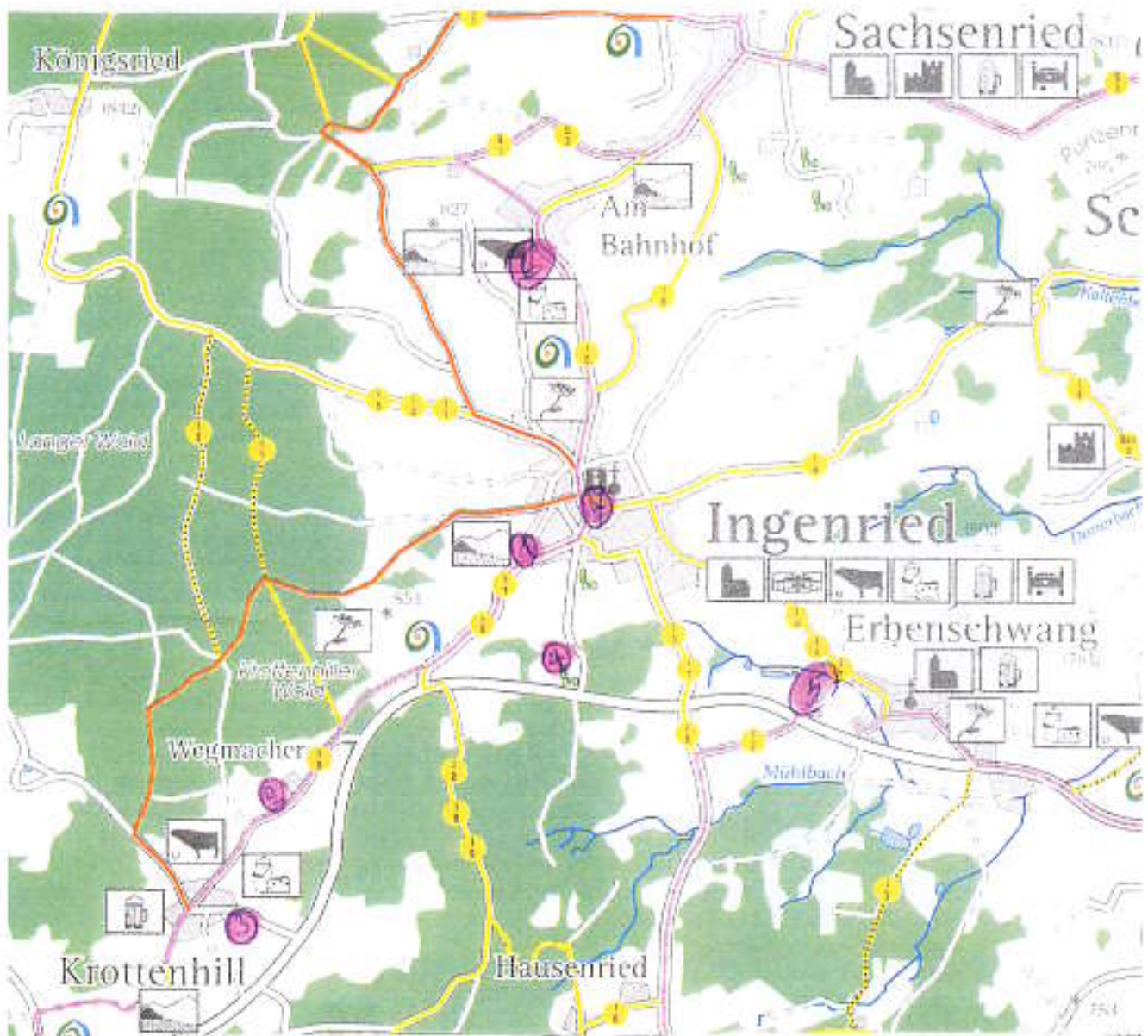


Messungen von Mobilfunksignalen in Ingenried



Dieses Gutachten umfasst 10 beschriebene/bedruckte Seiten.
Auftraggeber war die Gemeinde Verwaltungsgemeinde Altstadt,
Gemeinde Ingenried, Kirchplatz 3.

