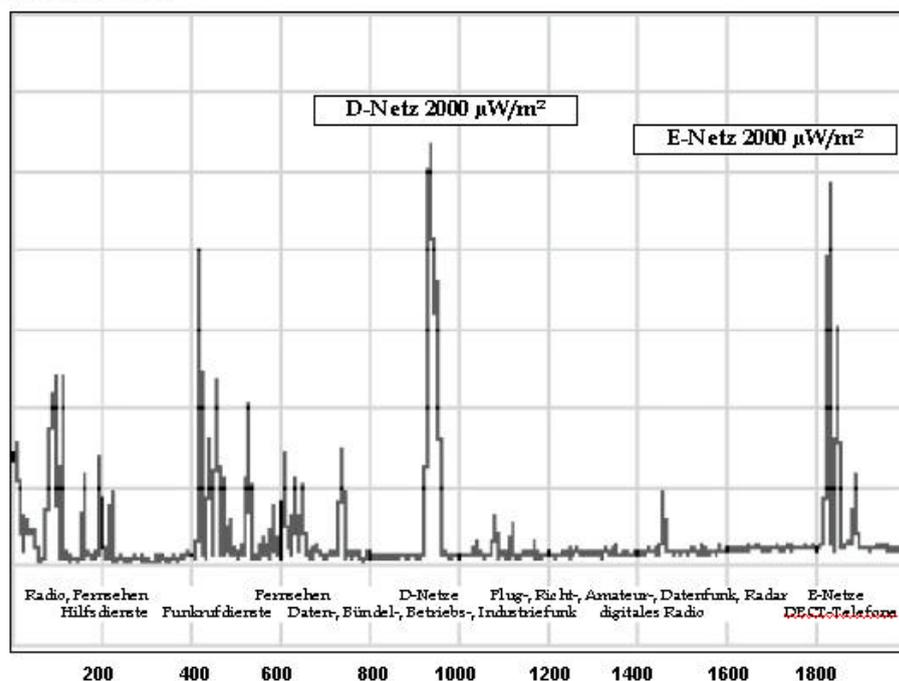


# Prüfbericht **anbus** analytik gmbh

Gesellschaft für  
Gebäudediagnostik  
Umweltanalytik und  
Umweltkommunikation



## Messungen elektromagnetischer Immissionen von Mobilfunksendeanlagen in der Rosenschule, Fürth

# Inhaltsverzeichnis

---

Inhaltsverzeichnis.....	1
Adressen .....	2
Ortstermin.....	2
Anlass der Untersuchung.....	3
Aufgabenstellung.....	3
Messplanung .....	3
Aufbau von Mobilfunksendern .....	3
Vorgehensweise .....	3
Erfassung der Messwerte.....	4
Anmerkungen zu den Messtabellen .....	4
Qualitätssicherung: .....	4
Messwerte .....	5
Grenzwerte .....	8
Grenzwerte der 26. BImSchV für das D- (GSM) und E-Netz (DCS) .....	8
Schweizer Grenzwerte für Mobilfunkstrahlung (Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung in der Schweiz vom 23.12.1999).....	9
Bewertung der gemessenen Strahlungsleistung .....	10

## Adressen

---

<b>Auftraggeber</b>	<b>Stadt Fürth Ordnungsamt Verwaltungsoberratsrat Herr Rothe Schwabacher Str. 170 907444 Fürth</b>
<b>Auftragnehmer</b>	<b>anbus analytik GmbH Gesellschaft für Umweltkommunikation Gebäuediagnostik und Umweltanalytik Mathildenstr. 48 90762 Fürth</b>

## Ortstermin

---

<b>Durchgeführt von</b>	<b>Uwe Münzenberg</b>
<b>Ortstermin am</b>	<b>27.02.2002</b>
<b>Anwesend zum Ortstermin</b>	<b>Uwe Münzenberg und Helga Krause</b>
<b>Untersuchungsauftrag</b>	<b>elektromagnetische Immissionen von GSM-Sendern</b>
<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>Rosenschule in Fürth</b>
<b>Verfasser des Prüfberichtes</b>	<b>Uwe Münzenberg</b>
<b>Datum des Prüfberichtes</b>	<b>19.06.2002</b>

## Anlass der Untersuchung

---

In der Rosenstraße wurde auf dem Dach des gegenüberliegenden Seniorenheimes eine Mobilfunkstation errichtet.

