

Mobilfunkstrahlung in der Nähe von Sendeanlagen innerhalb von Wohngebieten

Thomas Haumann, Wolfgang Maes

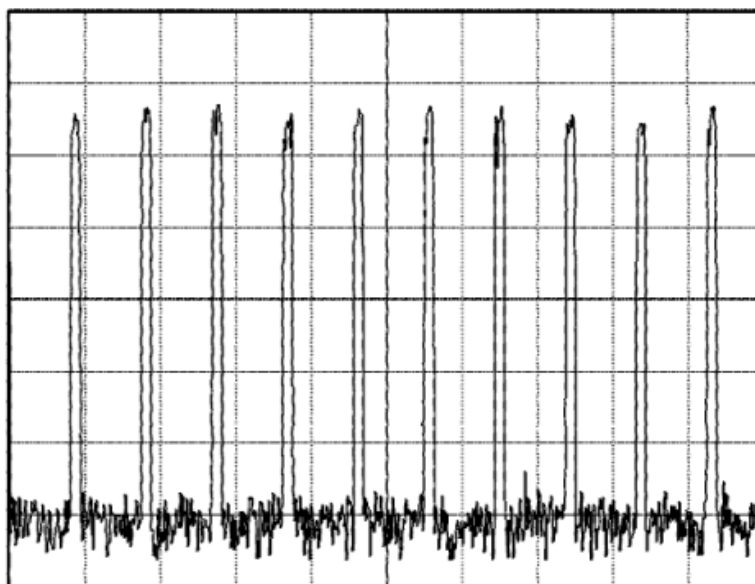
Derzeit werden insbesondere auf dem Gebiet der Mobilfunktechnik technische Fortschritte erzielt, die ohne hinreichende Überprüfung auf ihre biologische Unbedenklichkeit in großem Maße praktische und äußerst gewinnbringende Anwendung finden. Unberücksichtigt bleiben bisher gesundheitliche Auswirkungen unterhalb der direkten Erwärmung des Körpers. Zunehmend zeigen sich in internationalen Studien deutliche Hinweise auf gesundheitliche Risiken in alltagstypischen Strahlungsfeldern des Mobilfunks [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Zur Erfassung der tatsächlichen Strahlenbelastung durch Mobilfunk-Sendeanlagen (Basisstationen) wurden in verschiedenen Städten die Strahlungswerte innerhalb von Wohngebieten und Wohnungen von der Baubiologie Maes, Neuss, gemessen. Einige dieser Ergebnisse wurden bereits in der Verbraucherzeitschrift Öko-Test veröffentlicht [7]. Die Auswertung der Ergebnisse soll an dieser Stelle vorgestellt und im Zusammenhang mit der umstrittenen Grenzwertsituation in Deutschland diskutiert werden.

1. Einleitung

In Deutschland gibt es bereits ca. 40 Millionen D- und E-Netz-Mobilfunktelefonierer, die derzeit betriebenen Mobilfunknetze sind das **D-Netz** (GSM-Standard seit 1992) und das **E-Netz** (DCS-Standard seit 1994). Bei D- und E-Netz handelt es sich um digital **gepulste Mikrowellenstrahlung**. Die Trägerfrequenzen der D- und E-Mobilfunknetze liegen bei 890 bis 960 MHz und 1,8 bis 1,9 GHz bei einem niederfrequenten Puls von ca. 217 Hz für die Mobilgeräte (Handies) und ca. 1700 Hz für die Basisstationen (siehe Abbildungen 1 und 2).

Mobilfunk "Handy", D-Netz
Pulsrate 217 Hz, Frequenz 905 MHz

Intensität in dB



Zeit in 5ms / div.

Abbildung 1: Gemessene Pulscharakteristik von Mobiltelefonen (Handies)

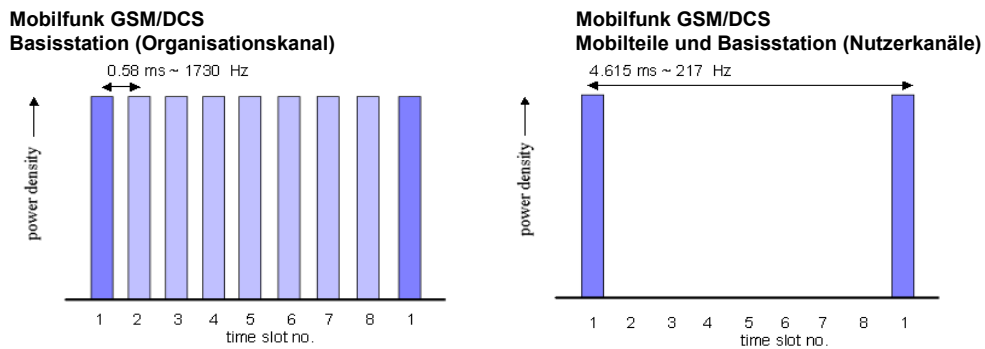


Abbildung 2: Schematische Pulscharakteristik von Mobiltelefonen und Basisstationen

Die zeitlich gemittelte hochfrequente Feldstärke der Mobilfunknetze ist im Vergleich zu den meisten Rundfunk- und Fernsehsendern relativ niedrig, während der Datenübertragung innerhalb der kurzen Pulszeit jedoch vergleichsweise hoch. Die Messwerte der Spitzenwerte unterscheiden sich daher sehr deutlich von der Energieübertragung.

