

Messtechnische Ermittlung hochfrequenter elektromagnetischer Felder an repräsentativen Orten in Schleswig-Holstein

- Kurzfassung -

Erstellt im Auftrag des Staatlichen Umweltamtes Kiel von der Ingenieurgesellschaft für Geowissenschaften und Umwelttechnik, München.

Autor: Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek
Öffentlich bestellter und beeidigter Sachverständiger für das Fachgebiet
"Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (EMVU)"

November 2000

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Aufgabenstellung	3
2	Durchführung der Messungen	4
2.1	Messorte	4
2.2	Grundlage für die Bewertung der Immissionen	6
3	Darstellung der Messergebnisse	7
3.1	Messergebnisse in der Nähe von Sendeanlagen	7
3.1.1	Mobilfunksendeanlagen	7
3.1.2	Rundfunk- und TV-Sendeanlagen	8
3.2	Beispiele für derzeit typische Gesamtimmissionen	9
3.3	Immissionen durch sonstige Quellen hochfrequenter Felder	11
4	Zusammenfassende Bewertung	12

1 Aufgabenstellung

Wissenschaftlich gesichert ist, dass elektromagnetische Felder, wie sie beispielsweise von Rundfunk-, Fernseh-, Radar- und Mobilfunkseudeanlagen abgestrahlt werden, ab einer bestimmten Intensität negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben können.

Der Schutz der Bevölkerung vor diesen Wirkungen elektromagnetischer Felder ist in Deutschland seit Januar 1997 in der Sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) verbindlich geregelt [1]. Die in dieser Verordnung festgelegten Immissionsgrenzwerte basieren auf den aktuellen Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO), der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierenden Strahlen (ICNIRP) sowie des Europäischen Rates [2,3].

Die Intensität hochfrequenter elektromagnetischer Felder wird durch die Feldstärke oder die Leistungsflussdichte beschrieben. Welche Feldstärke- bzw. Leistungsflussdichtewerte an bestimmten Orten auftreten, lässt sich im allgemeinen nur näherungsweise berechnen, da neben der Leistung der Sendeanlage verschiedene andere Einflussfaktoren zusätzlich eine Rolle spielen können. Als Beispiel seien hier Antennencharakteristik, Bewuchs (vor allem Bäume), Bebauung und Gebäudeabschirmung genannt.

Um zuverlässige Aussagen über die elektromagnetischen Felder in der Umgebung einer Sendeanlage treffen zu können, sind daher Messungen häufig unverzichtbar. Ein Vergleich der Messergebnisse mit den gesetzlichen Grenzwerten erlaubt eine objektive Einschätzung der Immissionssituation vor Ort.

Folgender Bericht stellt die Ergebnisse einer im Sommer 2000 durchgeführten Messaktion an repräsentativen Orten in Schleswig-Holstein dar. Grundlage bildet ein zwischen dem Land Schleswig-Holstein als Auftraggeber und der Ingenieurgemeinschaft für Geowissenschaften und Umwelttechnik, München als Auftragnehmer geschlossener Vertrag über die messtechnische Ermittlung elektromagnetischer Felder in Schleswig-Holstein.

Zweck dieser Messungen war es, ein genaueres Bild über Immissionen durch hochfrequente elektromagnetische Felder insbesondere im Wohn- und Aufenthaltsbereich in Schleswig-Holstein zu erhalten. Damit sollen den Immissionsschutzbehörden in Schleswig-Holstein Hilfen an die Hand gegeben werden, die im Hinblick auf den Vollzug der 26. BImSchV die Ermittlung und Bewertung elektromagnetischer Felder vereinfachen. Im Vordergrund stand insbesondere die Beantwortung der folgenden Fragen:

- **In welcher Größenordnung, verglichen mit den Grenzwerten nach 26. BImSchV, liegen die Immissionen in Wohnbereichen, die sich in der unmittelbaren Umgebung von Sendeanlagen für Mobilfunk, Rundfunk oder TV befinden?**
- **Welche typischen Gesamtmissionen ergeben sich im städtischen bzw. ländlichen Umfeld, wenn sich keine Sendeanlage in der unmittelbaren Nähe befindet?**