## Aufgabenstellung

---

In der Rosenschule sollen aus Gründen der gesundheitlichen Vorsorge exemplarische Untersuchungen der Mobilfunkstrahlung durchgeführt werden, um Hinweise auf eine mögliche Belastung durch elektromagnetische Immissionen zu erhalten.

## Messplanung

---

*Die durchgeführten Messungen erfolgen nach den Richtlinien des VDB (Entwurf Februar 20023a. Mobilfunk) und in Anlehnung an die Schweizer Messempfehlung für GSM Basisstationen (BUWAL 20.03.2001)*

## Aufbau von Mobilfunksendern

Eine Mobilfunk-Sendeanlage besteht in der Regel aus mehreren sogenannten Basisstationen. Die Basisstationen wiederum benötigen zur Steuerung der verschiedenen Mobilfunkgespräche mehrere spezielle Sende-Kanäle, die sogenannten Organisations- und Verkehrskanäle. Die Organisationskanäle einer Basisstation haben die Aufgabe, jedem Handy „seine“, Mobilfunksstation zuzuweisen. Damit nehmen sie für die Handys vergleichsweise die Funktion eines „Leuchtturms“ wahr, an dem sie sich orientieren können. Der Organisationskanal, sozusagen der Stamm-Frequenzkanal einer Basisstation, sendet ständig - also auch wenn kein Telefonat über die betreffende Basisstation geführt wird mit seiner maximalen Leistung.

Ist der Organisationskanal mit Mobiltelefonaten ausgelastet (i.d.R. können sechs Mobiltelefonate durch einen Organisationskanal abgewickelt werden), so kann die Basisstation einen zusätzlichen, lastabhängigen Verkehrskanal auf einer anderen Frequenz für bis zu acht weiteren Mobilgesprächen öffnen. Ist auch dieser Verkehrskanal belegt, so steht - je nach Konfiguration der Anlage - ggf. ein dritter oder auch vierter Frequenzkanal zur Verfügung. Alle zu einer Basisstation gehörenden Frequenzkanäle - also Organisationskanal und lastabhängige Verkehrskanäle - werden über dieselbe Antenne abgestrahlt. Pro Antenne einer Basisstation können somit maximal 30 Telefonate geführt werden. Eine Mobilfunkstation besteht wiederum in der Regel aus mehreren Organisationskanälen (häufig sind es drei). Die lastabhängigen Verkehrskanäle sind leistungsgeregelt. Jeder Sendekontakt zu einem Handy wird individuell angepasst und nur mit der Leistung gesendet, die zur Aufrechterhaltung einer stabilen Verbindung erforderlich ist.

## Vorgehensweise

---

Hochfrequente elektromagnetische Felder in unserer Umwelt setzen sich aus einer Vielzahl von Signalen von unterschiedlicher Frequenz und Stärke zusammen.

Um die von diesem Signal-Spektrum jeweils hervorgerufenen einzelnen Feldstärken bzw. Strahlungsdichten beurteilen zu können, müssen diese selektiv über eine „Spektrum-Analyse“ gemessen werden.

Mittels eines Spektrumanalysators der Firma Rohde & Schwarz (Advantest R 3131) und einer geeigneten Messantenne (kalibrierte logarithmisch-periodische Antenne der Firma Schwarzbeck, USLP 9143) wurden Frequenz und Empfangspegel der einzelnen am Mess-

ort zu analysierenden HF-Signale festgestellt.

