

## Elektromagnetische Felder – Elektromog

### 3.4

Die Exposition der Menschen gegenüber unterschiedlichen elektromagnetischen Feldern nimmt aufgrund neuartiger Technologien im Alltag und im Berufsleben seit Jahren ständig zu. Insbesondere der Mobilfunk hat in der Öffentlichkeit eine intensive und häufig kontrovers geführte Diskussion um das Thema Elektromog ausgelöst. Es besteht die Besorgnis, dass sich elektromagnetische Felder negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken.

Im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz werden niederfrequente elektrische und magnetische Felder sowie hochfrequente elektromagnetische Felder in vielfältiger Weise durch technische Anlagen und Geräte erzeugt.

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder (0 bis 100 KHz) treten überall dort auf, wo elektrische Energie erzeugt, transportiert oder angewendet wird. Im Alltag sind dies hauptsächlich die elektrischen und magnetischen Felder, die durch die Stromversorgung

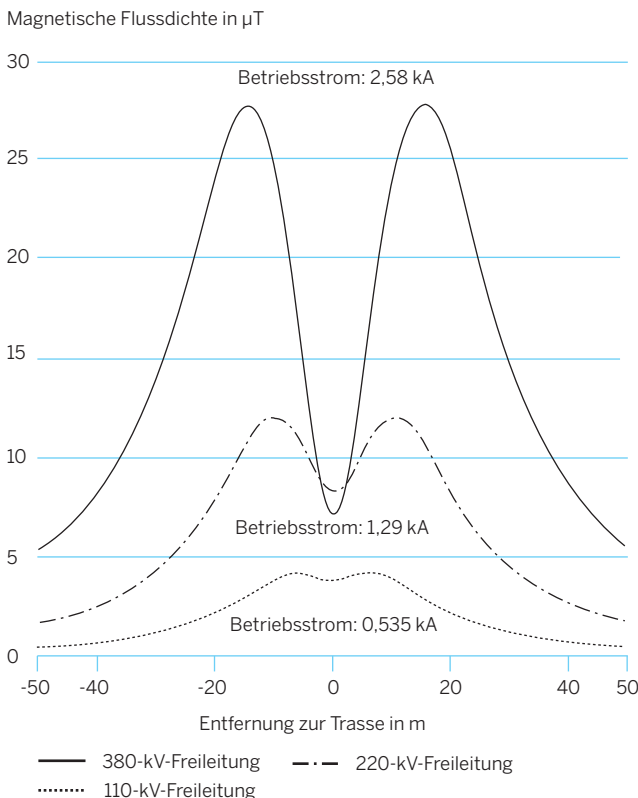


Abbildung 3.4-1: **Abhängigkeit der Feldstärke vom räumlichen Abstand zu einer Hochspannungsfreileitung**

(50 Hz) und elektrifizierte Verkehrssysteme wie Eisenbahnen ( $16 \frac{2}{3}$  Hz) entstehen. Zur Energieübertragung werden in Deutschland zurzeit 113.000 km Höchst- und Hochspannungsleitungen betrieben, wovon vier Prozent unterirdisch als Erdkabel verlegt sind. Hinzu kommen 480.000 km Mittelspannungsleitungen (davon rund 65 Prozent als Erdkabel) und 993.000 km Niederspannungsleitungen. Darüber hinaus sind mehrere Tausend Umspannanlagen mit rund 530.000 Transformatoren in Betrieb.

Hochfrequente elektromagnetische Felder (100 kHz bis 300 GHz) kommen im Alltag hauptsächlich bei Anwendungen vor, die zur drahtlosen Informationsübertragung bei Rundfunk, Fernsehen oder Mobilfunk verwendet werden. In Nordrhein-Westfalen gab es Ende 2008 rund 12.630 Standorte mit Sendefunkanlagen, die eine Standortbescheinigung der Bundesnetzagentur hatten. Dies entspricht einer Zunahme um zehn Prozent gegenüber 2003. Allein im Ruhrgebiet lagen mehr als 2.500 Standorte, in Köln 752 und in Düsseldorf 564 Senderstandorte. Der weit überwiegende Teil der Standorte beinhaltet Mobilfunksendeanlagen. Sendeanlagen des Rundfunks, des Behördenfunks (BOS) u. a. gab es an 922 Standorten.