- **Mit welchem Anteil tragen die durch die verschiedenen Funkanwendungen bedingten Immissionen zur Gesamtimmission bei?**
- **Lassen sich die in den Standortbescheinigungen der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) angegebenen Sicherheitsabstände für Antennen von Mobilfunkbasisstationen messtechnisch bestätigen?**
- **Welche Immissionen werden im Vergleich durch andere Quellen hochfrequenter elektromagnetischer Felder (Handy, Schnurlostelefon, Babyphon, Mikrowellenherd) erzeugt?**

Die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Messungen und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen sind in dieser Kurzfassung des offiziellen Abschlussberichtes zusammenfassend dargestellt.

2 Durchführung der Messungen

2.1 Messorte

Die Messorte wurden in Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Umweltamt Kiel ausgewählt. Um im Rahmen dieser Untersuchung möglichst repräsentative Ergebnisse zu erhalten, wurden Messorte sowohl in Sendernähe als auch in Senderferne, im städtischen und ländlichen Bereich sowie in Gebäuden und im Freien festgelegt. Dabei sind auf Wunsch des Auftraggebers auch Orte berücksichtigt, an denen Bürger Befürchtungen im Hinblick auf mögliche Gesundheitsrisiken durch elektromagnetische Felder geäußert hatten.

Insgesamt betrachtet, ergab die Auswahl der nachstehend aufgeführten Messorte ein relativ breites Spektrum an unterschiedlichen Immissionssituationen:

Messort 1: Öffentliches Gebäude in der Nachbargemeinde einer Großstadt (Mobilfunksender in ca. 200 Meter Entfernung)

- Messung auf dem Parkplatz vor dem Gebäude (Mobilfunk)
- Messung in zwei Räumen im Gebäudeinneren (Mobilfunk)

Messort 2: Einfamilienhaus in der Nachbargemeinde einer Großstadt (Mobilfunksendemast in ca. 250 Meter Entfernung; identisch mit der oben genannten Anlage)

- Messung in einem Zimmer des Hauses (Mobilfunk)

Messort 3: Hochhaus im städtischen Bereich (Mittelwellen-, UKW- und TV-Sendemast in ca. 150 Meter Entfernung)

- Messung auf dem Balkon einer Wohnung im obersten Stockwerk (Mobilfunk, UKW/TV und LMK)

- Messort 4:** Hochhaus im städtischen Bereich
(Mobilfunkantennen auf dem Dach des Hauses)
- Messungen in einer Wohnung im obersten Stockwerk (Mobilfunk) sowie auf dem Dach (Mobilfunk, UKW/TV und LMK)
 - Messungen in einer Wohnung im obersten Stockwerk sowie auf dem Dach des Nachbarhochhauses (Mobilfunk)
- Messort 5:** Innerstädtischer Großparkplatz
(repräsentative Immissionsmessung in städtischer Umgebung; Mobilfunk, UKW/TV und LMK)
- Messort 6:** Einfamilienhaus in ländlicher Umgebung
(Mobilfunksendemast in ca. 250 Meter Entfernung)
- Messung in einem Zimmer des Hauses (Mobilfunk, UKW/TV, DECT)
 - Messungen im Hof (LMK)
- Messort 7:** Feldweg am Ortseingang eines Dorfes (LMK)
(Mittelwellensendanlage in ca. 500 Meter Entfernung)
- Messort 8:** Feldweg in ländlicher Umgebung
(Radaranlage in ca. 1.000 Meter Entfernung)
- Messort 9:** Bauernhof
(Mobilfunksendeantennen auf dem Silo des Nachbaranwesens in ca. 120 m Entfernung)
- Messung in je einem Raum der zwei Wohnhäuser (Mobilfunk)
 - Messung im Garten (Mobilfunk)
 - Messung im Hof des Nachbaranwesens (Mobilfunk)
- Messort 10:** Feld in ländlicher Umgebung
(repräsentative Immissionsmessung in ländlicher Umgebung; Mobilfunk, UKW/TV und LMK)
- Messort 11:** Öffentliches Gebäude im innerstädtischen Bereich
(repräsentative Immissionsmessung in städtischer Umgebung; Mobilfunk, UKW/TV; zusätzlich: Messungen an Handy, Mikrowellenherd, Schnurlostelefon und Babyphon)

