	keine Anlage vorhanden			
1.6	0,33	0,54	0,29	0,003	keine Anlage vorhanden			
1.7	0,26	0,43	0,18	0,002	keine Anlage vorhanden			
1.8	0,35	0,57	0,32	0,003	keine Anlage vorhanden			
1.9	0,27	0,44	0,19	0,002	keine Anlage vorhanden			
1.10	0,29	0,47	0,22	0,002	keine Anlage vorhanden			
1.11	0,32	0,52	0,27	0,003	keine Anlage vorhanden			
1.12	0,16	0,27	0,07	0,001	keine Anlage vorhanden			
1.13	0,01	0,01	0,0002	0,000002	keine Anlage vorhanden			
1.14	0,005	0,01	0,00006	0,0000006	keine Anlage vorhanden			
1.15	0,003	0,005	0,00002	0,0000002	keine Anlage vorhanden			
1.16	0,001	0,002	0,000003	0,00000003	keine Anlage vorhanden			

Tabelle 4.1: Festgestellte LTE-Immissionen an den Messpunkten der LTE-Anlage 1, Lorenzstraße 10, 70435 Stuttgart (Haus 2)

Messpunkt	Immission durch LTE				Immission durch GSM und UMTS-Mobilfunk am selben Standort			
	Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte		Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte	
	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert
2.1	0,12	0,31	0,04	0,001	0,11	0,22	0,03	0,0005
2.2	0,09	0,23	0,02	0,001	0,63	1,29	1,05	0,017
2.3	0,16	0,42	0,07	0,002	0,39	0,84	0,41	0,007
2.4	0,11	0,29	0,03	0,001	0,48	1,05	0,61	0,011
2.5	0,48	1,23	0,60	0,015	0,43	0,95	0,50	0,009

Tabelle 4.2: Festgestellte LTE- und GSM/UMTS-Immissionen an den Messpunkten der LTE-Anlage 2, Lorenzstraße 10, 70435 Stuttgart (Haus 1)

Messpunkt	Immission durch LTE				Immission durch GSM und UMTS-Mobilfunk am selben Standort			
	Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte		Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte	
	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert
3.1	0,12	0,32	0,04	0,001	1,49	3,15	5,89	0,099
3.2	0,28	0,73	0,21	0,005	1,62	3,17	6,95	0,100
3.3	0,71	1,85	1,35	0,034	2,63	6,04	18,29	0,365
3.4	0,82	2,12	1,79	0,045	2,70	6,37	19,35	0,406
3.5	1,38	3,56	5,03	0,127	2,75	6,46	20,03	0,417
3.6	1,07	2,76	3,03	0,077	2,85	6,50	21,57	0,422
3.7	1,39	3,60	5,15	0,130	3,08	6,95	25,15	0,483
3.8	1,17	3,03	3,65	0,092	3,66	8,11	35,59	0,658
3.9	0,58	1,50	0,90	0,023	3,08	6,78	25,23	0,460
3.10	0,10	0,26	0,03	0,001	0,55	0,99	0,79	0,010

Tabelle 4.3: Festgestellte LTE- und GSM/UMTS-Immissionen an den Messpunkten der LTE-Anlage 3, Landgrafenstraße 59, 41069 Mönchengladbach

Messpunkt	Immission durch LTE				Immission durch GSM und UMTS-Mobilfunk am selben Standort			
	Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte		Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte	
	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert
4.1	0,07	0,11	0,01	0,0001	0,71	1,25	1,34	0,016
4.2	1,76	2,88	8,17	0,082	3,67	6,90	35,75	0,476
4.3	7,49	12,27	148,68	1,487	10,39	21,80	286,24	4,753
4.4	0,06	0,10	0,01	0,0001	0,21	0,39	0,12	0,002
4.5	0,02	0,04	0,001	0,00001	0,08	0,17	0,02	0,0003
4.6	0,01	0,02	0,0005	0,000005	0,06	0,14	0,01	0,0002
4.7	0,01	0,01	0,0001	0,000001	0,06	0,12	0,01	0,00016
4.8	0,002	0,004	0,00002	0,0000002	0,04	0,08	0,004	0,0001
4.9	1,66	2,72	7,28	0,073	3,22	5,94	27,48	0,353
4.10	0,32	0,52	0,27	0,003	1,84	3,47	8,95	0,120
4.11	0,19	0,31	0,09	0,001	1,29	2,51	4,40	0,063