	Frequenz	Elektrisches Feld	Magnetfeld
Eisenbahn	$16 \frac{2}{3}$ Hz	10.000 V/m	300 $\mu\text{T}$
Stromleitungen	50 Hz	5.000 V/m	100 $\mu\text{T}$
Funk	0,01–300 GHz	27,5–61 V/m	0,073–0,16 A/m

Tabelle 3.4-1: **Gesetzliche Immissionsgrenzwerte der 26. BImSchV**



Abbildung 3.4-2: **Hochspannungsfreileitung**

**Rechtliche Regelungen**

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder erzeugen im menschlichen Organismus schwache Ströme, die als Stromdichte-Werte angegeben werden und zu Störungen der körpereigenen elektrischen Vorgänge führen können. Die Ströme können im Körperinneren nicht direkt nachgewiesen werden. Deshalb werden aus den Körperströmen Referenzwerte für die äußeren Felder abgeleitet. Die Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV, siehe Tabelle 3.4-1) legt für diese äußeren Felder Immissionsgrenzwerte zum Schutz der Bevölkerung fest. Relevante Kenngrößen sind bei Niederfrequenzfeldern die magnetische Flussdichte, gemessen in Mikro-Tesla ( $\mu\text{T}$ ), und die elektrische Feldstärke, die in Volt pro Meter ( $\text{V/m}$ ) angegeben wird. Der Grenzwert für Felder mit einer Frequenz von 50 Hz (50 Schwingungen pro Sekunde) beträgt z. B.  $100 \mu\text{T}$  bzw.  $5.000 \text{ V/m}$ . Bei hochfrequenten Feldern ist statt der magnetischen Flussdichte die magnetische Feldstärke die relevante Kenngröße. Sie wird in Ampere pro Meter ( $\text{A/m}$ ) angegeben.

Elektromagnetische Felder sind sowohl räumlich als auch zeitlich veränderlich. Bei Niederfrequenzanlagen schwächen sich die elektrischen und magnetischen Felder mit wachsendem Abstand deutlich ab. Die Grenzwerte der Verordnung über elektromagne-

tische Felder müssen in allgemein zugänglichen Bereichen an der Anlagengrenze eingehalten werden. Messergebnisse der Magnetfelder bewegen sich zumeist zwischen etwa  $0,1 \mu\text{T}$  und einigen  $\mu\text{T}$ . Beispiele für den räumlichen Verlauf der Feldstärken an typischen Niederfrequenzanlagen zeigt die Abbildung 3.4-1.

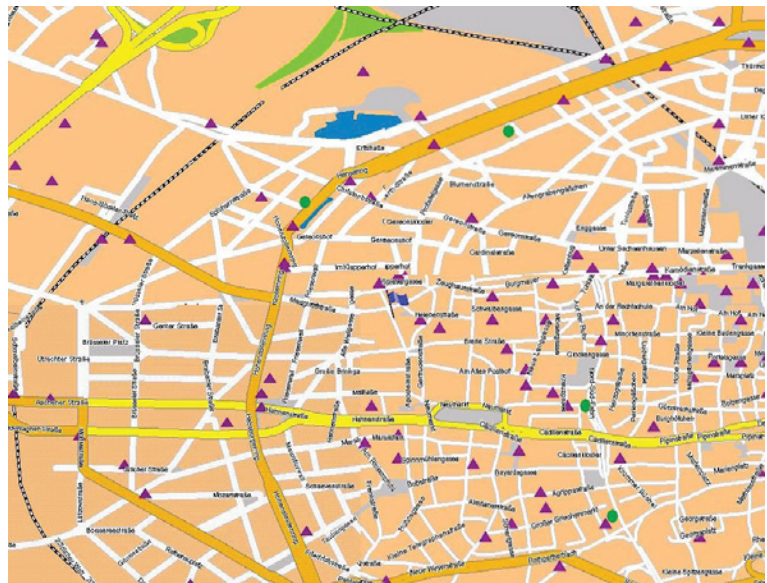
Hochfrequente elektromagnetische Felder wirken in einer völlig anderen Weise auf den Menschen als niederfrequente. Sie verursachen eine Erwärmung des Gewebes. Diese ist abhängig von der Höhe der absorbierten Strahlungsenergie (SAR-Wert) und der Frequenz des Strahlungsfeldes. Zum Schutz des Menschen wurden auch hier Referenzwerte abgeleitet und in der 26. BImSchV als Grenzwerte festgelegt. Unterhalb dieser Grenzwerte sind keine gesundheitsschädlichen Wirkungen wissenschaftlich gesichert nachgewiesen, sodass von einem ausreichenden Schutz des Menschen auszugehen ist.