Der neue Mobilfunk-Standard **UMTS** (Universal Mobile Telecommunication System) soll ab 2002 in Betrieb genommen werden. Für UMTS müssen weitere 40.000 - 60.000 Mobilfunksender (Basisstationen) installiert werden, bis 2010 soll eine flächendeckende UMTS-Versorgung vorliegen. Die meisten sind niedriger als zehn Meter und strahlen weniger als zehn Watt Leistung ab. Sie brauchen daher weder eine Bau- noch eine Umweltgenehmigung. Zur Zeit müssen die Betreiber vor der Inbetriebnahme nur eine Mitteilung machen. Die UMTS Sendefrequenzen liegen bei 1,9 - 2,2 GHz und die Systeme sind z.T. ähnlich gepulst wie bei GSM/DCS. Hinreichende Grundlagenforschung in Bezug auf biologische Risiken durch UMTS-Systeme liegt wie bei der Einführung von GSM/DCS-Systemen bisher nicht vor. Die Mobilfunk-Basisstationen werden derzeit noch in unmittelbarer Nähe zu Wohngebieten und direkt auf privaten Hausdächern aufgestellt (siehe Abb. 3).

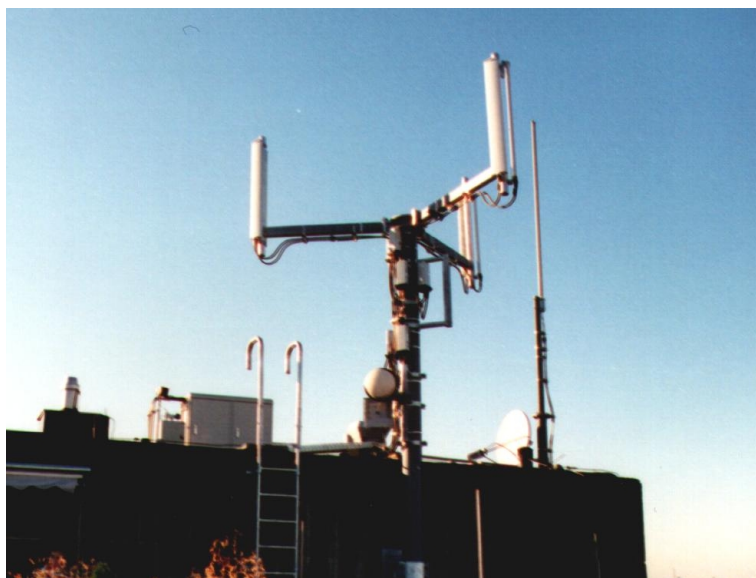


Abbildung 3: Mobilfunk-Basisstation auf einem Hausdach (Bild W. Maes)

2. Messungen von Mobilfunkstrahlung in Wohngebieten

Zur Erfassung der Strahlenbelastung durch Mobilfunk-Basisstationen wurden bundesweit in verschiedenen Städten die Strahlungswerte innerhalb von Wohngebieten und Wohnungen an sendernahen Standorten und bis zu 1500 m Entfernung gemessen. Bei den vorgestellten Messungen wurden Spektrumanalysatoren mit kalibrierten Messantennen eingesetzt, welche die Spitzenleistungen anzeigen und die exakte Zuordnung der gemessenen Werte zu den Sendefrequenzen des Mobilfunks ermöglichen [8, 9]. Die Angabe der Messwerte erfolgt in Strahlungsdichte $\mu\text{W}/\text{m}^2$, hierbei wurden die ermittelten Spitzenwerte der D- und E-Netz Sendeleistungen der Basisstationen aufsummiert (siehe Tabelle 1). Die Sendesignale von Mobilgeräten, schnurlosen Haustelefonen und anderen alltagstypischen Sendern (z.B. Radio, TV) wurden nicht berücksichtigt.

Die Grafik der Abbildung 4 zeigt eine typische HF-Spektrumanalyse einer Messung (beispielhaft hier in Kaarst) im Bereich bis 2000 MHz. Auffallend und dominierend sind die beiden Frequenzbereiche um die D- und E-Mobilfunknetze. Radio- und Fernsehsignale liegen unterhalb von 800 MHz.

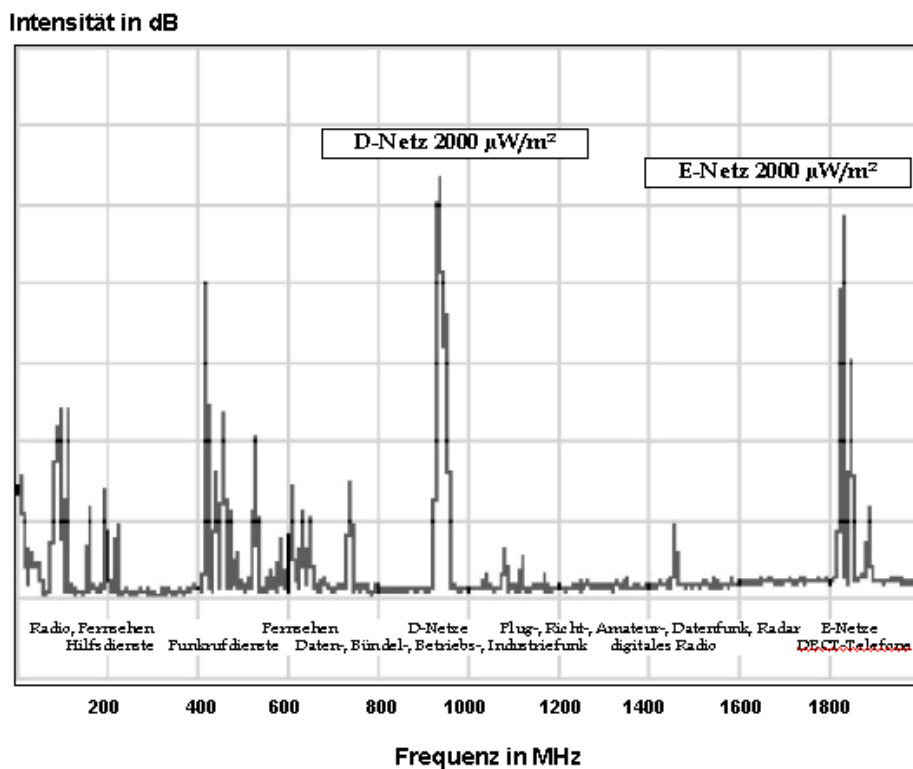


Abbildung 4: Messungen von Mobilfunkstrahlung (Beispiel Kaarst-Zentrum, Nr. 41)