Tabelle 4.4: Festgestellte LTE- und GSM/UMTS-Immissionen an den Messpunkten der LTE-Anlage 4, Berliner Allee 52, 40212 Düsseldorf

Messpunkt	Immission durch LTE				Immission durch GSM und UMTS-Mobilfunk am selben Standort			
	Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte		Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte	
	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert
5.1	0,48	0,78	0,61	0,006	1,19	2,60	3,73	0,067
5.2	0,51	0,83	0,68	0,007	2,14	5,05	12,18	0,255
5.3	0,34	0,56	0,31	0,003	2,15	5,05	12,32	0,255
5.4	0,83	1,36	1,83	0,018	1,59	3,39	6,69	0,115
5.5	0,90	1,48	2,15	0,021	1,43	2,76	5,40	0,076
5.6	0,09	0,14	0,02	0,0002	0,72	1,66	1,39	0,028
5.7	1,44	2,37	5,52	0,055	1,94	3,70	9,94	0,137
5.8	1,01	1,66	2,71	0,027	2,07	4,61	11,36	0,213
5.9	0,58	0,95	0,90	0,009	1,60	3,76	6,77	0,141
5.10	0,22	0,36	0,13	0,001	0,62	1,31	1,02	0,017

Tabelle 4.5: Festgestellte LTE- und GSM/UMTS-Immissionen an den Messpunkten der LTE-Anlage 5, Worringer Straße 87, 40211 Düsseldorf

Messpunkt	Immission durch LTE				Immission durch GSM und UMTS-Mobilfunk am selben Standort			
	Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte		Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte	
	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert
6.1	0,05	0,12	0,01	0,0001	0,43	0,84	0,50	0,007
6.2	0,12	0,32	0,04	0,001	0,38	0,75	0,39	0,006
6.3	0,24	0,62	0,15	0,004	0,78	1,54	1,61	0,024
6.4	0,07	0,19	0,01	0,0004	0,98	2,00	2,53	0,040
6.5	0,09	0,23	0,02	0,001	1,54	2,89	6,33	0,083
6.6	0,10	0,26	0,03	0,001	1,30	2,49	4,50	0,062
6.7	0,19	0,50	0,10	0,003	1,18	2,22	3,70	0,049
6.8	0,20	0,52	0,11	0,003	1,33	2,56	4,71	0,065
6.9	0,08	0,20	0,02	0,0004	0,63	1,08	1,04	0,012
6.10	0,14	0,37	0,05	0,001	0,86	1,63	1,97	0,027
6.11	0,03	0,07	0,002	0,00004	0,54	1,13	0,79	0,013
6.12	0,13	0,33	0,04	0,001	0,39	0,86	0,41	0,007
6.13	0,11	0,28	0,03	0,001	0,46	0,97	0,55	0,009
6.14	0,10	0,27	0,03	0,001	0,31	0,66	0,25	0,004
6.15	0,01	0,02	0,0001	0,000003	0,06	0,10	0,01	0,0001

Tabelle 4.6: Festgestellte LTE- und GSM/UMTS-Immissionen an den Messpunkten der LTE-Anlage 6, Hagenstraße 9a, 16866 Kyritz

Messpunkt	Immission durch LTE				Immission durch GSM und UMTS-Mobilfunk am selben Standort			
	Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte		Elektrische Feldstärke		Leistungsflussdichte	
	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert	in V/m	in % vom Grenzwert	in mW/m ²	in % vom Grenzwert
7.1	2,59	4,24	17,74	0,177	2,10	3,61	11,68	0,130
7.2	0,04	0,06	0,004	0,00004	kein Vergleich möglich			
7.3	0,04	0,07	0,005	0,00005	kein Vergleich möglich			
7.4	0,01	0,01	0,0001	0,000001	kein Vergleich möglich			
7.5	0,005	0,01	0,00006	0,000001	kein Vergleich möglich			
7.6	0,004	0,01	0,00004	0,0000004	kein Vergleich möglich			
7.7	0,002	0,004	0,00002	0,0000002	kein Vergleich möglich			
7.8	2,08	3,41	11,45	0,115	kein Vergleich möglich			
7.9	0,20	0,33	0,10	0,001	kein Vergleich möglich			
7.10	0,33	0,55	0,29	0,003	kein Vergleich möglich			