Die für elektromagnetische Felder geltenden Immissionsgrenzwerte zum Schutz von Personen basieren auf Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nicht ionisierender Strahlung und der deutschen Strahlenschutzkommission. Diese Empfehlungen stützen sich auf eine übergreifende Bewertung der internationalen wissenschaftlichen Forschungsergebnisse. Zum Schutz von Personen mit medizinischen Hilfsgeräten wie z. B. Herzschrittmacher und Insulinpumpen bestehen rechtlich eigenständige Regelungen. Weitere Regelungen stellen sicher, dass elektronische Geräte sich nicht gegenseitig stören können.

Im Jahr 2008 wurde das mehrjährige umfangreiche Deutsche Mobilfunkforschungsprogramm, das durch das Bundesumweltministerium und das Bundesamt für Strahlenschutz initiiert wurde, offiziell abgeschlossen (Informationen dazu finden sich unter: [www.emf-forschungsprogramm.de](http://www.emf-forschungsprogramm.de)). In fundierten wissenschaftlichen Studien wurde offenen Fragen in einem Zeitraum von



Abbildung 3.4-3: **Hochfrequenzanlage**



Karte 3.4-1: **EMF-Messpunkte der Bundesnetzagentur in der Kölner Innenstadt** (Quelle: Bundesnetzagentur, Koordinaten der Standortpositionen beruhen auf Betreiberangaben)