Unter Zuhilfenahme der Kalibrierdaten der verwendeten Messantenne und unter Berücksichtigung der Dämpfung der Messkabel kann damit die am Messort herrschende Feldstärke ermittelt werden. Die richtungsabhängige maximale Feldstärke wird mit Hilfe des Maximalwertspeichers des Spektrumanalysators und durch geeignete Richtungsänderung der Messantenne am Messort ermittelt.

## Erfassung der Messwerte

Um vergleichbare Messwerte zu erhalten, werden die einzelnen Organisationskanäle (so weit feststellbar) unter den Verkehrskanälen herausgefiltert und ihre Stärke gemessen.

## Anmerkungen zu den Messtabellen

### Messwert in $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Hier ist die Strahlungsdichte der einzelnen Organisationskanäle festgehalten. Diese Werte entsprechen einer Dauerbelastung.

Feldstärke und Strahlungsdichte einer hochfrequenten elektromagnetischen Welle sind im sogenannten Fernfeld fest miteinander verknüpft. Im Fernfeld befindet man sich bei Abständen von der Sendeantenne, die deutlich größer als eine Wellenlänge sind, wie dies in der Praxis üblicherweise der Fall ist. Wenn eine der beiden Größen, Feldstärke oder Strahlungsdichte, z.B. aufgrund einer Messung bekannt ist, kann die andere aus diesem Wert berechnet werden

Für die Beurteilung der Intensität von Hochfrequenzsendern wird üblicherweise die Leistungsflussdichte verwendet. Die Leistungsflussdichte in Watt pro Quadratmeter beschreibt die in einer Fläche von einem Quadratmeter fließende Leistungsmenge der durch die elektromagnetische Welle transportierte Hochfrequenzenergie. Die Leistungsflussdichte wird aus der im Fernfeld der Sendeantenne gemessenen Antennenspannung (**Messwert in dBm**) der Frequenz (**Frequenz in MHz**) und dem Antennengewinn abzüglich der Kabeldämpfung (**Gewinn in dBi**) errechnet. Die Strahlungsdichte wird im Prüfbericht in Mikrowatt pro Quadratmeter ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ) und zusätzlich in Nanowatt pro Quadratzentimeter ( $\text{nW}/\text{cm}^2$ ) angegeben. Die elektrische Feldstärke wird in Volt pro Meter bez. in Millivolt pro Meter (**mV/m**) angegeben

### Maximum in $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Multipliziert man die erhobenen Daten mit der Anzahl der möglichen Verkehrskanäle, erhält man die maximale Strahlung durch eine Basisstation für den jeweiligen Messort. Hierbei wird angenommen, dass auf allen zur Verfügung stehenden Kanälen mit voller Leistung gesendet wird. Die Anzahl der Kanäle wurde im Protokoll als Erfahrungswert angenommen, da die Betreiberdaten nicht bekannt waren.

## Qualitätssicherung:

- ⇒ Für den gesamten Messaufbau muss mit einer Messunsicherheit von  $\pm 3$  dB gerechnet werden.
- ⇒ Der eingesetzte Spektrumanalysator wurde vor der Messung auf Funktion, Frequenz- und Amplitudengenauigkeit überprüft.
- ⇒ Die frequenzabhängigen Dämpfungswerte der bei den Messungen eingesetzten Messantenne einschließlich des Messkabels wurden dokumentiert.