Tabelle 4.7: Festgestellte LTE- und GSM/UMTS-Immissionen an den Messpunkten der LTE-Anlage 7, Georg-Brauchle-Ring 23-25, 80992 München.
 Die GSM- und UMTS-Immissionen wurden nur für den MP 7.1 ausgewiesen, da für die anderen Messpunkte im Anlagengebäude sowie in dessen unmittelbarer Nähe ein Vergleich LTE zu GSM/UMTS aufgrund der großflächigen Verteilung der Mobilfunkantennen über dem gesamten Gebäudedach, der unterschiedlichen Sektorausrichtungen sowie des zusätzlichen Einflusses von Indoor-Anlagen nicht sinnvoll ist.

Anhang

A1 Fotos der Messorte

Nachfolgend sind die Messpunkte mit Fotos dokumentiert. Der Messpunkt, an dem mittels Schwenkmethode die maximale Immission bestimmt wurde, ist durch die Person des Messenden gekennzeichnet. Die untersuchte LTE-Anlage ist, sofern sie vom Messpunkt aus sichtbar ist, mit einem blauen Kreis markiert.



Bild A1.1: Messpunkt 1.1



Bild A1.2: Messpunkt 1.2



Bild A1.3: Messpunkt 1.3



Bild A1.4: Messpunkt 1.4



Bild A1.5: Messpunkt 1.5



Bild A1.6: Messpunkt 1.6



Bild A1.7: Messpunkt 1.7



Bild A1.8: Messpunkt 1.8



Bild A1.9: Messpunkt 1.9



Bild A1.10: Messpunkt 1.10



Bild A1.11: Messpunkt 1.11

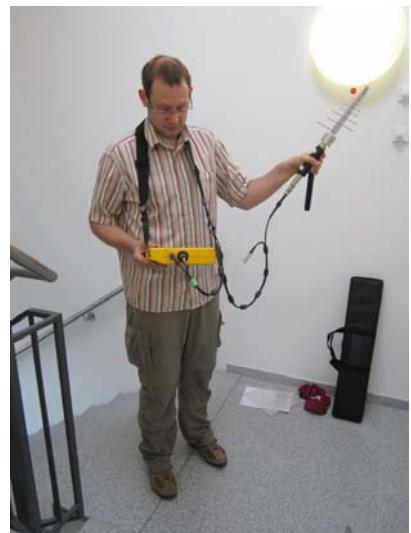