### 3 Umwelt und Sicherheit

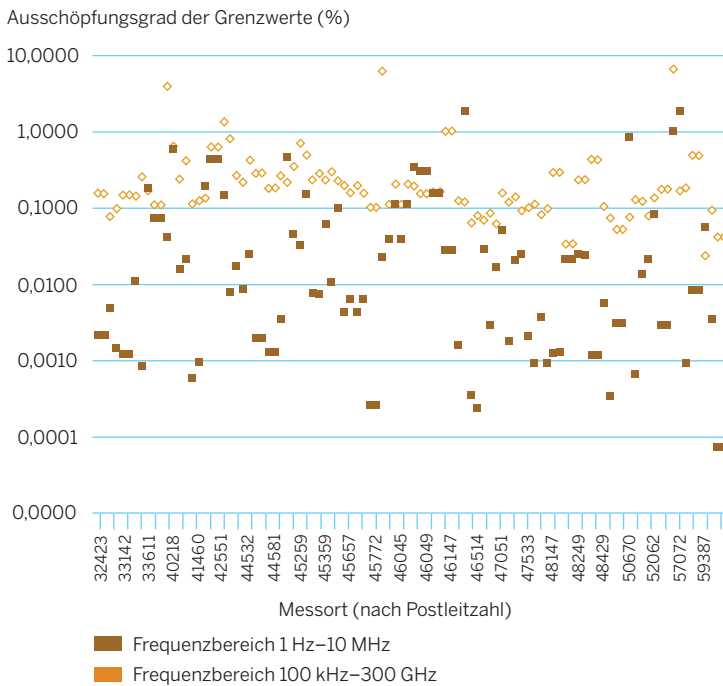


Abbildung 3.4-4: **Auswertung von 100 Ländermesspunkten 2008**

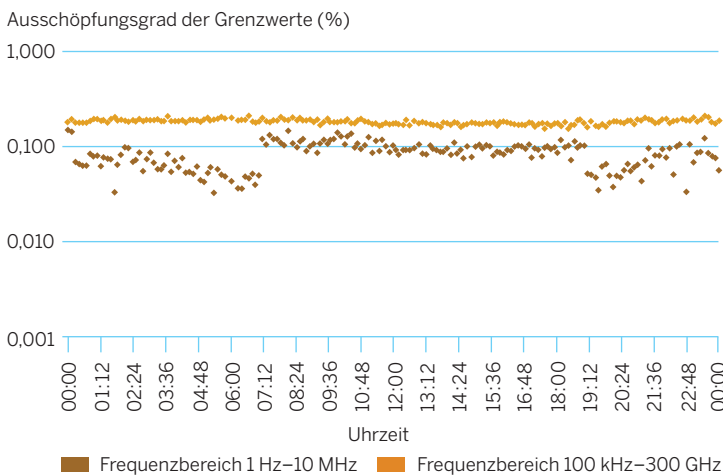


Abbildung 3.4-5: **Feldimmissionen an einem festen Messort in Essen**

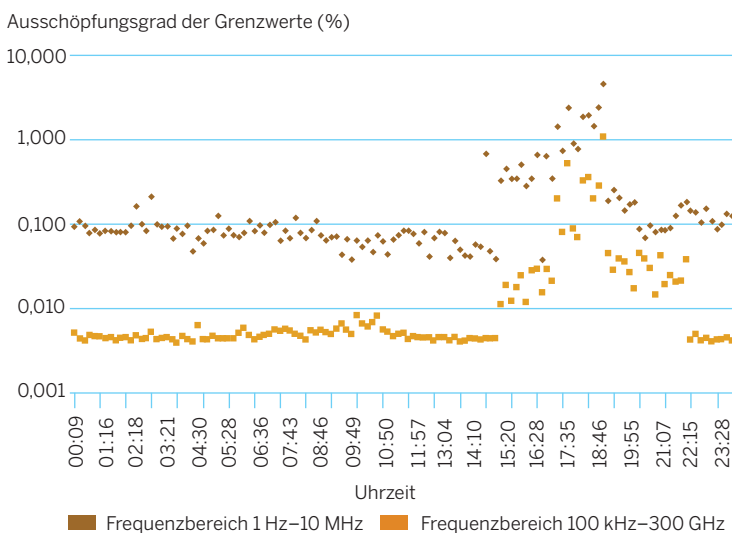


Abbildung 3.4-6: **Feldstärkeimmissionen nahe einem leistungsstarken Großrundfunksender**

rund fünf Jahren nachgegangen. Als zentrales Ergebnis wurden die bestehenden Grenzwerte der 26. BImSchV bestätigt. Auch das MUNLV hat einen finanziellen Beitrag zur Wirkungsforschung geleistet. Das Ministerium unterstützt das Interphone-Projekt, das klären soll, ob häufige Handynutzung möglicherweise das Risiko, an einem Hirntumor zu erkranken, erhöht. Wesentliches Ergebnis dieser Studie ist, dass innerhalb des Betrachtungszeitraums von zehn Jahren eine regelmäßige und häufige Nutzung weder von Mobiltelefonen noch Schnurlostelefonen mit einem höheren Erkrankungsrisiko verbunden war. Für längere Betrachtungszeiträume ist die Datenlage jedoch nicht ausreichend und es bestehen Unsicherheiten in der Auswertung. Die offizielle Gesamtauswertung der international groß angelegten Studie steht wegen der Komplexität noch aus.

#### Mobilfunk

In den vergangenen Jahren wurden national und international zahlreiche Messungen hochfrequenter Felder im Bereich des Mobilfunks durchgeführt. GSM- und UMTS-Mobilfunkanlagen zeigten ähnliche Abstrahlungs- und Immissionseigenschaften. Bei Hochfrequenzanlagen sind die Feldstärken typischerweise in der Nähe der Anlagen am höchsten. Bei Messungen reicht es in der Regel aus, die elektrische Feldstärke zu erfassen. Diese kann dann umgerechnet und direkt in Bezug zum entsprechenden Grenzwert gesetzt werden. Wenn an einem Ort mehrere Feldarten gleichzeitig einwirken, wird dies bei der Beurteilung berücksichtigt. Je nach Leistungsstärke, Frequenz und Anlagenbeschaffenheit werden die Grenzwerte der 26. BImSchV in den allermeisten Fällen schon ab einem Abstand von wenigen Metern (z. B. Mobilfunksender) bis hin zu einigen hundert Metern (z. B. Rundfunksender) eingehalten. Die Standortbescheinigung der Bundesnetzagentur weist einen entsprechenden Schutzabstand aus.

Daten zur tatsächlichen Belastung der Bevölkerung durch GSM- und UMTS-Anlagen des Mobilfunks sowie anderer Sendeanlagen aus den Ergebnissen des umfangreichen Landesmessprogramms des Umweltministeriums sind im Internet unter [www.umwelt.nrw.de](http://www.umwelt.nrw.de) zugänglich. Die Messungen hatten ergeben, dass die Grenzwerte der 26. BImSchV an allen Messpunkten eingehalten werden und an den

meisten Messpunkten weniger als ein Zehntel des Grenzwertes betragen. Im Rahmen des Messprogramms wurden auch die Abstrahleigenschaften einzelner Mobilfunksendeanlagen und wichtige Einflussparameter systematisch betrachtet.

Hochfrequenz-Immissionsmessungen der Landesumweltverwaltung werden meist aufgrund von Beschwerden in unmittelbarer Nähe von Mobilfunkstandorten durchgeführt. Die Messergebnisse der elektrischen Feldstärke lagen in den Jahren 2001 bis 2008 zwischen 0,06 V/m und 1,46 V/m und betragen somit zwischen 0,14 und 5,31 Prozent des Grenzwertes. Im Einzelfall wurden Werte bis 6,2 V/m (14,76 Prozent) gemessen (vgl. auch [www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de)). Im Vergleich hierzu können an einem Mobiltelefon während des Betriebs lokal Feldstärken bis zu einigen 10 V/m auftreten (Handystrahlung). Dies führt zu einer Grenzwertauslastung von ca. 30 bis 80 Prozent.