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Messergebnisse mit den zugehörigen Randbedingungen und Messorten aufgelistet, es wurde nach aufsteigender Strahlungsdichte sortiert und in Abbildung 5 graphisch (logarithmisch) aufgetragen.

Tabelle 1: Messungen der Mobilfunkstrahlung innerhalb von Wohngebieten

Nr. Ort	Messpunkt	Abstand zur Basisstation ca. in m	Messwert in $\mu\text{W}/\text{m}^2$	Sichtkontakt	
1	Niederelbert, Zentrum	Einfamilienhaus, Garten	1500	0,01	nein
2	Neuss, Stadtgarten	Jugendstilhaus, Souterrain	500	0,01	nein
3	Neuss, Stadtgarten	Jugendstilhaus, Erdgeschoss	500	0,2	nein
4	Köln, Zentrum	Jugendstilhaus, Parterre-Schlafräum	300	0,8	nein
5	München, Bogenhausen	Wohnhaus mit 5 Etagen, 3. Etage	400	1	nein
6	Wülfrath, Zentrum	Wohnhaus, Wohnung 1. OG	600	1	nein
7	Lübeck, Schlutup	Wohnhaus mit 6 Etagen, 1. Etage	25	1,1	nein
8	Düsseldorf, Flehe	Wohnhaus, Wohnung 1. OG	500	5,3	nein
9	Schnaitsee, Obernhof	Im großen Stall, Eingangsbereich	100	5,5	ja
10	Bergisch Gladbach, Refrath	Mehrfamilienhaus, 2. OG mit Schutzglas	250	5,7	ja
11	Wuppertal, Hofkamp	Gebäude, Büro 4. OG	20	8,2	nein
12	Mettmann, Metzhausen	Wohnhaus, Wohnung EG	350	12,5	nein
13	Rees, Stadtrandsiedlung	Einfamilienhaus, Dachgeschoss	40	20	ja
14	Wuppertal, Hofkamp	Gebäude, Büro 5. OG	30	21	nein
15	Salzburg (A), Zentrum	Mehrfamilienhaus, 3. OG	50	50	ja
16	Düsseldorf, Wersten	Wohnhaus, Wohnung 1. OG	35	52	nein
17	Schnaitsee, Obernhof	Bauernhaus Altenweger, Dachgeschoss	100	65	ja
18	Neuss, Stadtgarten	Jugendstilhaus, Dachgeschoss 3. OG	500	82	nein
19	Wuppertal, Hofkamp	Gebäude, Raum 5. OG	10	108	nein
20	Schnaitsee, Obernhof	Im großen Stall, Fensterfront	100	115	ja
21	Düsseldorf, Ludenberg	Mehrfamilienhaus, 4. Etage	500	160	nein
22	Lübeck, Schlutup	Wohnhaus mit 6 Etagen, 6. Etage	5	200	nein
23	Meerbusch, Büderich	Wohnhaus, Wohnung 1. OG	40	250	nein
24	Schnaitsee, Obernhof	Auf der großen Weide	100	280	ja
25	Brühl, Zentrum	Mehrfamilienhaus, Wohnung 4. OG	25	280	nein
26	Brühl, Zentrum	Mehrfamilienhaus, Wohnung EG	30	300	nein
27	Schnaitsee, Obernhof	Bauernhaus Altenweger, Balkon 1. OG	100	350	ja
28	München, Bogenhausen	Wohnhaus mit 5 Etagen, 3. Etage	400	400	ja
29	Kruikebe (B), Zentrum	Wohnhaus, 1. OG	100	710	ja
30	Bergisch Gladbach, Refrath	Mehrfamilienhaus 3 Etagen, 1. Etage	300	850	ja
31	Lohra, Stadtrand	Gelände für zukünftigen Kindergarten	40	1000	ja
32	Meerbusch, Büderich	Wohnhaus, 1. OG	35	1800	ja
33	Rees, Stadtrandsiedlung	Einfamilienhaus, Dachgeschoss	40	2000	ja
34	Meerbusch, Büderich	Wohnhaus, 1. OG	30	2000	ja
35	Brühl, Zentrum	Mehrfamilienhaus, Wohnung 5. OG	10	2200	nein
36	Brühl, Zentrum	Mehrfamilienhaus, Wohnung 4. OG	20	2500	ja
37	Oberursel, Ortsmitte	Einfamilienhaus, 1. OG	65	2800	ja
38	Westerland, Zentrum	Appartement-Hochhaus, 10. Etage	80	3100	ja
39	Lohra, Stadtrand	Einfamilienhaus, 1. Etage	60	3200	ja
40	Düsseldorf, Zentrum	Geschäftshaus, 5. Etage	300	3800	ja
41	Kaarst, Zentrum	Einfamilienhaus, 1. OG	250	4000	ja
42	Brühl, Zentrum	Vorgarten gegenüber Mehrfamilienhaus	150	4000	ja
43	Haibach-Nord, Stadtrand	Einfamilienhaus, 1. Obergeschoss	55	5200	ja
44	Ratingen, Hösel	* (s.u.)	20	12000	ja
45	Langensfeld, Ortsmitte	Einfamilienhinterhaus, 1. Obergeschoss	45	18300	ja
46	Salzburg (A), Zentrum	Parkplatz zw. W.- u. Geschäftshäusern	20	25340	ja
47	Brühl, Zentrum	Mehrfamilienhaus, Wohnung 5. OG	10	32000	ja