## Messwerte

Beschreibung Messort / Sender	Messwert $\mu\text{W}/\text{m}^2$	Messwert $\text{nW}/\text{cm}^2$	Maximal- wert $\mu\text{W}/\text{m}^2$	Feld- stärke $\text{mV}/\text{m}$	Fre- quenz $\text{MHz}$	Mess- wert $\text{dBm}$	Gewinn $\text{dBi}$	Anzahl Kanäle
Rosenschule Z 23 OG/ D-Netz	3,69	0,37	14,75	37,28	945,9	-39,0	6,30	4
Rosenschule Z 23 OG/ D-Netz	1,29	0,13	5,16	22,06	950,3	-43,6	6,30	4
Rosenschule Z 23 OG/ D-Netz	34,55	3,45	138,19	114,13	958,8	-29,4	6,30	4
Rosenschule Z 23 OG/ D-Netz	0,08	0,01	0,30	5,34	959,8	-56,0	6,30	4
<b>Rosenschule Z 23 OG/ Summe D-Netz</b>	<b>39,60</b>	<b>3,96</b>	<b>158,40</b>	<b>122,19</b>				
Rosenschule Z 23 OG/ E-Netz	6,89	0,69	27,56	50,97	1847,8	-43,2	5,20	4
Rosenschule Z 23 OG/ E-Netz	34,62	3,46	138,49	114,25	1850,1	-36,2	5,20	4
<b>Rosenschule Z 23 OG/ Summe E-Netz</b>	<b>41,51</b>	<b>4,15</b>	<b>166,05</b>	<b>125,10</b>				
<b>Summe Mobilfunk Rosenschule Z 23/ 1.OG</b>	<b>81,11</b>	<b>8,11</b>	<b>324,46</b>	<b>247,29</b>				
Rosenschule Direkto- rat/ 1.OG / D-Netz	61,19	6,12	244,75	151,88	945,9	-26,8	6,30	4
Rosenschule Direkto- rat/ 1.OG / D-Netz	1,48	0,15	5,93	23,63	950,3	-43,0	6,30	4
Rosenschule Direkto- rat/ 1.OG / D-Netz	57,34	5,73	229,34	147,02	958,8	-27,2	6,30	4
Rosenschule Direkto- rat/ 1.OG / D-Netz	0,10	0,01	0,38	6,00	959,8	-55,0	6,30	4
<b>Rosenschule Direk- torat/ 1.OG /Summe D-Netz</b>	<b>120,10</b>	<b>12,01</b>	<b>480,40</b>	<b>212,78</b>				
Rosenschule Direkto- rat/ 1.OG / E-Netz	90,84	9,08	363,36	185,06	1847,8	-32,0	5,20	4
Rosenschule Direkto- rat/ 1.OG / E-Netz	0,19	0,02	0,76	8,46	1848,2	-58,8	5,20	4
Rosenschule Direkto- rat/ 1.OG / E-Netz	27,50	2,75	110,01	101,82	1850,1	-37,2	5,20	4
<b>Rosenschule Direk- torat/ 1.OG /Summe E-Netz</b>	<b>118,53</b>	<b>11,85</b>	<b>474,13</b>	<b>211,39</b>				
<b>Summe Mobilfunk Rosenschule Direk- torat</b>	<b>238,63</b>	<b>23,86</b>	<b>954,52</b>	<b>424,18</b>				

## Grenzwerte

Die bekannteste und unumstrittene biologische Wirkung von Hochfrequenzfeldern ist die Wärmewirkung, wie sie z. B. im Mikrowellenherd genutzt wird. Entsprechende Grenzwerte, die Schutz vor Gesundheitsschädigungen durch Wärmeeffekte bieten (thermische Vorsorgewerte), sind in Deutschland in der 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verordnung über elektromagnetische Felder vom 16. Dezember 1996) festgelegt. Die deutschen Grenzwerte basieren auf den Empfehlungen des International Committee for Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).

Zusätzlich zu den thermischen Effekten wird über vielfältige nichtthermische Wirkungen in wissenschaftliche Veröffentlichungen berichtet, die bei wesentlich niedrigeren Feldstärken bzw. Strahlungsdichten auftreten, als sie in der 26. BImSchV festgelegt sind.

Hochfrequente Felder erzeugen bei entsprechend hoher Leistungsdichte eine messbare Erwärmung des biologischen Gewebes. Die ICNIRP steht auf dem Standpunkt, dass im Hochfrequenzbereich nur dann relevante Effekte hinsichtlich der Gesundheit auftreten und sieht dies ab einer Temperaturerhöhung um 1°C bei einer SAR (= spezifische Absorptionsrate, ein Maß für die in Geweben absorbierte Leistung in Watt/kg) von 4 W/kg als gegeben an. Mit einem Sicherheitsfaktor 50 resultiert daraus der Basisgrenzwert für Ganzkörperexposition von 0,08 W/kg.