Auch die Bundesnetzagentur (BNetzA) führt in Abstimmung mit dem LANUV NRW hochfrequente Messungen der Umgebungsfeldstärke in öffentlich zugänglichen Bereichen durch. Die Karte 3.4-1 zeigt beispielhaft Messpunkte im Bereich der Kölner Innenstadt (vgl. auch [www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de) [EMF-Monitoring]). Die Abbildung 3.4-4 zeigt eine Auswertung von 100 Ländermesspunkten in Nordrhein-Westfalen 2008. Sämtliche Messungen belegten die Einhaltung der zulässigen Gesamtimmision im Frequenzbereich 9 kHz bis 3 GHz entsprechend der EU-Ratsempfehlung 1999. Typischerweise betragen die Werte nur ein Hundertstel bis ein Zehntausendstel dieses Wertes.

Seit dem Jahr 2007 werden die Messungen der Bundesnetzagentur durch ein bundesweites Monitoring mit automatischen Messmonitoren ergänzt, wodurch nun auch zeitliche Veränderungen der Feldstärkeimmisionen über größere Zeiträume von mehreren Monaten erfasst werden. Die Abbildungen 3.4-5 und 3.4-6 zeigen die Grenzwertauslastungen als typische Tagesgänge an Standorten in Essen und an einem Messstandort in der Nähe eines Großrundfunksenders.

**Rundfunk**

Der Fernsehgrundfunk wurde in Nordrhein-Westfalen inzwischen weitgehend von der

analogen Ausstrahlung auf die Digitaltechnik DVB-T umgestellt. Feldstärkemessungen des LANUV im Rahmen eines Messprojekts zur DVB-T-Umstellung im Jahr 2005 haben im Umfeld des Großsenders Dortmund ortsabhängig typische Gesamtfeldstärken zwischen ca. 100 und 1.000 mV/m ergeben. Dies entspricht rund 0,3 bis drei Prozent des zulässigen Immissionswertes.

Weitere Auswertergebnisse zeigen ein typisches gemessenes DVB-T-Spektrum (Abbildung 3.4-8a, b) und die räumliche Schwankung der DVB-T-Feldstärke für einen ausgewählten Fernsehkanal an unterschiedlichen Orten im Stadtgebiet (Tabelle 3.4-2).

**Behördenfunk**

Auch der Behördenfunk BOS wird derzeit auf digitale Technik umgestellt. Das LANUV hat im Jahr 2008 an einer Feststation Messungen durchgeführt. Auch diese Messungen haben die sichere Einhaltung der zulässigen Immissionsgrenzwerte belegt. Die Abbildungen 3.4-9 bis 3.4-11 zeigen das Abstandsverhalten der Feldstärke im näheren Umfeld der Sendeantenne, eine Simulation des Feldverlaufs in der Umgebung und Messergebnisse an entfernteren Messpunkten der Umgebung bis zu einem Abstand von rund 500 Meter.