*Messung Nr. 44 ist aus dem Jahr 2000, Anlage wurde 2001 umgebaut: Messwert liegt nun unter $500 \mu\text{W}/\text{m}^2$

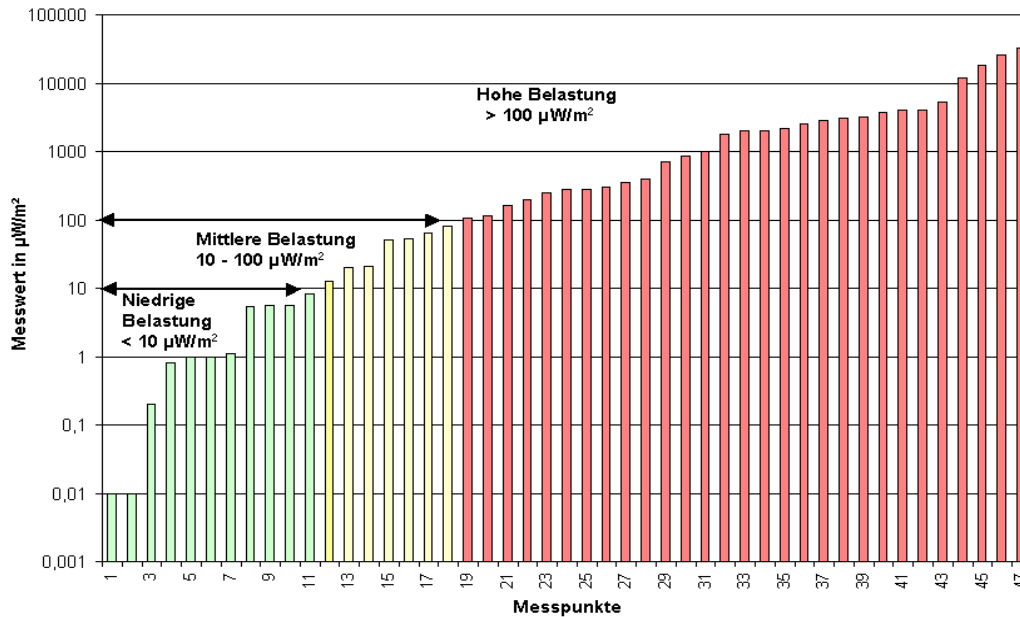


Abbildung 5: Messpunkte und Intensität der Strahlungsdichtewerte

Ausgewertet wurden 47 Messpunkte, die größtenteils innerhalb von Wohnungen in Schlaf- und Wohnbereichen aufgenommen wurden. Durch die logarithmische Auftragung wird bereits deutlich, dass die Strahlenbelastung sehr stark variiert. In einem Abstand von ca. 1500 Meter zur nächsten Mobilfunk-Basisstation wurden die niedrigsten Messwerte um ca. 0,01 µW/m² ermittelt. Innerhalb von 5 bis 500 Meter Entfernung liegt eine breite Streuung vor, ein Maximalwert von 32000 µW/m² wurde in einer Dachgeschosswohnung in ca. 10 m Entfernung zur Basisstation mit Sichtkontakt vorgefunden. Die Messwerte hängen sehr stark von verschiedenen Faktoren ab wie z.B.:

- Abstand zur Sendeantenne
- Sichtkontakt zur Antenne
- Art der Antennen, z.B. Rund-(Stab-) oder Richt-(Sektor-)antennen
- Anzahl und Leistung der Antennen
- Ausrichtung der Antennen
- Auslastung der Basisstation (Anzahl der Teilnehmer bzw. Kanäle)
- Höhe des Messortes vom Boden / Stockwerk
- Bauweise / Fensterglas
- Reflexion der Umgebung

Abbildung 6 zeigt die Messergebnisse in Relation zum Abstand zur Basisstation. Außerdem wurde zwischen Messpunkten mit und ohne Sichtkontakt unterschieden. Hierbei wird aus den angeglichenen Kurvenverläufen deutlich, dass neben dem Abstand auch der Sichtkontakt eine wesentliche Rolle spielt, die Messreihe mit Sichtkontakt zum Sendemast zeigt eine im Mittel um den Faktor 10 höhere Strahlenbelastung. An dieser Stelle wird auch die Verwandtschaft der Mikrowellenstrahlung zu dem elektromagnetischen Spektrum des Lichtes deutlich.