Bild A1.12: Messpunkt 1.12

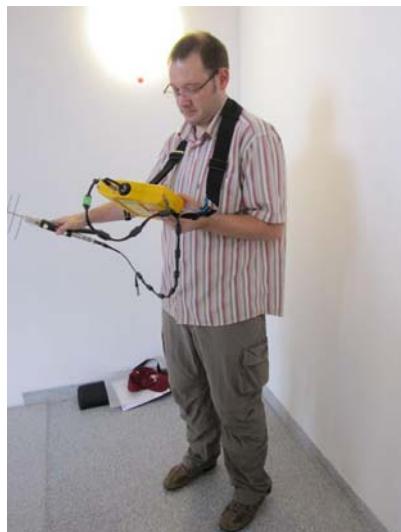


Bild A1.13: Messpunkt 1.13

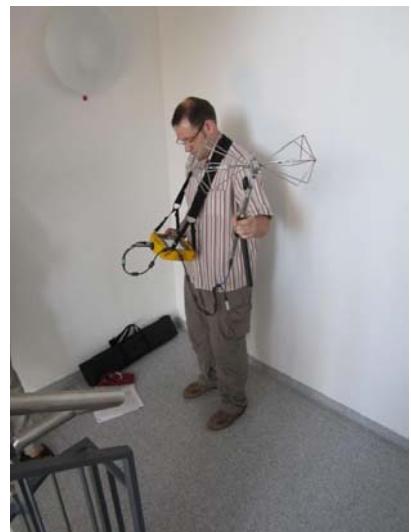


Bild A1.14: Messpunkt 1.14



Bild A1.15: Messpunkt 1.15



Bild A2.1: Messpunkt 2.1



Bild A2.2: Messpunkt 2.2



Bild A2.3: Messpunkt 2.3



Bild A2.4: Messpunkt 2.4



Bild A2.5: Messpunkt 2.5



Bild A3.1: Messpunkt 3.1



Bild A3.2: Messpunkt 3.2



Bild A3.3: Messpunkt 3.3



Bild A3.4: Messpunkt 3.4



Bild A3.5: Messpunkt 3.5



Bild A3.6: Messpunkt 3.6



Bild A3.7: Messpunkt 3.7



Bild A3.8: Messpunkt 3.8



Bild A3.9: Messpunkt 3.9



Bild A3.10: Messpunkt 3.10



Bild A4.1: Messpunkt 4.1

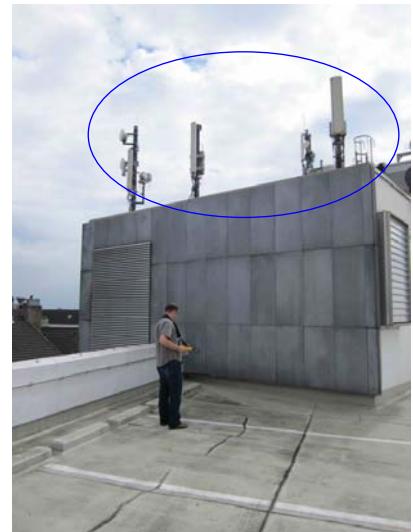


Bild A4.2: Messpunkt 4.2

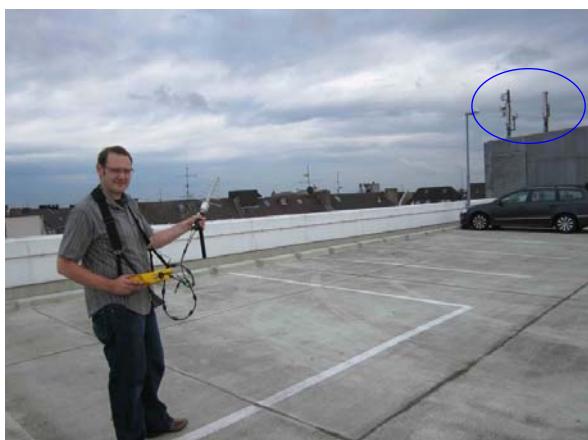


Bild A4.3: Messpunkt 4.3



Bild A4.4: Messpunkt 4.4



Bild A4.5: Messpunkt 4.5

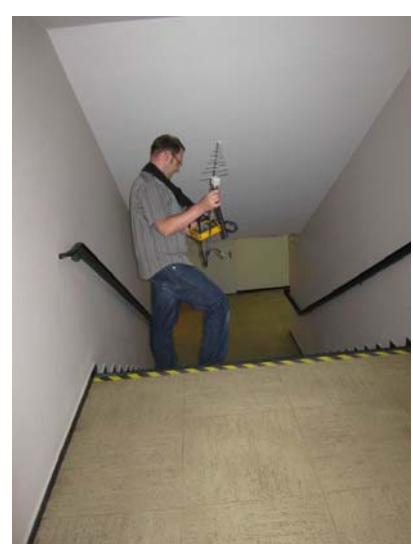


Bild A4.6: Messpunkt 4.6



Bild A4.7: Messpunkt 4.7



Bild A4.8: Messpunkt 4.8



Bild A4.9: Messpunkt 4.9

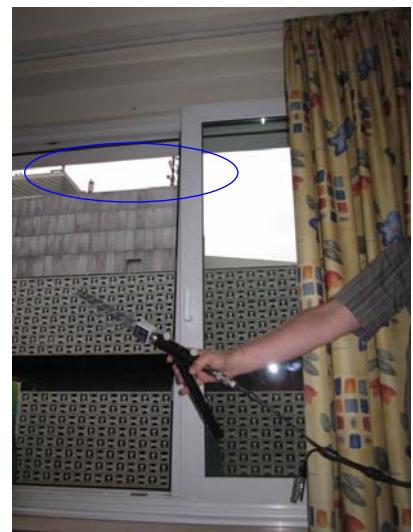


Bild A4.10: Messpunkt 4.10



Bild A4.11: Messpunkt 4.11

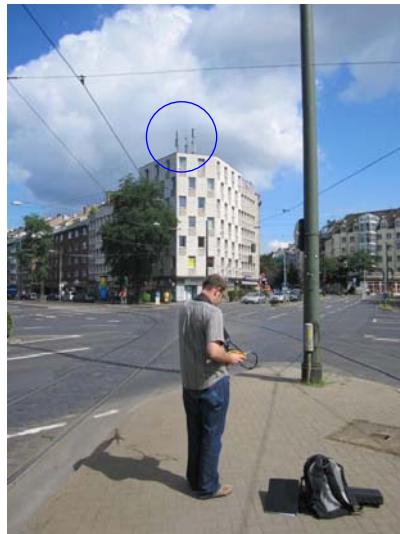


Bild A5.1: Messpunkt 5.1