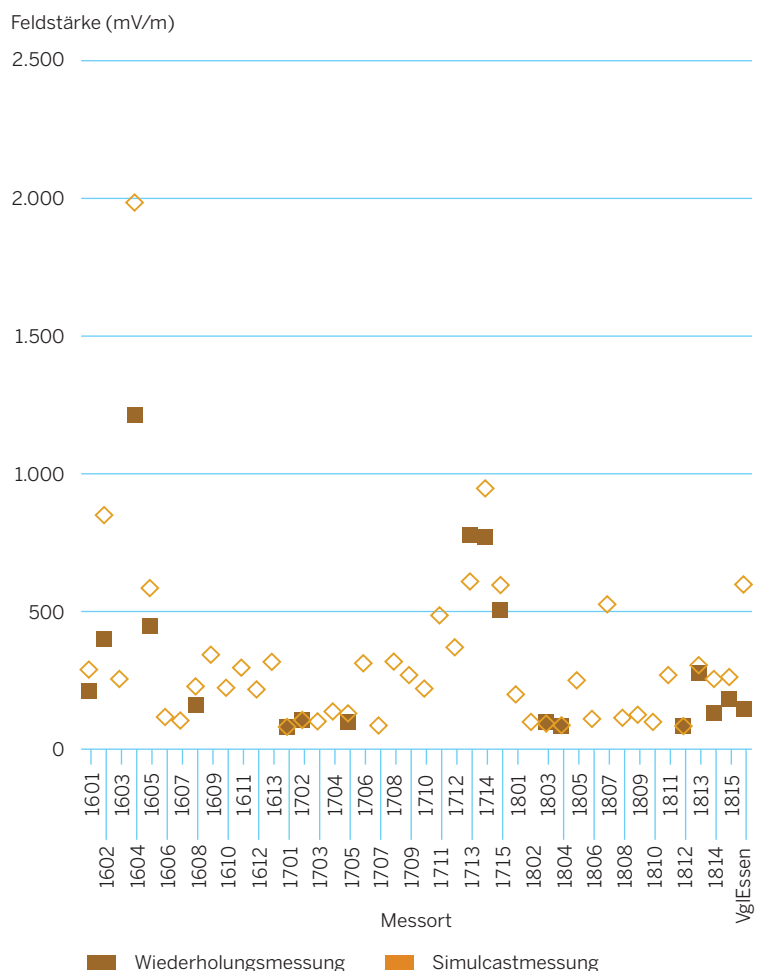


Abbildung 3.4-7: Gemessene Gesamtfeldstärken im Umfeld eines Großsenders

### 3 Umwelt und Sicherheit

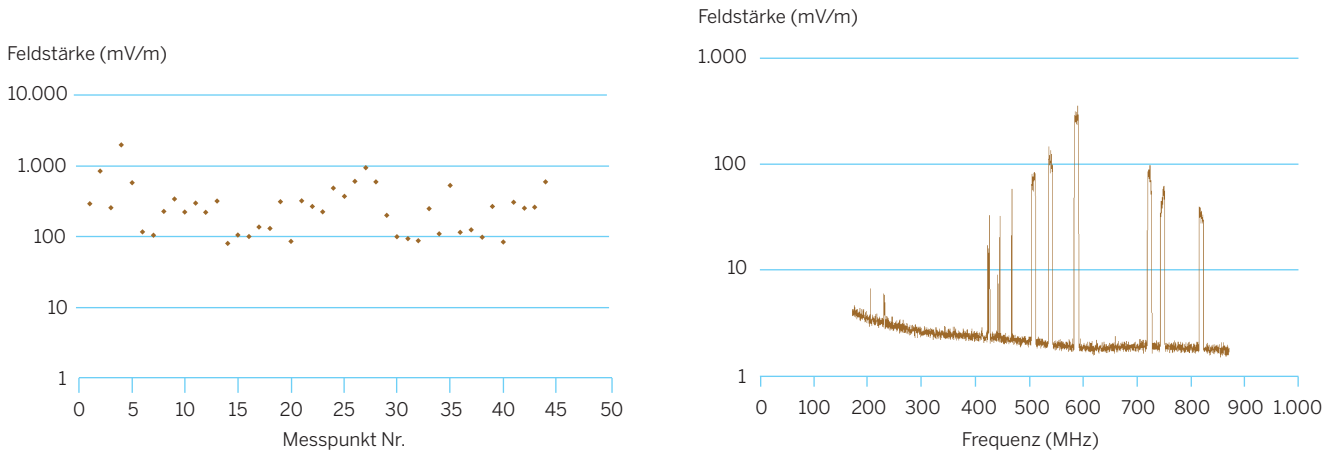


Abbildung 3.4-8a, b: **Gemessene Gesamtfeldstärken im Umfeld eines Großsenders und typisches DVB-T-Spektrum**

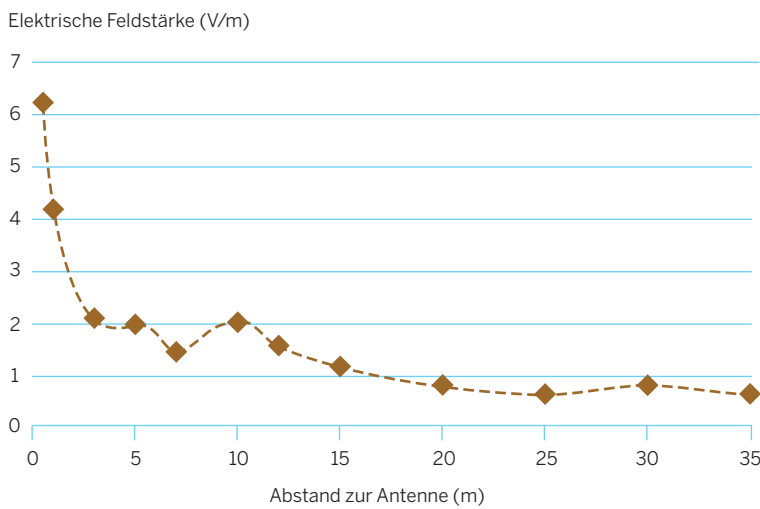


Abbildung 3.4-9: **Abstandsverhalten der Feldstärke im näheren Umfeld der Sendeantenne**