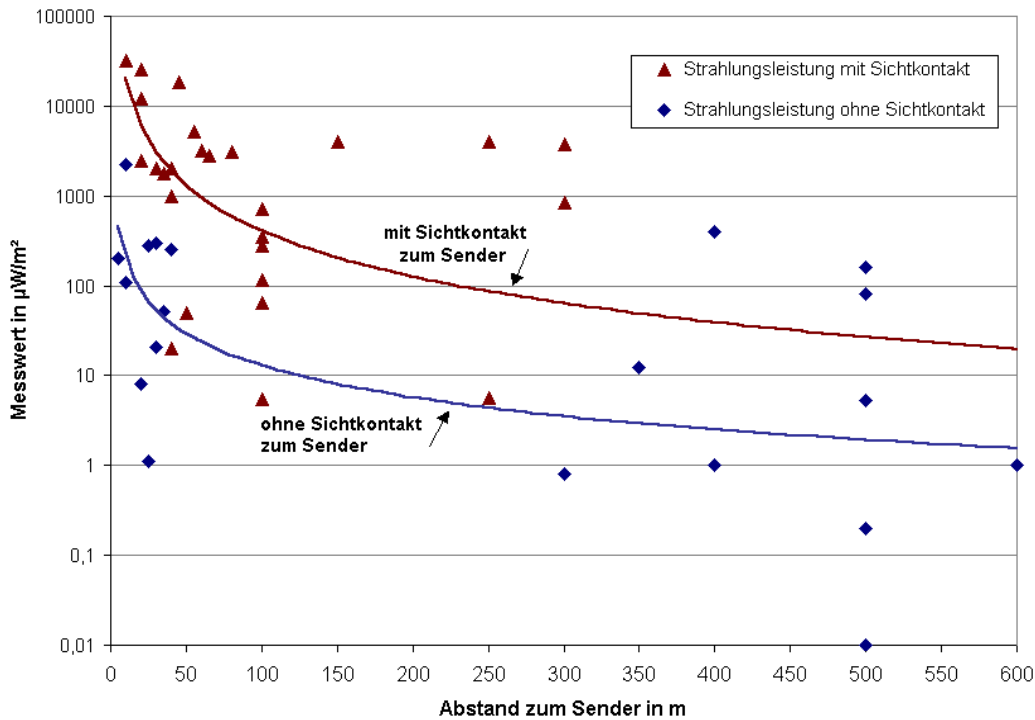


Abbildung 6: Messwerte in Abhängigkeit von Senderabstand und Sichtkontakt

Alle unsere Messwerte liegen - wie zu erwarten war - deutlich unterhalb der Grenzwerte der 26. BImSchV. Die deutlichen Grenzwertunterschreitungen werden auch bereits in umfangreichen Messaktionen der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (Reg TP) dokumentiert, diese liegen im Mittel um den Faktor 100 - 1000 an sendernahen Standorten im Freien [10]. Hierbei wurde jedoch zwischen Mobilfunkstrahlung (gepulst) und analogen Systemen wie z.B. Radio (ungepulst) nicht differenziert. Obwohl die Messungen nicht direkt vergleichbar sind, liegen unsere vorgefundenen Spitzen-Strahlungsdichtewerte der Mobilfunksender in Wohngebieten (Innenraum-Messungen) in Bezug auf die Grenzwertunterschreitung etwa in der gleichen Größenordnung wie die der Messaktionen der Reg TP (Außenmessungen).

3. Bewertung und Grenzwerte

Insgesamt liegen 11 Messpunkte im Bereich niedriger Belastung (Bewertung nach Dr. v. Klitzing, Prof. Käs und W. Maes, siehe Öko-Test) unter $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$, 6 Messpunkte im Bereich mittlerer Belastung zwischen $10 - 100 \mu\text{W}/\text{m}^2$ und 29 Messpunkte im Bereich hoher Belastung über $100 \mu\text{W}/\text{m}^2$. Die hier vorgestellten sendernahen Standorte liegen somit weit über dem bundesdeutschen Durchschnitt. Der Mittelwert der Mobilfunk-Strahlungsexposition in bundesdeutschen Häusern liegt nach mehreren tausend Messungen zwischen $0,01$ und $1 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

Nach den Auswertungen der Messungen muss im Nahbereich (bis zu 100 Meter Senderabstand) und mit Sichtkontakt zum Sender mit Dauerbelastungen über $1000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ gerechnet werden. Nach Dr. L. von Klitzing kann es hier z.B. bereits durch Kurzexpositionen zu signifikanten Hirnstromeffekten (EEG) und Veränderungen des Nervensystems kommen [4, 5]. Ohne direkten Sichtkontakt muss im Bereich von 100 Meter Senderabstand von Belastungen über $100 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ausgegangen werden.

Aufgrund der breiten Streuung ersetzen diese Angaben wegen der hier nicht berücksichtigten weiteren Faktoren keine Messung, sie können jedoch bereits zur Orientierung und Abschätzung der langfristig einwirkenden Strahlenexposition durch Mobilfunk-Basisstationen beitragen.

Das ECOLOG-Institut empfiehlt, beim Bau von Mobilfunkanlagen in der Nähe von Wohnungen, Schulen, Kindergärten, Krankenhäusern und ähnlich empfindlichen Standorten einen Vorsorgewert von 10.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ nicht zu überschreiten. Der Richtwert in Salzburg wurde auf maximal 250 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (Einzelsender) bzw. 1000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (Summenwert aller Basisstationen) festgesetzt [2]. Die Empfehlung von Dr. L. v. Klitzing liegt bei 10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Kritische Wissenschaftler, Baubiologen und Umweltexperten fordern für gepulste Mikrowellen eine Unterschreitung von 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ für die Dauerexposition der Bevölkerung bis zu 0,01 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ in Ruhebereichen.

Der grüne Bundestagsabgeordnete Winfried Hermann erklärte, dass seine Partei nun schärfere Grenzwerte für Mobilfunkstrahlen einführen will [11]. Er schlägt vor, den Grenzwert für die elektrischen Felder in der Nähe der Masten um den Faktor 10 abzusenken - und zusätzlich einen Vorsorgewert für besonders gefährdete Gruppen einzuführen (für Schulen oder Kindergärten). Außerdem sollen die Länder aufgefordert werden im Baurecht vorzuschreiben, dass die Kommunen eine Mitsprache bekommen und ein risikoarmer Standort gesucht werden muss.