Da die SAR nur am Phantom gemessen oder simuliert werden kann, erfolgt eine Umrechnung in messbare Größen: Je nach Frequenzbereich (D- bzw. E-Netz) entspricht dies einer elektrischen Feldstärke von 42 V/m bzw. 58 V/m (oft auch als Leistungsflussdichte von ca. 4,5 bzw. 9 W/m<sup>2</sup> angegeben).

### Grenzwerte der 26. BImSchV für das D- (GSM) und E-Netz (DCS)

**Grenzwerte der 26. BImSchV (Bundesgesetzblatt Jahrgang 1996 Teil I Nr. 66, ausgegeben zu Bonn am 20. Dezember 1996) Anhang 1(zu §2)**

Hochfrequenzanlagen (Effektivwert der Feldstärke *und der Leistungsflußdichte*<sup>\*1)</sup>, quadratisch gemittelt) über 6-Minuten-Intervalle

Frequenz in MHz	Feldstärke in V/m	Leistungsflussdichte in W/m <sup>2</sup>
946,0 (GSM)	42,291	4,730
1850,3 (DCS)	59,146	9,252

## Schweizer Grenzwerte für Mobilfunkstrahlung (Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung in der Schweiz vom 23.12.1999)

Die NISV schreibt in Orten mit empfindlicher Nutzung (d.h. Orte an denen sich Personen regelmäßig längerer Zeit aufhalten) für Mobilfunkanlagen vorläufige Werte vor:

Frequenz in MHz	Feldstärke in V/m	Leistungsflussdichte in W/m <sup>2</sup>
900 (GSM)	4,0	0,042
1800 (DCS)	6,0	0,095

### In der Erläuterung zu der Verordnung ist unter Punkt 32 „Schädliche oder lästige Einwirkungen verhindern“ zu lesen:

*Bei den Immissionsgrenzwerten von Anhang 2 handelt es sich um die von der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) im April 1998 publizierten Grenzwerte für die (allgemeine) Bevölkerung. Bei der Erarbeitung dieser Werte stützte sich die Kommission auf biologische Wirkungen, die in experimentellen Untersuchungen wiederholt und reproduzierbar erzeugt werden konnten und die für den Menschen ein Gesundheitsrisiko darstellen. Effekte, aus denen sich nicht eindeutig ein Gesundheitsrisiko ableiten lässt, einmalige oder nicht wiederholbare Befunde sowie insbesondere auch epidemiologische Untersuchungen wurden bei der Grenzwertsetzung durch die ICNIRP nicht berücksichtigt. Die ICNIRP hat zwar bei der Festlegung der Grenzwerte einen Sicherheitsfaktor eingebaut. Dieser bezieht sich jedoch nur auf die von der ICNIRP berücksichtigten, zweifelsfrei nachgewiesenen, schädlichen Wirkungen. Die ICNIRP-Grenzwerte sind somit Gefährdungsgrenzwerte und nicht Vorsorgewerte.*

### Konkret bedeutet dies folgendes:

- Die ICNIRP-Grenzwerte schützen den menschlichen Körper vor einer unzulässigen Erwärmung.
- Die ICNIRP-Grenzwerte berücksichtigen nicht sog. nicht-thermische Wirkungen.

Beispielsweise wurde experimentell beim Menschen eine Beeinflussung des Schlafs bei 14 V/m nachgewiesen. Mäuse entwickelten signifikant häufiger Lymphknotenkrebs unter dem Einfluss von Mobilfunkstrahlung mit einer Intensität im Bereich des ICNIRP-Grenzwertes. Ebenfalls unberücksichtigt blieb der Befund der epidemiologischen Untersuchung beim Kurzwellensender Schwarzenburg, dass Schlafstörungen ab einer mittleren nächtlichen Belastung von ca. 0,4 V/m gehäuft auftraten. Die ICNIRP-Grenzwerte vermögen somit mit Sicherheit Schädigungen im thermischen Wirkungsbereich zu vermeiden. Hingegen können sie den umfassenderen Kriterien des 6. Umweltschutzgesetzes (USG) nicht genügen. Denn das USG verlangt, dass Immissionsgrenzwerte nicht nur nach dem Stand der Wissenschaft, sondern auch nach dem Stand der Erfahrung festgelegt werden müssen. Zudem müssen dabei nicht nur die Wirkungen auf die allgemeine Bevölkerung, sondern auch die Wirkungen auf Personengruppen mit erhöhter Empfindlichkeit, wie Kinder, Kranke, Betagte und Schwangere, berücksichtigt werden...