	Seite
Zusammenfassung	3
<u>1. Messeinrichtungen</u>	4
<u>2. Messwerte, Berechnungen</u>	7
<u>3. Zusammenfassende Bewertung</u>	9

Zusammenfassung

Die Messungen ergeben einen Überblick über die hochfrequenten elektromagnetischen Felder im Gemeindebereich Ingenried. Da die Grenzwerte nach der 26. BImSchV. allgemein als deutlich zu hoch angesehen werden und viele Hinweise auch von der „Untersuchung zum Einfluss elektromagnetischer Felder von Mobilfunkanlagen auf Gesundheit, Leistung und Verhalten von Rindern“ des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen vom Dezember 2000 gesundheitliche Beeinträchtigungen weit unterhalb dieser Grenzwerte nicht ausschließen können, werden maximale Leistungsdichtewerte unter $1000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ (= BMW-Standard), das entspricht in der früher verwendeten Einheit einem Wert von $100 \text{ nW}/\text{cm}^2$ (= 1. Salzburger Vorsorgewert), als Richtwerte (Obergrenze, im Freien) empfohlen, in der Wohnung 10 %, also etwa $100 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

Eine Bewertung der einzelnen Messverfahren mit natürlich unterschiedlichen Ergebnissen (Spitzenwertmessung, Mittelwertmessung, gespeicherte (nacheinander auftretende) Messwerte gibt die Zusammenstellung auf Seite 8.

Fazit

Da der höchste Messwert in Freien deutlich unter $20 \mu\text{W}/\text{m}^2$ liegt, wird der empfohlenen Vorsorgewert von $1000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ an allen Messpunkten weit unterschritten.

Pfaffenhofen a.d. Ilm, den 24. Oktober 2006


Prof. G. Käs
Ingenieurbüro für Radarmesstechnik
Gritschstr. 72
85276 Pfaffenhofen/Ilm

1. Messtechnik und Messeinrichtungen

Die Messungen werden entsprechend den Empfehlungen

Mobilfunk-Basisstationen (UMTS-FDD) – Messempfehlung des BAFU (früher BUWAL, Bundesamt

für Umwelt, Wald und Landschaft) vom 17.9.2003 und

RegTp NV 09/EMF/3 (heute: Bundesnetzagentur) Messvorschrift für bundesweite EMVU-Messreihen der vorhandenen Umgebungsfeldstärken vom Februar 2003 durchgeführt.

Gemessen wird bedarfsabhängig mit bis zu 4 Messsystemen im HF-Bereich:

1. Breitbandig mit Rundcharakteristik mit der HF-Sonde HFR-1, die vorwiegend die Summenstrahlung richtungsunabhängig aber gemittelt erfasst, zur Kontrolle, mit welchen Feldstärken in etwa zu rechnen ist.
2. Bandselektiv für GSM950, GSM 1850, DECT, UMTS und WLAN mit dem Detektor-Empfänger HFA-3, richtungsabhängig und gemittelt in den einzelnen Bändern
3. Frequenzselektiv
 - 4.a mit dem Spektrumanalysator R4131C der Fa. Advantest bzw. ifr 2394 oder
 - 4.b mit einem selektiven Empfänger und der linear polarisierten log.-per. Antenne HL015 mit einem Frequenzbereich von 0,4 bis 2,5 GHz oder der ebenfalls linear polarisierten log-per. Antenne HA 226/582/50 mit einem Frequenzbereich von 1 GHz bis 15 GHz der Fa. R&S
4. Frequenzselektiv in 5 MHz-Abschnitten mit einem selektiven Empfänger, liefert die Amplitude und die Bandbreite einzelner Signale
5. Netzfrequenz und NF-Signale
MASCHEK NF-Messsystem für elektr. und magn. Felder

Soweit erforderlich werden in den angegebenen Frequenzbereichen mit dem Plotter R9833 die Signale einzeln in Abhängigkeit von der Frequenz erfasst. Damit sind die Signale zu identifizieren und in ihrer Größe bekannt.