- Messort 12:** Einfamilienhaus in ländlicher Umgebung
(Mobilfunksendeantennen auf dem Silo des Nachbaranwesens in ca. 50 m Entfernung; repräsentative Immissionsmessung in ländlicher Umgebung)
- Messung in je einem Raum zweier Einfamilienhäuser in unmittelbarer Nachbarschaft der Sendeanlage (Mobilfunk)
 - Messung im Hof eines der beiden Anwesen (Mobilfunk, UKW/TV, LMK)

Es wurden an jedem Ort Messungen an einem oder mehreren Punkten für verschiedene Immissionsquellen durchgeführt, wodurch sich insgesamt eine Zahl von 40 Einzelmessungen ergab.

2.2 Grundlage für die Bewertung der Immissionen

Zur besseren Übersichtlichkeit und für ein einfacheres Auswerten und Vergleichen der wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Messungen sind in den folgenden Graphiken nicht absolute Feldstärkewerte, sondern bezogene Größen angegeben. Es ist also dargestellt, wie viel Prozent der maximal zulässigen Immissionen durch die betreffenden Felder erreicht werden. Als Bezugsgröße werden die in der 26. BImSchV [1] festgelegten Grenzwerte für die elektrische Feldstärke herangezogen.

Für den Frequenzbereich unter 10 MHz wurde die Grenzwertempfehlung von ICNIRP [2] verwendet, da die 26. BImSchV hierfür bisher noch keine Grenzwerte angibt.

Anmerkung:

Die bevorstehende Novellierung der 26. BImSchV sieht vor, dass auf Grundlage der Grenzwertempfehlungen von ICNIRP auch der Frequenzbereich unter 10 MHz erfasst wird.

3 Darstellung der Messergebnisse

Die an den 12 Messorten durchgeführten 40 Einzelmessungen wurden ausführlich dokumentiert. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen sind in einem umfangreichen Abschlussbericht (der dem Staatlichen Umweltamt Kiel vorliegt) eingehend dargestellt und diskutiert. Die wesentlichen Resultate der Untersuchungen werden im folgenden zusammenfassend wiedergegeben.

3.1 Messergebnisse in der Nähe von Sendeanlagen

3.1.1 Mobilfunksendeanlagen

Das folgende Diagramm gibt die Immissionen der Mobilfunksignale wieder, die an den Messpunkten gefunden wurden, die sich in unmittelbarer Nähe zu Sendeanlagen befinden (Messorte 1, 2, 6, 9 und 12; Abstand zu den Antennen ca. 20 - 250 Meter).