#### Sonstige Funkdienste

Außer den genannten Funkdiensten wird eine Vielzahl weiterer hochfrequenter Funkdienste (DECT-Schnurlostelefonie, Nahbereichsfunk Bluetooth, Zigbee, UWB) in großem Umfang genutzt und technisch weiterentwickelt. Die abgestrahlten Felder sind durch die festgelegte Sendeleistung begrenzt und in ihrer Stärke ebenfalls bekannt. Messungen an drahtlosen Computernetzwerken (WLAN) haben beispielsweise gezeigt, dass die gemessenen Felder selbst unmittelbar an den abstrahlenden Antennen mit ca. 6 V/m bei rund zehn Prozent des zulässigen Immissionswertes lagen. In normalem Nutzerabstand wurden Feldstärken weit unter diesem Wert festgestellt.

Weitere vergleichbare detaillierte Emissions- sowie Immissionsdaten ergeben sich u. a. auch aus veröffentlichten dosimetrischen Studien des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms.

Die Technik entwickelt sich weiterhin rasant fort. Andererseits ist die nationale und internationale Wirkungsforschung sehr aufwendig. Daher können mögliche schädliche Langzeitwirkungen oder unspezifische Kombinationswirkungen mit anderen Faktoren nicht abschließend vollständig ausgeschlossen werden. Die Strahlenschutzkommission empfiehlt deshalb ergänzende Maßnahmen zur Vorsorge durch die Verringerung unnötiger Feldbelastungen. Dies wird auch in der Mobilfunkvereinbarung für Nordrhein-Westfalen aus dem Jahr 2003 berücksichtigt. Darin bestätigen Netzbetreiber, kommunale Spitzenverbände und Landesregierung die Bedeutung der Vorsorge beim Auf- und Ausbau der Mobilfunknetze.

Messpunkt Nr.	Interne Messpunkt-kennung	Messort	Straße	K25 E (V/m) analog	K25 E (V/m) digital	Änderung (%)	Änderung (dB)
1	1604	Dortmund	Baurat-Marx-Allee	1663	293	-82,4	-15
2	1605	Dortmund	Rathenaustr.	340	175	-48,5	-6
6	1602	Dortmund	Emil-Figge-Str.	494	199	-59,7	-8
9	1814	Dortmund	Wittener Str.	230	61	-73,5	-12
13	1714	Dortmund	Ringelohstr.	338	343	1,5	0
18	1713	Dortmund	Höchstener Str.	129	257	99,2	6
19	1601	Dortmund	Tidbaldweg	101	67	-33,7	-4
20	1813	Dortmund	Wischlinger Weg	190	116	-38,9	-4
22	1715	Dortmund	Kortenstr.	155	208	34,2	3
29	1815	Dortmund	Martener Str.	149	61	-59,1	-8
30	1812	Dortmund	Mosselde	24	16	-33,3	-4
31	1804	Dortmund	Hostedder Str.	23	17	-26,1	-3
33	1803	Dortmund	Greveler Str.	25	36	44,0	3
35	1705	Dortmund	Parkplatz B1	65	31	-52,3	-6
42	1701	Herne	Zillertalstr.	9	9	0,0	0
43	1702	Bochum	Tippelsberger Str.	9	12	33,3	2
44	LUA	Essen	Wallneyer Str.	9	9	0,0	0

Tabelle 3.4-2: **DVB-T-Feldstärke für einen ausgewählten Fernsehkanal an unterschiedlichen Orten im Stadtgebiet**