Damit können die Messergebnisse in Plots dokumentiert werden.

Mit dem Spektrumanalysator werden je nach Messzeit nur der Basiskanal aufgezeichnet oder, bei entsprechenden längeren Messzeiten, eine Reihe weiterer Kanäle, zur Demonstration der gesprächsabhängigen Belastung.

Der Gewinn G der Messantenne HL015 beträgt 8 dBi. Die Leistungsflussdichte S wird dann mit der gemessenen Leistung P und der Wirkfläche der Antenne A

$$A = G\lambda^2/4\pi$$

für eine Wellenlänge

$$\lambda = 12,5 \text{ cm (WLAN, 2,4 GHz)}$$

$$\lambda = 16,7 \text{ cm (DCS 1800, DECT)}$$

$$\lambda = 31,6 \text{ cm (GSM 900)}$$

$$\lambda = 75 \text{ cm (400 MHz)}$$

mit der Beziehung

$$S = P/A$$

berechnet.

Damit entsprechen einschl. der Kabeldämpfung für die Antenne HL015:

$$-30 \text{ dBm} = 104 \mu\text{W/m}^2 = 10,4 \text{ nW/cm}^2 = 200 \text{ mV/m} \quad \text{e-Netz}$$

$$-30 \text{ dBm} = 29,2 \mu\text{W/m}^2 = 3 \text{ nW/cm}^2 = 106 \text{ mV/m} \quad \text{D-Netz}$$

$$-30 \text{ dBm} = 5,3 \mu\text{W/m}^2 = 0,53 \text{ nW/cm}^2 = 45 \text{ mV/m} \quad (400 \text{ MHz})$$

Da für jede Antenne mit ihren spezifischen Kennwerten die Werte sich ändern lauten sie für die Antenne HA/ 226/582/50 mit einem Leistungsgewinn von 10 dBi und der Kabel-/Steckerdämpfung

$$-30 \text{ dBm} = 125 \mu\text{W/m}^2 = 12,5 \text{ nW/cm}^2 = 217 \text{ mV/m} \quad (2,4 \text{ GHz, WLAN})$$

$$-30 \text{ dBm} = 70 \mu\text{W/m}^2 = 7 \text{ nW/cm}^2 = 162 \text{ mV/m} \quad (1,8 \text{ GHz, e-Netz})$$

$$-30 \text{ dBm} = 20 \mu\text{W/m}^2 = 2 \text{ nW/cm}^2 = 86 \text{ mV/m} \quad (\text{GSM 900, D-Netz})$$

zur Umrechnung der ermittelten Pegel, wenn sie in den Plots dokumentiert sind, in Leistungsflussdichten bzw. Feldstärken.

Da die Umrechnungsfaktoren von dBm in die Leistungsflussdichten ($\mu\text{W/m}^2$) und/oder Feldstärken (mV/m) frequenzabhängig sind, sind nicht die größten Spitzen in den Pegeldiagrammen (Plots) auch die größten Messwerte.

Die Werte, nach o.a. Schema berechnet, sind im nächsten Abschnitt zusammengestellt. Die Bewertung hinsichtlich ihrer biologischen Wirksamkeit sind unter Punkt 4 zusammengestellt.

Einige Werte der Leistungsdichte S und ihre entsprechenden Feldstärkewerte in mV/m

S in $\mu\text{W}/\text{m}^2$	E in mV/m
10000	1940
5000	1370
2000	870
1000	614
500	434
200	274
100	194
50	137
20	87
10	61
5	43
2	27
1	19

Weitere Werte können einfach durch Extrapolation gewonnen werden.