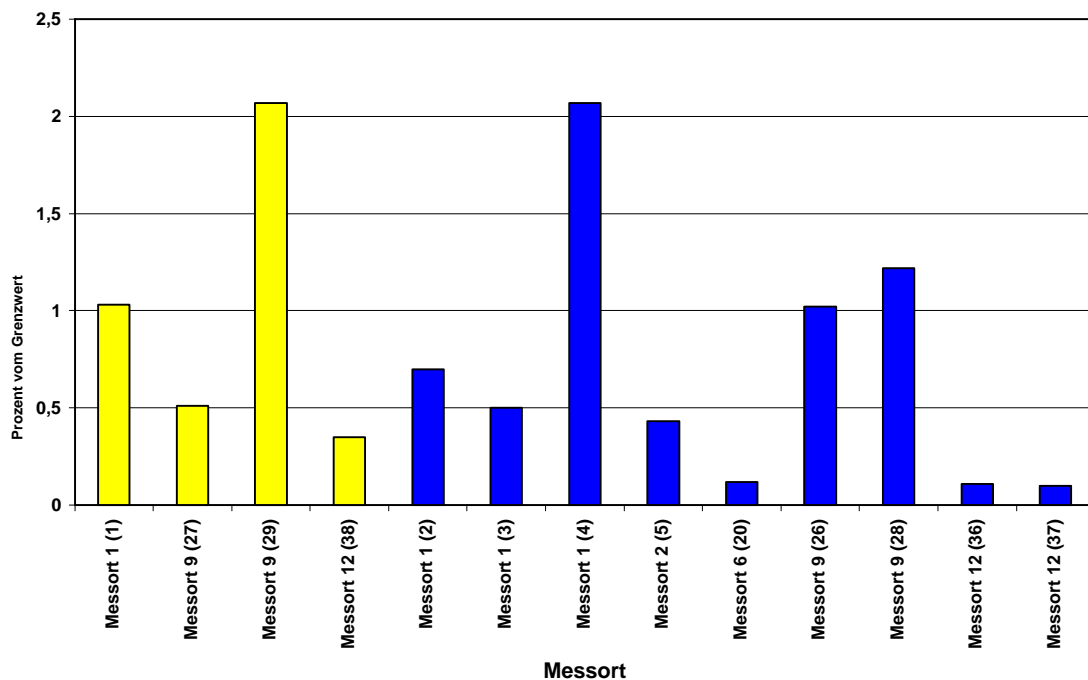


Abb. 1: Immissionen an Orten in unmittelbarer Nachbarschaft zu Mobilfunksendeanlagen: Die linken vier Säulen zeigen Ergebnisse von Messungen im Freien, die anderen Säulen von Messungen in Gebäuden.

Einige Anmerkungen zu Abbildung 1:

- Offensichtlich bleiben auch bei Wohnungen in unmittelbarer Nähe von Mobilfunksendern die Immissionen relativ gering. Die größten festgestellten Werte innerhalb von Gebäuden und im Freien lagen bei ca. zwei Prozent des gesetzlichen Grenzwertes.
- Messung Nr. 2 und Nr. 3 wurden im gleichen Raum durchgeführt. Der Unterschied war nur, dass einmal das Fenster geöffnet (2) und einmal geschlossen (3) war. Man kann aus den Messergebnissen ablesen, dass auch leicht metallbedampfte Thermo-Fensterscheiben die elektromagnetischen Wellen des Mobilfunks dämpfen können (hier um etwa 3 dB, d.h. 30 Prozent bezüglich der Feldstärke).

Zusammenfassend betrachtet zeigen die Messergebnisse, dass die durch Mobilfunksendeanlagen erzeugten Felder an Orten, an denen sich Menschen nicht nur vorübergehend aufhalten, auch bei Vollauslastung der Anlagen die gesetzlichen Grenzwerte bei weitem nicht erreichen. Die größten Felder befinden sich in unmittelbarer Nähe der Antennen, insbesondere im Hauptstrahlungskegel. Um an diese Orte zu gelangen, muss man sich jedoch bis auf einige Meter der Antenne nähern und sich in etwa auf gleiche Höhe wie die Antenne begeben. Obwohl das Staatliche Umweltamt Kiel Messorte ausgesucht hat, die sich möglichst nahe an den Mobilfunkantennen befinden, konnten in keinem Fall im Wohnbereich Feldintensitäten über ca. zwei Prozent des gesetzlichen Grenzwertes gemessen werden.

3.1.2 Rundfunk- und TV-Sendeanlagen

Einige Messpunkte befanden sich in unmittelbarer Nähe zu UKW-Rundfunk-, TV- oder Mittelwellensendern. Die an diesen Orten festgestellten Immissionen sind in folgender Abbildung wiedergegeben:

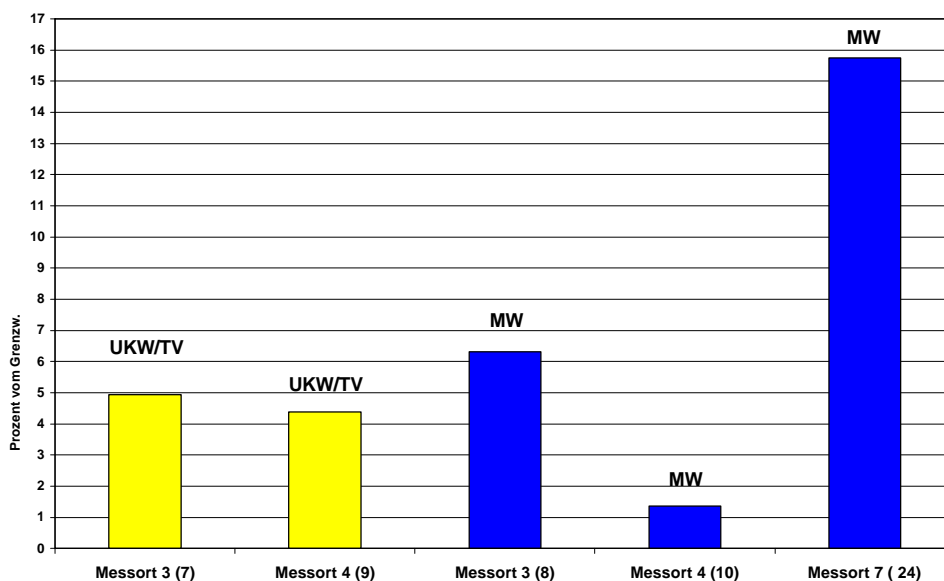


Abb.2: Immissionen durch UKW/TV- bzw. Mittelwellensender

Messungen Nr. 7 und Nr. 8 wurden auf dem Balkon einer Wohnung im 7. Stock eines Hauses in unmittelbarer Nachbarschaft zu einer Sendeanlage für Mittelwelle, UKW und TV vorgenommen (Messort 3). Aufgrund der bei Rundfunk- und Fernsehgrundnetzsendern im Vergleich zum Mobilfunk wesentlich höheren Sendeleistungen ergeben sich auch dementsprechend größere Immissionen. Dennoch wird der gesetzliche Grenzwert deutlich unterschritten.

Die Messungen Nr. 9 und Nr. 10 wurden hingegen in etwa einem Kilometer Entfernung zu dieser Sendeanlage vorgenommen (Messort 4; auf einem Hochhausdach).

Eine weitere Messung fand in ca. 500 Meter Abstand zu einem leistungsstarken Mittelwellensender (Messort 7; Sendeleistung: 300 Kilowatt) statt. Damit erklären sich die dort festgestellten - im Vergleich zu allen anderen Messungen - deutlich größeren Felder.

Die durchgeführten Messungen zeigen, dass Grundnetzsender für Rundfunk und TV aufgrund ihrer großen Sendeleistungen auch noch in einigen Kilometern Entfernung Felder erzeugen können, die über den Werten liegen, die durch Mobilfunksender oder kleine UKW-/TV-Füllsender typischerweise im Umfeld verursacht werden.

3.2 Beispiele für derzeit typische Gesamtmissionen

Kapitel 3.1 dieses Berichtes diente der Darstellung einzelner Immissionen von verschiedenen Quellen. Neben der Betrachtung der Felder von Rundfunk- und TV-Sendern wurde vor allem auf die Immissionen von Mobilfunksendeanlagen eingegangen.

Da nach 26. BImSchV nicht einzelne Immissionen allein für sich betrachtet werden dürfen, ist grundsätzlich die Summe aller an einem bestimmten Ort einwirkenden elektromagnetischen Felder zu bilden. Folgendes Kapitel beschäftigt sich daher mit der Vorstellung und Bewertung typischer Gesamtmissionen durch hochfrequente elektromagnetische Felder. Es wird dargestellt, welchen Beitrag die jeweilige Funkanwendung zur festgestellten Gesamtmission liefert.