## Bewertung der gemessenen Strahlungsleistung

---

**An allen Messorten werden die Deutschen sowie die Schweizer Grenzwerte deutlich unterschritten!**

Im Forschungsprojekt „*Elektromagnetische Immissionen von Mobilfunksendern in Wohngebieten*“ werden von AnBUS e.V. Daten zur Hintergrundstrahlung an bisher 215 Messorten (Wohnungen und Freifeldmessungen in einem Abstand von Mobilfunkstationen bis 2000 Meter) erfasst und statistisch ausgewertet. Diese Auswertung gibt Ihnen die Möglichkeit die gemessene Strahlungsdichte mit denen aus dem Forschungsprojekt zu vergleichen.

Die statistische Auswertung zeigt z. B., dass

- In 100 m Abstand zu einer GSM-Mobilfunkstation muss **bei Sichtkontakt** zum Sender im Mittel mit 500 - 1.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  gerechnet werden.
- In 500 m Abstand zu einer GSM-Mobilfunkstation muss **bei Sichtkontakt** zum Sender im Mittel noch mit 50 - 100  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  gerechnet werden.

Nach der statistischen Auswertung liegen

- ca. 10 % der Messpunkte im Bereich unter 10  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ;
- ca. 30 % der Messpunkte im Bereich zwischen 10 - 100  $\mu\text{W}/\text{m}^2$
- ca. 60 % der Messpunkte im Bereich über 100  $\mu\text{W}/\text{m}^2$
- ca. 25 % der **Gesamt-Messpunkte** über 1.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$
- vereinzelte Messpunkte bei 10.000 bis über 100.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$