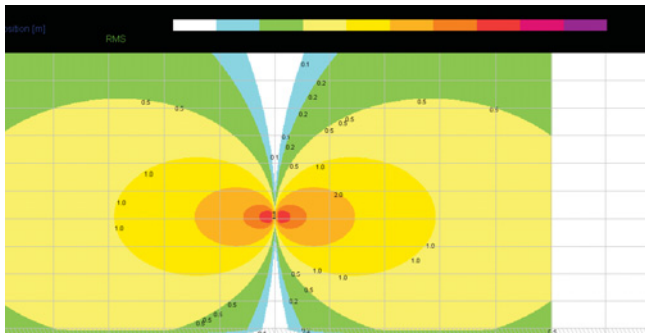
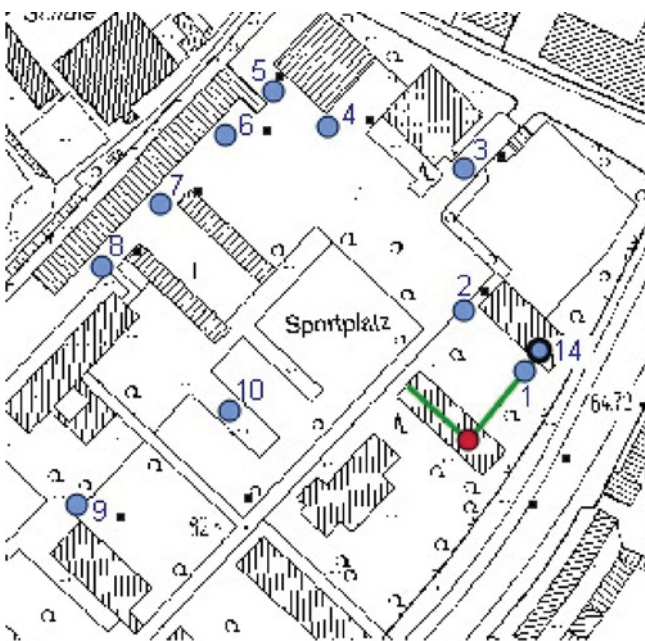


Abbildung 3.4-10: **Simulation des Feldverlaufs in der Umgebung**  
(Quelle: Tetra-Titelbild, Geo)



Nr.	Messort	Sicht- verbindung zur Antenne?	(Sicht-) Abstand (m)	Elektrische Feldstärke (V/m)
1	Eingang Gebäude 1	ja	53	1,24
2	an Laterne neben Gebäude 1	ja/Baum- bewuchs	65	0,336
3	vor Eingang Flachdachgebäude	ja/Baum- bewuchs	195	0,358
4	vor Werkstattgebäude	ja	164	0,41
5	Höhe Tankstelle	nein	193	0,113
6	vor Tor 16	nein	195	0,05
7	vor Tor 6	ja	190	0,369
8	vor Tor 2	ja	205	0,17
9	Sportplatz, Ecke	ja	145	0,486
10	Weg zwischen Sportplätzen auf Höhe Kantinegebäude	ja	112	0,556
11	Ecke Bonhoeffer-/ von Stauffenbergstr.	nein	280	0,048
12	Ecke Stauffenbergstr./ Nierendoffstr.	nein	470	0,027
13	Bonhoefferstr./ Von-Ossietzky-Str.	nein	470	0,008
14	Obergeschoss Gebäude 1	ja	51	1,1

Abbildung 3.4-11a, b: **Messergebnisse an entfernten Messpunkten der Umgebung bis zu einem Abstand von rund 500 Meter** (Die Messorte 11, 12, 13 liegen außerhalb des Kartenbereichs.)

Die vorliegenden Messergebnisse zeigen, dass der Schutz der Bevölkerung vor gesundheitsschädlichen Wirkungen elektromagnetischer Felder durch die sichere Einhaltung der Grenzwerte der Verordnung über elektromagnetische Felder gegeben ist. Aufgrund der Vielzahl der Strahlungsquellen, des schnellen technischen Fortschritts und des öffentlichen Interesses ist die Überwachung in diesem Umweltbereich auch in Zukunft von Bedeutung. Eine sorgsame Beobachtung und Mitgestaltung der Wirkungsforschung ist erforderlich.

Darüber hinaus gibt es für jeden Einzelnen viele Möglichkeiten, die eigene Exposition im persönlichen Umfeld zu begrenzen. Weitergehende Informationen zu diesem Thema findet man in großer Fülle im Internet, z. B. bei den zuständigen Einrichtungen des Bundes (Bundesamt für Strahlenschutz: [www.bfs.de](http://www.bfs.de), Bundesnetzagentur: [www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de), Strahlenschutzkommission: [www.ssk.de](http://www.ssk.de)) und des Landes NRW (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW: [www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de), Umweltministerium NRW: [www.umwelt.nrw.de](http://www.umwelt.nrw.de)) sowie dem Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm ([www.emf-forschungsprogramm.de](http://www.emf-forschungsprogramm.de)).