An sechs Orten wurden jeweils die Felder von Mobilfunk-, UKW/TV- und Sendeanlagen für Lang-/Mittel- oder Kurzwelle ermittelt und durch normgerechte Addition der einzelnen Immissionen die Gesamtmission bestimmt. Für die Betrachtung der Gesamtmission wurden jeweils drei Orte im städtischen Umfeld und auf dem Land ausgewählt. Die Resultate sind in Abbildung 3 dargestellt

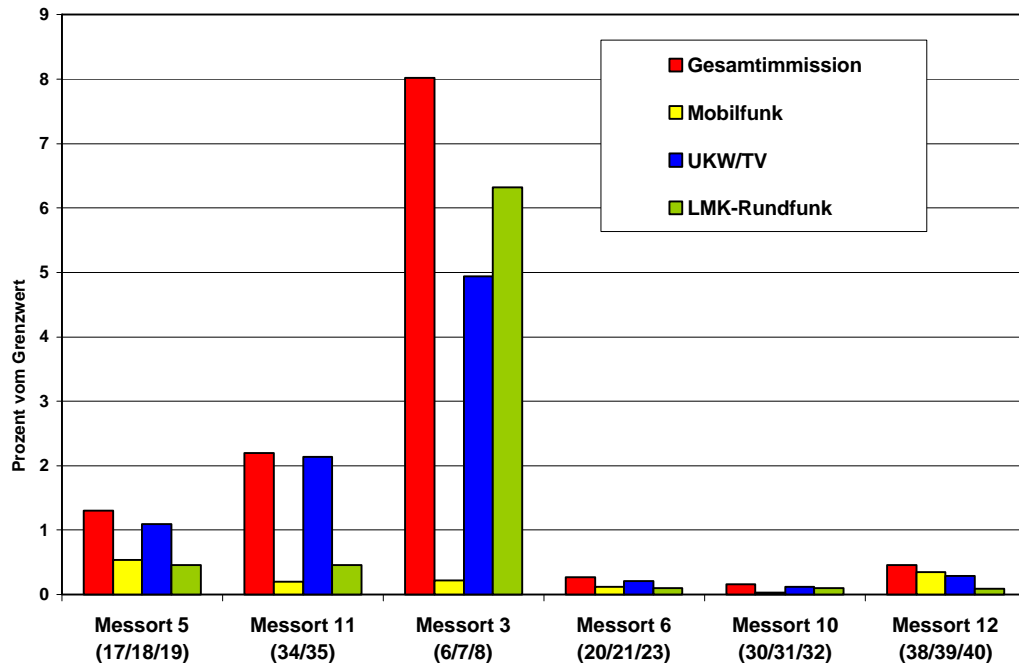


Abb. 3: Beitrag der einzelnen Immissionen durch Mobilfunk-, UKW/TV- und LMK-Sendeanlagen an der Gesamtimmission

Mit Ausnahme der Messungen auf dem innerstädtischen Parkplatz (Messort 5), wurden die Felder an Orten bestimmt, die gemäß 26. BImSchV nicht nur zum vorübergehenden Aufenthalt von Personen bestimmt sind (Wohnung/Grundstück).

Rundfunk- und TV-Sender haben offensichtlich in den meisten Fällen den größten Anteil an der Gesamtimmission, während die Felder des Mobilfunks in der Regel von geringer Bedeutung sind. Die Messungen in extremer Sendernähe (Messort 3) ergaben eine um etwa den Faktor 50 höhere Gesamtimmission als sie in extremer Senderferne (Messort 10) in Schleswig-Holstein typisch gefunden wurde. Dennoch bleibt an Messort 3 die Summe der Immissionen unter 10 % des gesetzlichen Grenzwertes.

Die in Abbildung 3 vorgestellten Immissionen in verschiedenen Gebieten sollten nicht als Durchschnittswerte für entsprechende Regionen verstanden werden. Sie geben beispielhaft typische Unterschiede zwischen verschiedenen strukturierten Regionen und Orten mit stark unterschiedlichem Abstand zu Sendeanlagen wieder. Außerdem wurde mit den Messungen an den Messorten 3 und 10 zwei extrem gegensätzlich exponierte Orte vorgestellt, um die in Schleswig-Holstein vorhandene Spannweite in der Größe der Immissionen zu verdeutlichen.