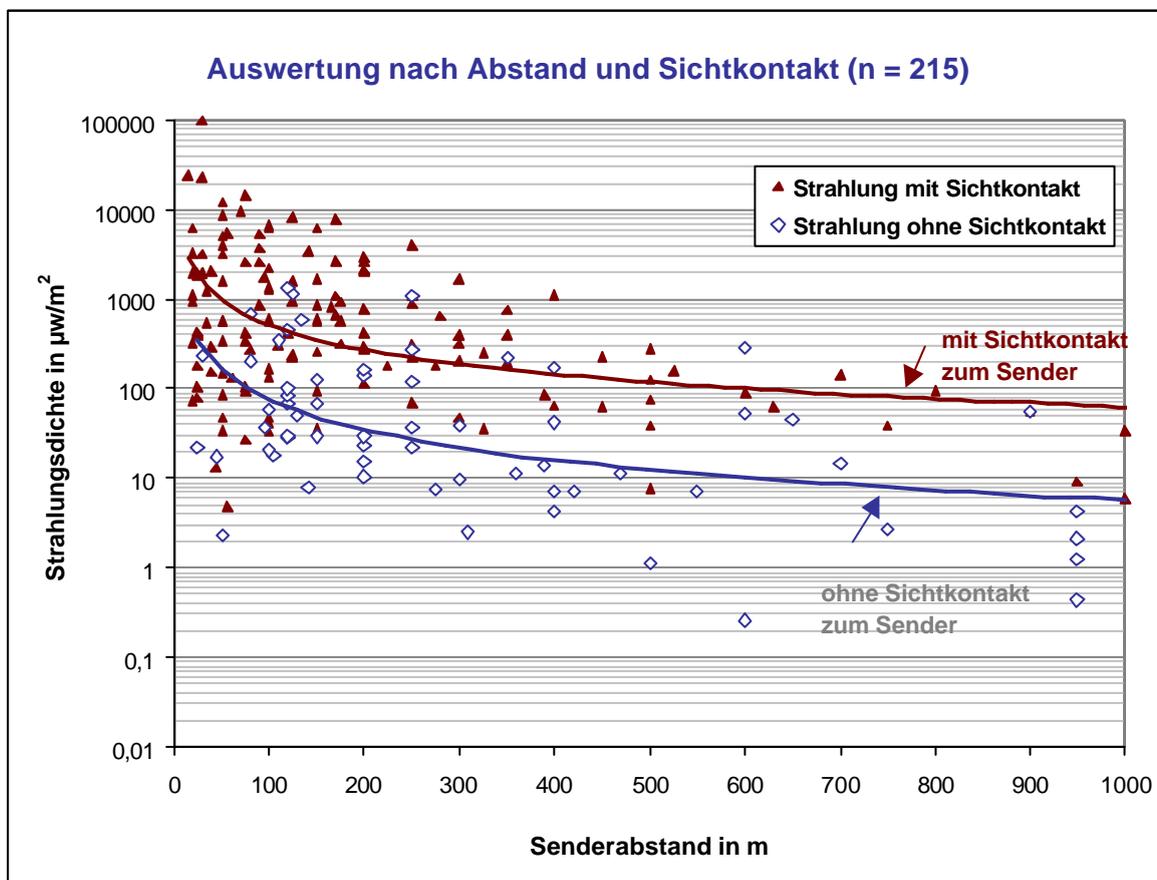
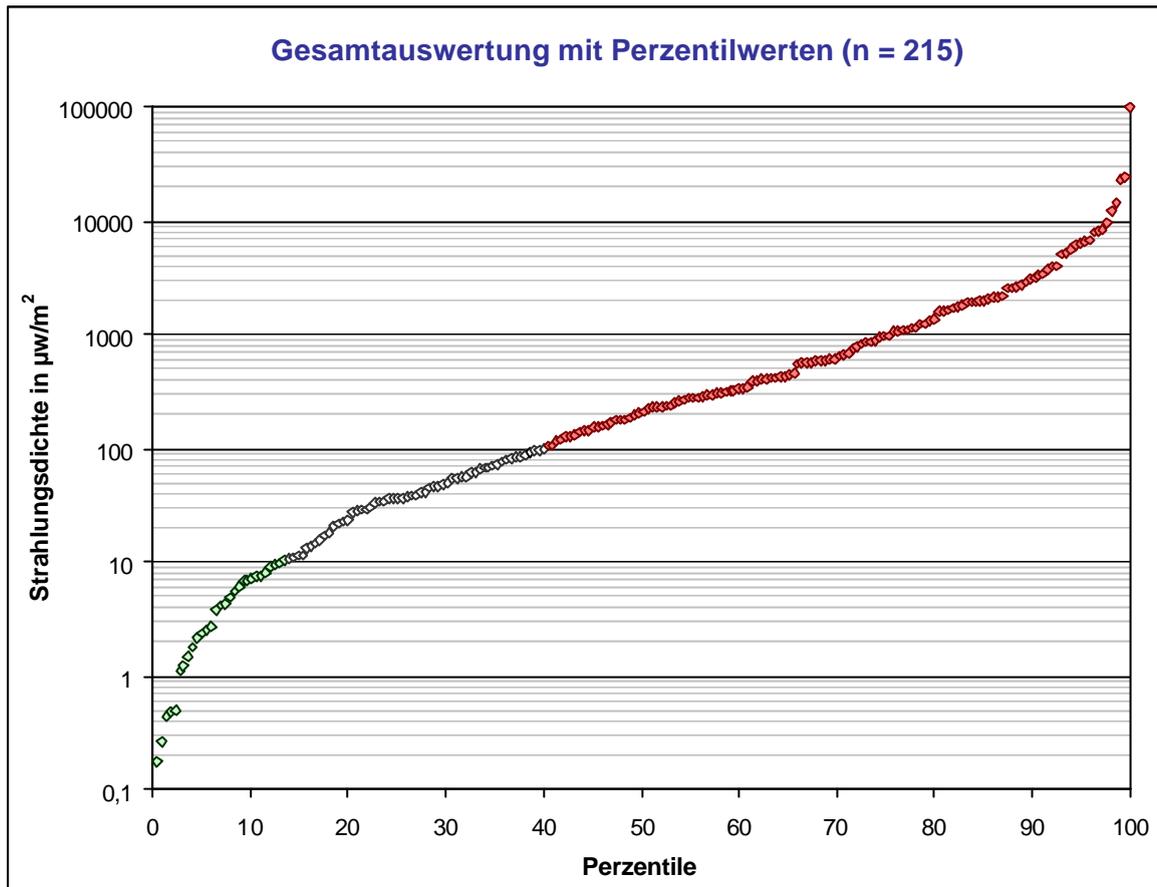
Perzentilwerte der Gesamtauswertung