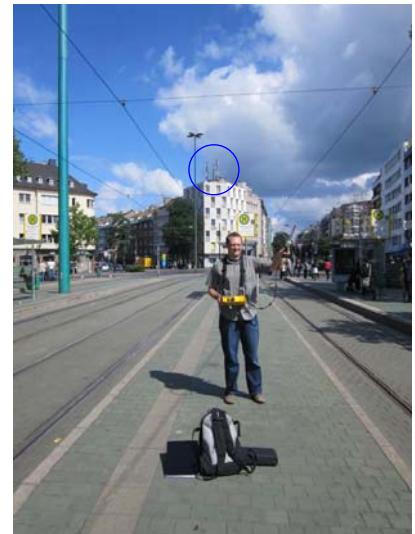


Bild A5.2: Messpunkt 5.2



Bild A5.3: Messpunkt 5.3



Bild A5.4: Messpunkt 5.4



Bild A5.5: Messpunkt 5.5



Bild A5.6: Messpunkt 5.6

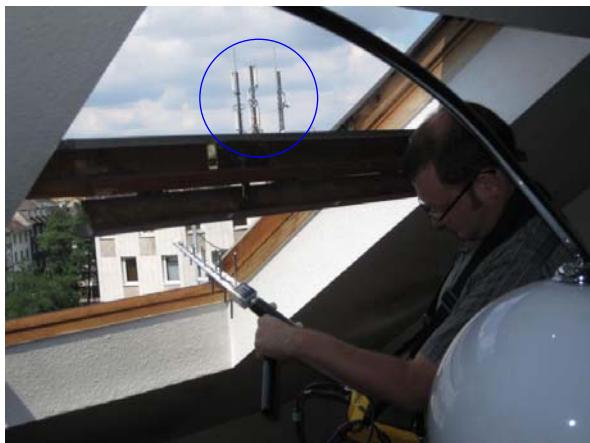


Bild A5.7: Messpunkt 5.7

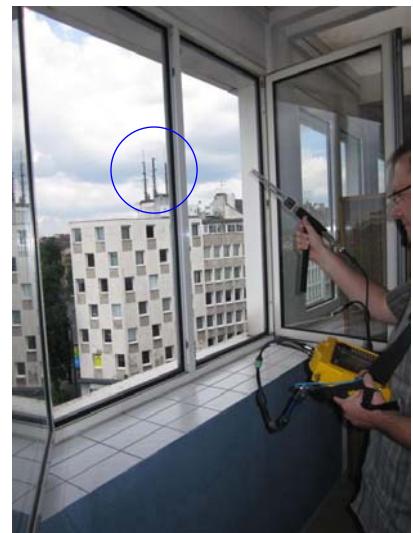


Bild A5.8: Messpunkt 5.8



Bild A5.9: Messpunkt 5.9



Bild A5.10: Messpunkt 5.10



Bild A6.1: Messpunkt 6.1



Bild A6.2: Messpunkt 6.2



Bild A6.3: Messpunkt 6.3



Bild A6.4: Messpunkt 6.4



Bild A6.5: Messpunkt 6.5



Bild A6.6: Messpunkt 6.6



Bild A6.7: Messpunkt 6.7



Bild A6.8: Messpunkt 6.8



Bild A6.9: Messpunkt 6.9



Bild A6.10: Messpunkt 6.10



Bild A6.11: Messpunkt 6.11



Bild A6.12: Messpunkt 6.12



Bild A6.13: Messpunkt 6.13



Bild A6.14: Messpunkt 6.14

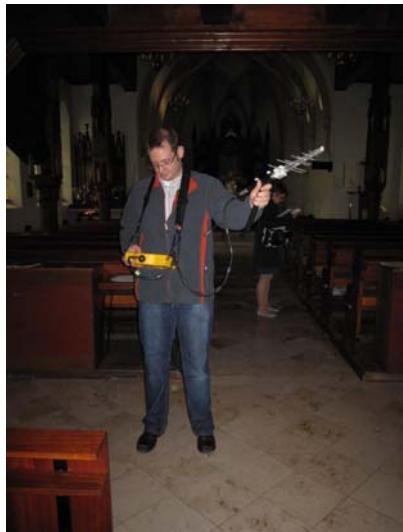


Bild A6.15: Messpunkt 6.15



Bild A7.1: Messpunkt 7.1

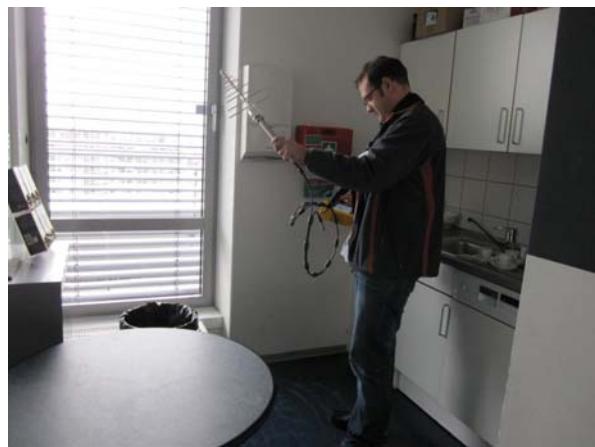


Bild A7.2: Messpunkt 7.2



Bild A7.3: Messpunkt 7.3

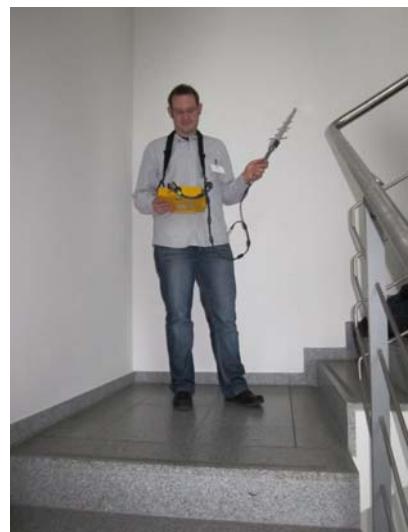


Bild A7.4: Messpunkt 7.4

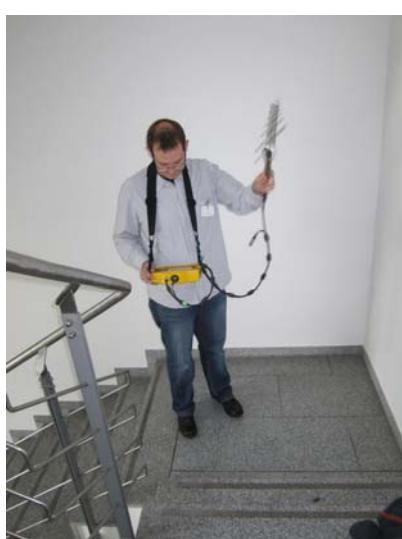


Bild A7.5: Messpunkt 7.5

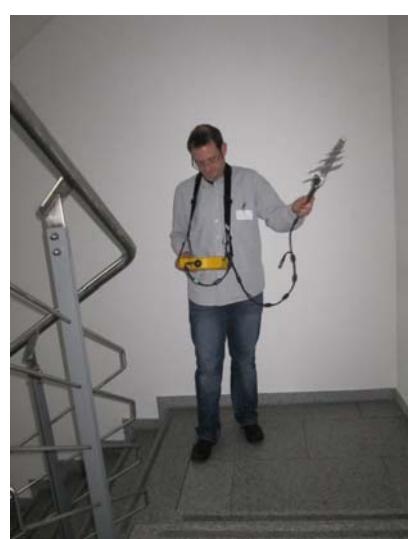


Bild A7.6: Messpunkt 7.6

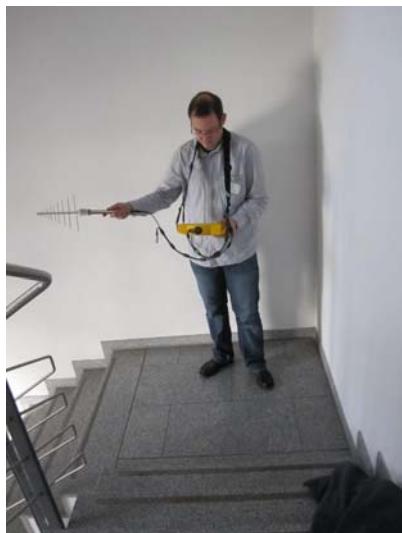