Der Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS), Wolfram König, hat im Juli 2001 bereits Handynutzer vor möglichen gesundheitlichen Risiken durch Mobiltelefone gewarnt [12]. Eltern sollten ihre Kinder möglichst von dieser Technologie fern halten. Als Vorsichtsmaßnahme empfahl König generell Telefonate mit dem Handy kurz zu halten. Der BfS-Präsident empfahl ebenfalls für weitere Standortfestlegungen neuer Basisstationen die Kommunen mit einzubinden und die Umgebung von Kindergärten, Schulen und Krankenhäuser zu meiden.

Tabelle 2: Grenzwerte und Empfehlungen für Mobilfunkstrahlung (Stand 07/2001)

Vergleich der Bezugswerte (Elektromagnetische Wellen)	gepulste Mikrowellenstrahlung (Mobilfunk: GSM, DCS1800)
DIN/VDE 0848, (Arbeitsplatz)	10.000.000 – 50.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Elektrosmogverordnung, 26. BImSchV.(1997)	2.000.000 – 10.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
WHO, IRPA	2.000.000 – 10.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Schweiz (900 MHz)	50.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Schweiz (1800 MHz)	100.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Italien	100.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Salzburger Modell, Österreich [15] (2000)	250 - 1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Ecolog Hannover [2], (2000)	10.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
BUND, Deutschland (Ruhebereiche)	500 – 1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Resolution 1999 [13], Deutschland	< 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Resolution 1999 [13], Deutschland (Ruhebereiche)	< 0,01 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Öko-Test [7], niedrige Belastung	< 10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Öko-Test [7], mittlere Belastung	10 - 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Öko-Test [7], hohe Belastung	> 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
SBM 2000, IBN/Maes [14], keine Anomalie	< 0,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
SBM 2000, IBN/Maes [14], schwache Anomalie	0,1 – 5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
SBM 2000, IBN/Maes [14], starke Anomalie	5 - 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
SBM 2000, IBN/Maes [14], extreme Anomalie	> 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Die derzeit in Deutschland gültigen Sicherheitsgrenzwerte liegen für die beim Mobilfunk genutzten Frequenzen seit 1996 bei 4.500.000 und 9.500.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Diese Grenzwerte sind nur darauf ausgerichtet, Erwärmungen des Organismus aufgrund der thermischen Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf ein verträgliches Maß zu begrenzen. Sie sind aus Sicht kritischer Wissenschaftler nicht geeignet, um Gesundheitsrisiken auszuschließen. Die offiziellen Grenzwerte dieser Elektromogverordnung (26.BImSchV.) gilt nur für ortsfeste Funkanlagen. Die Grenzwerte der IRPA (International Radiation Protection Agency) und der WHO (Weltgesundheitsorganisation) gleichen denen der Elektromogverordnung.

4. Diskussion

Die Mobilfunkstrahlung ist nicht nur kritisch durch ihre Intensität (Feldstärke bzw. Strahlungsdichte), sondern besonders auch die Form ihrer Abstrahlungscharakteristik, die niederfrequente Modulation bzw. Pulsung. Die thermische Gefahr der Hochfrequenzstrahlung ist gut erforscht und in der Fachliteratur beschrieben. Arbeiter an Radaranlagen wurden krebskrank, erlitten starke Verbrennungen und es gab Todesfälle. Offizielle Grenzwerte sind jedoch ausschließlich an dem Konzept der Wärmeentwicklung orientiert. In der letzten Zeit häufen sich die Berichte über die gesundheitlichen Gefahren von Mobilfunkstrahlung auch weit unterhalb von thermischen Wirkungen.

Der Medizinerphysiker Dr. Lebrecht von Klitzing (Universität Lübeck), hat herausgefunden, dass gepulste Strahlen, wie sie z.B. bei den D- und E-Mobilfunknetzen vorliegen, Veränderungen der Gehirnströme im EEG verursachen [4, 5]. Ähnliche EEG-Effekte wurden von verschiedenen Forschungsgruppen bestätigt, sie wurden im Labor mit Feldstärken ausgelöst, die im Alltag in der Umgebung von ca. 50 bis 100 Metern von D- oder E-Basisstationen) zu erwarten sind. Im Schlaflabor wurden die EEG Veränderungen noch bis über Stunden nach Ausschalten der Mobilteile festgestellt.

Ärzte konnte zeigen, dass sich rote Blutkörperchen nach wenigen Minuten mobiltelefonieren wie magnetisch anziehen und miteinander verkleben, es zeigt sich eine Art Geldrollenbildung. Wenn solche Blutkörperchen-Zusammenballungen z.B. in kleinste Gefäßverästelungen kommen, dann könnte dieser Effekt eine Herzinfarkt- oder Thrombosegefahr steigern. Australische Wissenschaftler stellten ein Erklärungsmodell auf, wie elektromagnetische Wellen von Handies Krebs auslösen können [6]. Demnach sollen Zellen, die regelmäßig elektromagnetischen Feldern von Handies ausgesetzt sind, vermehrt Hitze-Schock-Proteine produzieren. Ein erhöhtes Maß dieser Proteine steht im Verdacht, Krebs zu begünstigen und die Wirkung von Anti-Krebs-Medikamenten zu dämpfen. Der von den australischen Forschern vorgeschlagene Mechanismus würde auch bei Strahlenbelastungen greifen, die unterhalb der derzeit gültigen Grenzwerte liegen.