- Mittlerer Abstand zum Sender 150 m (Median)
- 20. Perzentil: 20  $\mu\text{W}/\text{m}^2$
- 50. Perzentil: 200  $\mu\text{W}/\text{m}^2$
- 90. Perzentil: 3.200  $\mu\text{W}/\text{m}^2$
- 95. Perzentil: 6.300  $\mu\text{W}/\text{m}^2$
- Maximum: über 100.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt die Gesamtauswertung mit Perzentilwerten. Abbildung 2 zeigt die Messergebnisse in Relation zum Abstand zur Basisstation.

Außerdem werden zwischen Messpunkten mit und ohne Sichtkontakt unterschieden. Hierbei wird aus den gemittelten 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 Strahlungsdichte.

Abbildung 1 und 2: Mobilfunkstrahlung in der Nähe von GSM-Sendeanlagen



Vergleicht man die Werte aus der Rosenschule mit den Werten aus dem Forschungsprojekt, so liegen die Werte der Rosenschule im Bereich des 75.-Quartil-Wertes aus dem Forschungsprojekt. Beim Vergleich Abstand zu Messwert liegt die Rosenschule trotz Ihrer Nähe zum Sender noch im guten Mittelfeld.

### **Risikoabschätzung**

Unter Belastung werden objektiv messbare äußere Einflüsse - z.B. physikalischer oder chemischer Art - auf den Menschen in seinem Wohn- bzw. Arbeitsumfeld verstanden.

Eine Belastung kann zu einer gesundheitlichen Schädigung führen; für die Anerkennung des ursächlichen Zusammenhang zwischen einer objektiven Belastung und einer festgestellten Schädigung, wird gefordert, dass sie mit wissenschaftlichen Methoden reproduzierbar nachgewiesen werden kann. Außerdem wird der Nachweis einer quantifizierbaren Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen Belastung und Schädigung gefordert und zusätzlich ein Erklärungsmodell. Dieser Nachweis einer Schädigung nach wissenschaftlichen Kriterien ist üblicherweise Voraussetzung für die Orientierung von rechtlich verbindlichen Grenzwerten.

Bestehen Hinweise und Verdachtsmomente einer Schädigung, die noch nicht in vollem Umfang den wissenschaftlichen Kriterien genügen und daher häufig kontrovers diskutiert werden, so liegt ein Risiko einer möglichen Gesundheitsschädigung vor. Dieses Risiko kann für bestimmte Personengruppen, wie Kinder, Kranke und sensibilisierte Personen höher sein als für den „Durchschnittsbürger“.

Die Einschätzung des persönlichen Risikos, die Bereitschaft es zu tragen oder aber präventive Maßnahmen zur Risikominimierung zu ergreifen, ist daher i.d.R. dem Individuum und seiner Initiative überlassen.

Fürth den 19.06.2002



Uwe Münzenberg  
anbus-analytik GmbH

Ende des Berichts

---