Bild A7.7: Messpunkt 7.7



Bild A7.8: Messpunkt 7.8



Bild A7.9: Messpunkt 7.9



Bild A7.10: Messpunkt 7.10

A2 Erläuterung zu den Grenzwerten

Für den Schutz von Personen vor sowie zur Vorsorge von Personen gegen schädliche Umwelteinwirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (außermedizinisch) im Hochfrequenzbereich besteht in Deutschland seit dem 16. Dezember 1996 mit der „Sechsundzwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissions- schutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)“ und den darin festgelegten Grenzwerten eine gesetzliche Regelung in diesem Bereich. Dieses Gesetz ist seit dem 01. Januar 1997 in Kraft [26. BImSchV]. Die darin festgelegten Immissionsgrenzwerte basieren auf den international anerkannten Empfehlungen des Komitees für nichtionisierende Strahlen der Internationalen Strahlenschutzvereinigung (IRPA/INIRC), der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierenden Strahlen (ICNIRP), die die Arbeit von IRPA/INIRC fortsetzt, sowie den Empfehlungen der Strahlenschutzkommission (SSK) und gewährleisten als einzuhaltende Schutzwerte den Schutz vor bekannten Gesundheitsgefahren und erheblichen Belästigungen [393/96].

Die Verordnung gilt für die Errichtung und den Betrieb von Hochfrequenzanlagen und Niedrfrequenzanlagen, die gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden.

Im Hochfrequenzbereich gilt die 26. BImSchV für ortsfeste Sendeanlagen mit einer Sendeleistung von 10 W EIRP (äquivalente isotrope Strahlungsleistung) oder mehr, die elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 10 MHz bis 300 GHz erzeugen. Sie ist damit auf LTE- und Mobilfunkbasisstationen voll anwendbar.

Zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen sind Hochfrequenzanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass in ihrem Einwirkungsbereich in Gebäuden oder auf Grundstücken, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung und unter Berücksichtigung von Immissionen durch andere ortsfeste Sendefunkanlagen die in Tabelle A.1 bestimmten Grenzwerte der elektrischen und magnetischen Feldstärke für den jeweiligen Frequenzbereich nicht überschritten werden. Bei gepulsten elektromagnetischen Feldern, wie z.B. von Radaranlagen, darf zusätzlich der Spitzenwert für die elektrische und magnetische Feldstärke das 32fache der Werte nach Tabelle A.1 nicht überschreiten.