3.3 Immissionen durch sonstige Quellen hochfrequenter Felder

Als zusätzliche Information zur Bewertung der Immissionen durch elektromagnetische Felder im täglichen Umfeld des Menschen wurden Messungen in der Umgebung einiger heute weit verbreiteter Geräte des täglichen Lebens durchgeführt. Neben Mobilfunkhandy, Funkbabyphon und Mikrowellenherd untersuchten wir auch Feststationen von modernen DECT-Schnurlostelefonen (DECT: **D**igital **E**uropean **C**ordless **T**elephone), die ähnlich wie Mobilfunkbasisstationen permanent Hochfrequenzsignale absenden. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse dieser Überblicksmessungen.

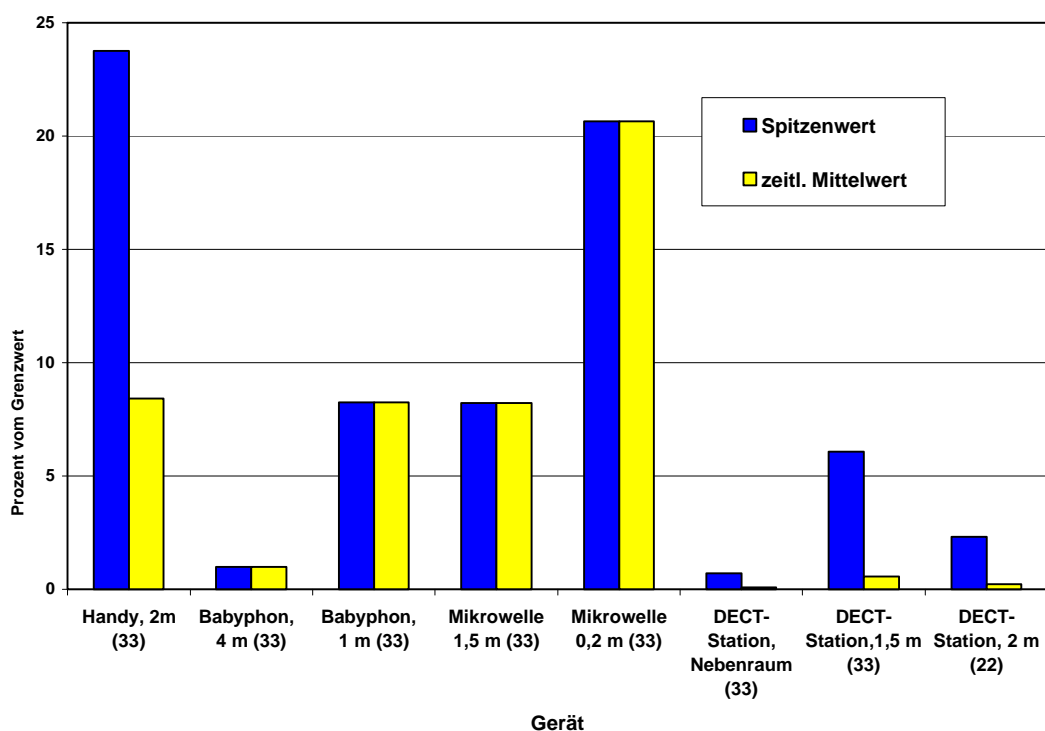


Abb. 4: Immissionen in verschiedenen Abständen von einigen Geräten des täglichen Lebens, die hochfrequente elektromagnetische Felder aussenden

Da sowohl Mobilfunkhandys als auch die Feststationen von modernen Schnurlostelefonen nach DECT-Standard keine zeitkontinuierlichen Signale erzeugen, wurde in Abbildung 4 sowohl der Spitzenwert als auch der über das Puls-Pausenverhältnis errechnete zeitliche Mittelwert dargestellt. Bei dem Funkbabyphon und dem Mikrowellenherd wurde von keinem Unterschied zwischen Spitzen- und Mittelwert ausgegangen.

Die hier festgestellten Immissionen unterschreiten die gesetzlichen Grenzwerte nach 26. BImSchV. Ein Vergleich mit den im Wohnbereich ermittelten Feldern, die durch benachbarte Sendeanlagen verursacht werden (Kapitel 3.1 und 3.2), zeigt aber auch, dass die Immissionen durch diese Geräte in der gleichen Größenordnung oder sogar über den von außen einwirkenden Feldstärken liegen.