In Australien wurde auch über rapide zunehmende Hirntumorerkrankungen berichtet. Die Hirntumorstatistik war lange Zeit recht stabil, sie stieg erst in den letzten Jahren mit der sprunghaften Zunahme von Handybenutzung in die Höhe. Dies deckt sich mit den Beobachtungen der gesteigerten Durchlässigkeit der Blut-Hirnschranke im Einfluss der periodisch gepulsten Mikrowellenstrahlung [1].

In einer epidemiologischen Studie unter Federführung des Universitätsklinikums Essen wurde ein Zusammenhang zwischen der Entstehung von Augenkrebs und dem Gebrauch von Handies festgestellt. Die Ergebnisse der Untersuchung lassen eine ca. Verdopplung des Risikos für diesen Augentumor möglich erscheinen [3].

ECOLOG-Studie

Das ECOLOG-Institut, Hannover, hat im Auftrag der T-Mobil den derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand zu möglichen Auswirkungen der Felder des Mobilfunks auf die Gesundheit ausgewertet und unter dem Gesichtspunkt des vorsorgenden Gesundheitsschutzes bewertet [2]. Die Ergebnisse der umfassenden Studie zeigen, dass es mittlerweile eine Reihe sehr ernst zu nehmender Befunde aus Untersuchungen an stärker belasteten Bevölkerungsgruppen und aus Tierexperimenten gibt, die auf eine krebsfördernde Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder, wie sie beim Mobilfunk benutzt werden, hindeuten.

Experimente an Zellenkulturen ergaben zudem deutliche Hinweise auf eine direkte gentoxische Wirkung dieser Felder, wie DNS-Brüche und Schäden an den Chromosomen. Auf ein kanzerogenes Potential der Mobilfunkfelder deuten auch die Befunde zur Beeinflussung der Zelltransformation, der Zellvermehrung und der Zellkommunikation hin. Nachgewiesen wurden ferner Störungen zellulärer Prozesse, z.B. der Protein-Synthese und der Steuerung durch Enzyme, und Hinweise auf Wirkungen der Mobilfunkstrahlung auf das Hormon- und das Immunsystem. In zahlreichen Versuchen an Menschen wie an Tieren wurden Beeinflussungen des zentralen Nervensystems nachgewiesen, die von neurochemischen Effekten bis zu Veränderungen der Hirnpotentiale und Beeinträchtigungen bestimmter Gehirnfunktionen reichen. Letztere zeigen sich im Tierexperiment u.a. an Defiziten im Lernvermögen. Bei Versuchspersonen, die den Feldern von Mobiltelefonen ausgesetzt waren, wurden Beeinflussungen bestimmter kognitiver Funktionen nachgewiesen. Mögliche Risiken für das Gehirn ergeben sich auch durch die Erhöhung der Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke für Fremd- und potentielle Schadstoffe, die in mehreren Experimenten bei Tieren nachgewiesen wurden, die Mobilfunkfeldern ausgesetzt waren. Im Tierexperiment konnte auch eine deutliche Verminderung der Konzentration des Hormons Melatonin im Blut festgestellt werden.

WHO-Studie

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) führt derzeit ebenfalls eine umfangreiche Studie zum Thema Krebsrisiko durch. Ca. Ende 2003 sollen zumindest Daten zum Mobilfunk-Krebsrisiko beim Menschen vorliegen.

Mobilfunk in Deutschland

Viele Gemeinden stehen vor der schwierigen Aufgabe zwischen den Bedürfnissen nach einem flächendeckenden Mobilfunknetz und den daraus resultierenden Risiken für betroffene Bürgerinnen und Bürger zu vermitteln. Die verschiedenen Interessensgruppen argumentieren sehr unterschiedlich: während die einen das Aufstellen und Einhalten von Grenzwerten fordern, begründen die anderen den notwendigen Handlungsbedarf mit wissenschaftlichen Forschungsergebnissen.

Auf einer Konferenz wurde die Salzburger Resolution zu Mobilfunksendeanlagen vorgestellt und von 19 anwesenden Wissenschaftlern unterzeichnet. Es wird empfohlen, die Situierung und den Betrieb von Mobilfunksendeanlagen an ein Bewilligungsverfahren zu knüpfen [15]. Dabei sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Information und aktive Einbeziehung der Bevölkerung
- Überprüfung mehrerer Standortalternativen
- Vorsorglicher Schutz der Gesundheit und des Wohlbefindens
- Berücksichtigung des Orts- und Landschaftsbildes
- Berechnung und Messung der Exposition
- Berücksichtigung bereits vorhandener hochfrequenter Feldquellen
- Überprüfung und Überwachung nach der Installation

Es wird empfohlen, für bestehende und künftige Mobilfunkanlagen alle technischen Möglichkeiten auszunutzen, um eine möglichst niedrige Exposition der Anrainer zu gewährleisten. Neue Anlagen sind so zu planen, dass die Exposition in Bereichen, wo sich Menschen längere Zeit aufhalten, möglichst gering ist und unter strikter Gewährleistung der Gesundheit der betroffenen Bevölkerung erfolgt.

Die Beurteilung von konkreten biologischen Risiken ausgehend von Mobilfunksendeanlagen ist zur Zeit noch schwierig, zum vorbeugenden Schutz der öffentlichen Gesundheit jedoch dringend erforderlich. Aus der Summe der Erfahrung der baubiologischen Messtechnik, zahlreicher Fallbeispiele betroffener Bürger und den derzeit bekannten biologischen Effekten wird für die gepulsten Immissionen von Mobilfunksendeanlagen ein Vorsorgewert für Spitzenleistungen und Dauerbelastungen von maximal $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$ empfohlen. Den Mobilfunkbetreibern wird nahe gelegt, diesen Vorsorgewert von sich aus einzuhalten und insbesondere Forschung und Entwicklung in moderne und technisch realisierbare Minimierung der von GSM/DCS-Systemen ausgehenden Strahlenexposition der Bevölkerung zu investieren.