Frequenz f in MHz	Effektivwert, quadratisch gemittelt über 6-Minuten-Intervalle	
	Elektrische Feldstärke E_{eff} in V/m	Magnetische Feldstärke H_{eff} in A/m
10 - 400	27,5	0,073
400 - 2000	$1,375 \cdot \sqrt{f}$	$0,0037 \cdot \sqrt{f}$
2000 - 300000	61	0,16

Tabelle A.1: Grenzwerte der elektrischen und magnetischen Feldstärke im Hochfrequenzbereich nach 26. BImSchV. Für f ist der Zahlenwert in MHz einzusetzen.

Elektrische und magnetische Feldstärken sind im Fernfeld einer Strahlungsquelle über den Wellenwiderstand des Freiraumes, $Z_0 \approx 377 \Omega$, ineinander überführbar und beinhalten dieselbe Information. Deswegen ist es hier ausreichend, lediglich die Größe des elektrischen Feldes zu messen.

Das Produkt von elektrischer und magnetischer Feldstärke im Fernfeld einer Strahlungsquelle ergibt die elektrische Leistungsflussdichte S . Da auch diese dieselbe Information wie die Feldstärken beinhaltet, wird sie oft alternativ zur elektrischen Feldstärke bei der Grenzwert-überprüfung herangezogen.

Tabelle A.2 fasst die relevanten Grenzwerte der 26. BImSchV für die Abstrahlung der Basisstationen (Downlink) in den Bereichen LTE 800 MHz, LTE 2600 MHz sowie in den Mobilfunkbereichen GSM-R, GSM 900, GSM 1800 und UMTS zusammen. Für die Auswertung in diesem Bericht wird je System derjenige Grenzwert verwendet, der für die Banduntergrenze des jeweiligen Frequenzbereiches gültig ist.

LTE- bzw. Mobilfunksystem	Elektrische Feldstärke E_{eff} in V/m	Magnetische Feldstärke H_{eff} in A/m	Äquivalente Leistungsflussdichte S in W/m ²
LTE 800 MHz	38,7	0,10	4,0
LTE 2600 MHz	61,0	0,17	10,0
GSM 900, GSM-R	41,7	0,11	4,6
GSM 1800	58,4	0,16	9,0
UMTS	61,0	0,17	10,0

Tabelle A.2: Grenzwerte für die LTE- und Mobilfunkfrequenzbereiche nach 26. BImSchV. Der Grenzwert wird bei der Auswertung in diesem Bericht als konstant über dem gesamten Frequenzbereich des jeweiligen Funksystems angesetzt.

Sofern neben Mobilfunkimmissionen auch Immissionen durch andere Funkdienste gemessen wurden, gelten dafür die Grenzwerte nach Tabelle A.1 und, speziell im Fall von Immissionen bei Frequenzen unterhalb von 10 MHz, die Referenzwerte nach EU-Ratsempfehlung 1999/519/EG [1999/519/EG].

Wirken, so wie in vorliegendem Fall, gleichzeitig Felder unterschiedlicher Frequenzen zusammen, dann sind die grenzwertbezogenen Ausschöpfungsgrade (GW_ASG) geeignet zu summieren. In Anlehnung an die EU-Ratsempfehlung 1999/519/EG werden diese für die Frequenzbereiche ab 100 kHz (thermische Wirkungen) wie folgt gebildet:

$$GW_ASG_{thermisch} = \sqrt{\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{E_i}{c}\right)^2 + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{L,i}}\right)^2} \quad (A.1)$$

E_i gemessene elektrische Feldstärke bei der Frequenz i ;

$E_{L,i}$ Referenzwert für die elektrische Feldstärke nach Tabelle 5.3;

c beträgt $87/\sqrt{f}$ V/m.

Der mit dem Faktor 100 multiplizierte grenzwertbezogene Ausschöpfungsgrad nach Gleichung A.1 ergibt die prozentuale Ausschöpfung des zulässigen Feldstärke-Grenzwertes. Dieser darf den Wert 100 nicht überschreiten.

Literaturverzeichnis

- [26. BImSchV] **26. BImSchV, Sechsundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)**, BGBl. Jg. 1996 Teil I Nr. 66, 20.12.1996.
- [393/96] **Bundesrats-Drucksache 393/96**, Amtliche Begründung zur Verordnung der Bundesregierung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), 22.05.1996.
- [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.
- [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).