4 Zusammenfassende Bewertung

Als wesentliche Ergebnisse der in diesem Kurzbericht vorgestellten Messungen können die folgenden Punkte festgehalten werden:

1. Die gesetzlichen Grenzwerte für elektromagnetische Felder nach der in Deutschland geltenden 26. BImSchV wurden an keinem Messpunkt überschritten.
2. Betrachtet man die Werte für die Gesamtimmissionen durch elektromagnetische Felder in verschiedenen strukturierten Regionen Schleswig-Holsteins, so ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen gering und stark exponierten Orten. Jedoch blieb die Gesamtimmission auch in der am stärksten exponierten Wohnung unter 10 Prozent des gesetzlichen Grenzwertes.
3. Immissionen durch leistungsstarke Rundfunk- und TV-Sendeanlagen sind häufig noch im Abstand von mehreren Kilometern zur Anlage stärker ausgeprägt als die Felder von unmittelbar benachbarten Mobilfunksendeanlagen.
4. Die Immissionen im Wohnbereich, die durch in der Nähe befindliche Mobilfunksendeanlagen verursacht werden, bewegten sich maximal in der Größenordnung von etwa 2 Prozent des gesetzlichen Grenzwertes.
5. Der Raum in unmittelbarer Nähe unter einer erhöht angebrachten Mobilfunksendeantenne ist wesentlich geringer exponiert, als es durch die reine Entfernungsbetrachtung zu vermuten wäre. Ursache dafür ist die starke vertikale Bündelung der Antenne.
6. Ähnliches gilt für Gebäude mit auf dem Dach montierten Mobilfunkantennen. In den Räumen derartiger Häuser lassen sich nur relativ geringe Feldstärken nachweisen. In der Regel gelangen diese nicht direkt vom Dach, sondern als reflektierte Signale (Reflexionen an benachbarten Gebäuden, Bergen oder Bäumen) über die Fenster in das Gebäude.
7. Genauere Messungen in unmittelbarer Nähe der Antennen einer Mobilfunksendeanlage zeigen, dass bei Einhaltung des von der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) berechneten Sicherheitsabstandes, die Grenzwerte nach 26. BImSchV unterschritten werden. Die Rechenmodelle der RegTP erweisen sich als plausibel.
8. Eine pauschale Aussage über die genaue Größe elektromagnetische Felder in der Umgebung einer Mobilfunksendeanlage kann nicht getroffen werden, da die Feldstärke von sehr vielen Faktoren abhängig ist. Solche Faktoren sind beispielsweise Sendeleistung, Antennencharakteristik, Montagehöhe und Neigungswinkel ("Downtilt") der Antennen, Dämpfung durch Bewuchs sowie Entfernung und relative Höhe der Immissionsorte bezüglich der Mobilfunkantenne. Insofern bedarf es stets der Einzelfallbetrachtung.

9. Auch die Immissionen in der unmittelbaren Umgebung von heute weit verbreiteten Geräten, wie Mobilfunkhandy, Funkbabyphon, Mikrowellenherd und Schnurlostelefon, unterschreiten die gesetzlichen Grenzwerte nach 26. BImSchV. Ein Vergleich mit den im Wohnbereich ermittelten Feldern, die durch benachbarte Sendeanlagen verursacht werden, zeigt aber auch, dass die Immissionen durch diese Geräte in der gleichen Größenordnung oder sogar über den von außen einwirkenden Feldstärken liegen.

München, den 20. November 2000

Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek

Literaturverzeichnis

- [1] **Bundesrepublik Deutschland**
"Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV-Verordnung über elektromagnetische Felder)"
Bundesgesetzblatt Jg. 1996, Teil I, Nr.66, Bonn 20.12.1996.
- [2] **International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)**
"Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)"
Health Physics, Vol. 74, Nr. 4, April 1998, S. 494-522.
- [3] **Der Rat der Europäischen Union**
"Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz)"
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L199, 30.07.1999, S. 59 – 70.