-
- 1 Durch die Vielzahl von internationalen Studien kann an dieser Stelle nur auszugsweise zitiert werden, seit 1996 (noch gültige 26. BImSchV. tritt in Kraft) sind u.a. folgende Studien bekannt:
- a) Adey, WR., et. al., (1996), Brain tumor incidence in rats chronically exposed to digital cellular telephone fields in an initiation-promotion model. Bioelectromagnetics Society 18th Annual Meeting, Proceedings, Abstract A-7-3.
 - b) Elekes, E., (1996)., Effect on the immune system of mice exposed chronically to 50 Hz amplitude-modulated 2.45 GHz microwaves, Bioelectromagnetics 1996, 17, 246-8.
 - c) Kwee, (1997), The biological effects of microwave radiation. Abstract in Proceedings of the Second World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine, Bologna, Italy, June 1997.
 - d) Lai, H., and Singh, NP., (1995), Acute low intensity microwave exposure increases DNA single strand breaks in rat brain cells, Bioelectromagnetics 1995; 16, 207-10.
 - e) Lai, H., & Singh, NP., (1996), Single and double strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. Int J Radiat Biol 1996; 69, 513-21.
 - f) Magras, IN., & Zenos, TD., (1997). RF Radiation-induced changes in the prenatal development of mice. Bioelectromagnetics 1997, 18, 455-461.
 - g) Mann, K., et. al., (1996). Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. Neuropsychobiology 1996, 33, 41-7.
 - h) Repacholi, M., et. al., (1997). Lymphomas in $\text{E}\mu\text{-Pim1}$ transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. Radiat Res. 1997, 147, 31-40.
 - i) Salford, (1997), Blood brain barrier permeability in rats exposed to electromagnetic fields from a GSM wireless

- communication transmitter. Abstract in Proceedings of the Second World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine, Bologna, Italy, June 1997.
- 2 Hennies K., Neitzke H.-P. & Voigt H. 2000: Mobilfunk und Gesundheit - Bewertung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes unter dem Gesichtspunkt des vorsorgenden Gesundheitsschutzes. Im Auftrag der T-Mobil. Hannover, April 2000 (ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung, Nieschlagstr. 26, D-30449 Hannover)
 - 3 Stang, A., Anastassiou, G., Ahrens, W., Bromen, K., Bornfeld, N. und Jöckel, K.H., "The possible role of radio-frequency radiation in the development of uveal melanoma" in: *Epidemiology* 2001, Vol, 12, S. 7-12
 - 4 L. von Klitzing "Low-Frequency pulsed electromagnetic fields influence EEG of man." *Physica Medica*, Vol. 11, No. 2, 77-80, April-June 1995.
 - 5 L. von Klitzing in "Elektrosmog - Wohngifte - Pilze, *Baubiologie - praktische Hilfe für jedermann*", Wolfgang Maes, mit Dr. Th. Haumann, Dr. L. von Klitzing, Drs. A. und H.J. Petersohn, P. Sierck, Prof. V. Zahn, 1. Auflage 1999, Haug-Verlag, Heidelberg.
 - 6 French, P. W., Penny, R., Laurence, J. A. & McKenzie, D. R. (2001), Mobile phones, heat shock proteins and cancer. *Differentiation* 67 (4-5), 93-97.
 - 7 Test "Mobilfunk-Sendeanlagen", *Öko-Test* 4/2001, April 2001, Seite 32 - 40.
 - 8 Als Messgerät wurde der Spektrumanalysator "Advantest Typ R 3131" (Messbereich 10 kHz - 3 GHz) der Firma Rohde & Schwarz eingesetzt. Als kalibrierte Messantenne wurde die logarithmisch-periodische Antenne UKLP 9140 (300 - 3500 MHz) mit Kabel Typ F der Firma Schwarzbeck eingesetzt.
 - 9 VDB-Richtlinie, Teil II A 3, Verband Deutscher Baubiologen, VDB e.V. (2000).
 - 10 EMVU-Messaktionen 1996/1997 und 1999/2000, Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (Reg TP), siehe auch unter www.regtp.de.
 - 11 Pressemitteilung "Die Grünen/Bündniss90" vom 29.06.2001 sowie taz Nr. 6485 v. 02.07.2001, S. 3.
 - 12 Bundesamt für Strahlenschutz, Internet Mitteilung (www.bfs.de) und W. König in der Berliner Zeitung vom 31.07.2001.
 - 13 Forderung in Form einer Resolution an Bundesumweltminister Trittin, übergeben am 19.10.1999 im Rahmen einer Veranstaltung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit "Bürgerforum Elektrosmog" in Bonn. Sie wird getragen von Medizinern, Wissenschaftlern, Baubiologen und Initiativen.
 - 14 Standard der Baubiologischen Messtechnik SBM 2000, Richtwerte für Schlafbereiche, u.a. erschienen in "Stress durch Strom und Strahlung, *Elektrosmog, Radioaktivität, Raumklima, Wohngifte, Partikel, Pilze*", Wolfgang Maes, 4. Auflage 2000, S. 542 - 545, Verlag Institut für Baubiologie und Oekologie IBN, Neubeuern.
 - 15 Das Salzburger Model geht auf die beiden 'Internationalen Konferenzen zur Situierung von Mobilfunksendern' 1998 und 2000 in Salzburg zurück. 300 Elektrosmog-Experten aus 23 Nationen reisten aus allen fünf Kontinenten an, und Wissenschaftler, Ärzte und Experten sprachen zum Thema.