Die Umrechnung der Messwerte aus der Einheit mV/m in $\mu\text{W}/\text{m}^2$ erfolgt nach der Beziehung

$$(X \text{ mV/m})^2/377 = Y \mu\text{W}/\text{m}^2$$

Die Umrechnung von dB $\mu\text{V}/\text{m}$ nach mV/m erfolgt mit

$$\text{alog}[(X \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m} - 60):20] = Y \text{ mV/m}$$

Messwerte als Prozentwerte vom Grenzwert zeigt die untenstehende Tabelle. Da oft GSM 950 und GSM 1800 an einem Standort vereint sind, werden oft nur die geringfügig höheren Werte für GSM 1800 (bzw. 2 GHz) angegeben.

1 mW/m² = 1 % vom GSM 1800-Grenzwert

2 = 1,4 %

5 = 2,2 %

10 mW/m² = 3,1 %

20 = 4,4 %

50 = 7 %

100 mW/m² = 9,9 %

$$\sqrt{X \mu\text{W} \cdot 377} : 1000 : 62 = Y \text{ in \% vom Grenzwert}$$

2. Messwerte

Gemessen wurde an 7 verschiedenen Messpunkten im Freien.

Messtag war der 12. Oktober 2006

Wetter: sonnig, Temperatur: 17° C.

Messpunkt 1: Markt-Oberdorfer-Straße AnwesenZwick

Messung mit dem HFR-1 Gesamtsumme der einfallenden Signale, nicht nur Mobilfunk.

(richtungsunabhängige Summenstrahlung)

Ort	Messwert ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)
Neben der Straße	17

Tab. 1: Messwerte (Sehr kleine Werte unter $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$ sind mit <10 angegeben)

Messung mit dem HFA-3

GSM-D	GSM-E	DECT	UMTS	WLAN
1,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	<1	---	---	<1

Tab. 2 (richtungsabhängige Mobilfunkstrahlung)

Messung der spektralen Verteilung

920 MHz	930 MHz	940 MHz	1880 MHz	1890 MHz	1900 MHz
85 dB $\mu\text{V}/\text{m}$	86 dB $\mu\text{V}/\text{m}$	85 dB $\mu\text{V}/\text{m}$	72 dB $\mu\text{V}/\text{m}$	72	72
0,8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	0,8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	<1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	<1	<1

Messpunkt 2: Beim Wegmacher

Messung mit dem HFA-3

GSM-D	GSM-E	DECT	UMTS	WLAN
<1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	<1	---	---	---

richtungsabhängige Mobilfunkstrahlung

Messpunkt 3: Krottenhill

Messung mit dem HFA-3

GSM-D	GSM-E	DECT	UMTS	WLAN
0,5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	3,6	<1	<1	---

richtungsabhängige Mobilfunkstrahlung

Messpunkt 4: Sportplatz

Messung mit dem HFA-3

GSM-D	GSM-E	DECT	UMTS	WLAN
5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	<1	---	---	---

richtungsabhängige Mobilfunkstrahlung

Messpunkt 5: Erbenschwang-West

Messung mit dem HFA-3

GSM-D	GSM-E	DECT	UMTS	WLAN
----	<1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	----	----	----

richtungsabhängige Mobilfunkstrahlung

Messpunkt 6: Am Bahnhof

Messung mit dem HFA-3

GSM-D	GSM-E	DECT	UMTS	WLAN
<1	1,7 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	----	----	----

richtungsabhängige Mobilfunkstrahlung

Messpunkt 7: Kindergarten

Messung mit dem HFA-3

GSM-D	GSM-E	DECT	UMTS	WLAN
----	1,2 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1,2 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	----	----

richtungsabhängige Mobilfunkstrahlung

Zur Orientierung sind die deutschen Grenzwerte und der empfohlene Vorsorgewert zusammengefasst:

Mobilfunk	26. BImSchV	empfohlener Vorsorgewert
Frequenz 1800 MHz	9 000 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1000 $\mu\text{W}/\text{m}^2 = 614 \text{ mV}/\text{m}$
Frequenz 950 MHz	4 750 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1000 $\mu\text{W}/\text{m}^2 = 614 \text{ mV}/\text{m}$

Deutsche Grenzwerte und 1. Salzburger Vorsorgewert (im Freien!, in Innenräumen ca. 10 % davon, also 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)

3. Zusammenfassende Bewertung

Grundlage für die Bewertung der Strahlung der Mobilfunksender sind die vor Ort an vorgegebenen Punkten ermittelten Meßwerte einerseits und die sowohl in der Literatur beschriebenen als auch in Feldversuchen ermittelten Reaktionen von Menschen auf Strahlenbelastung geringer Intensitäten im hochfrequenten Bereich.

Richtlinien, Grenzwerte: Als Leitlinie wird der früher sog. „Salzburger Vorsorgewert“ zu Grunde gelegt, weil er nicht nur thermische Wirkungen berücksichtigt, wie die deutsche 26. Bundes-Immissionschutzverordnung von 1997 sondern auch eine Vielzahl biologischer Reaktionen ebenso wie den Einfluß der Pulsmodulation, die in unserer 26. BImSchV erst ab einem Puls-Pausen-Verhältnis $> 1:1000$ berücksichtigt wird. Da es nicht nur eine Vielzahl von Berichten über Beschwerden Betroffener gibt, auch wenn der wissenschaftliche Nachweis bisher nicht sicher ist, die durch Strahlungsdichten auftreten, die deutlich unter den Grenzwerten der 26. BImSchV liegen, sondern auch Hinweise aus dem Bericht des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, veröffentlicht im Dezember 2000, „Untersuchungen zum Einfluss elektromagnetischer Felder von Mobilfunkanlagen auf Gesundheit, Leistung und Verhalten von Rindern“ die zeigen, dass auch bei sehr geringen Intensitäten (1 Millionstel des Grenzwertes der 26. BImSchV, das sind $5 \mu\text{W}/\text{m}^2$) von Mobilfunksendern gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht auszuschließen sind. Der Salzburger Vorsorgewert (heute: BMW-Standard) liegt bei rund dem Faktor 10000 unter den Deutschen Grenzwerten! Interessant daran ist, dass dieser Wert das Telefonieren mit Mobiltelefonen nicht beeinträchtigt, dass dieser Wert, der von der Salzburger Landessanitätsdirektion mit den Betreibern der Mobilfunksender ausgehandelt wurde und heute ein Wert ist, der von den Bayerischen Motorenwerken (BMW) als verbindlicher Vorsorgewert für alle BMW-Werke festgelegt wurde, ein Fall der allgemein angestrebt werden sollte.

Messwerte:

Bei Mobilfunksignalen handelt es sich um gepulste Signale, deren Dauer (Serie von Pulsen) und Häufigkeit (Pulsdichte) von verschiedenen Faktoren abhängt (z.B. GSM-Signale, UMTS-Signale), so dass unterschiedliche Messapparaturen üblicherweise unterschiedliche Messwerte liefern.

Die Messwerte wurden mit bis zu 4 verschiedenen Messsystemen ermittelt, von denen jedes einen anderen Messwert liefert, abhängig davon, wie der Messwert verarbeitet wird.

1. Richtungsunabhängige Messung der Summe aller ankommenden Signale in einem weiten Frequenzbereich, mittelt die ankommenden Pulse(HFR-1)
2. Richtungsabhängige Messung der Signalsumme im Mobilfunk-Frequenzbereich, wahlweise für das D-Netz, E-Netz, DECT, UMTS und W-Lan getrennt, aber gemittelt (HFA-3)
3. Messwerte kanalselektiv in 5-MHz-Abschnitten zeigt die Bandbreite der Signale und deren Amplitude (Selektiver Empfänger).
4. Zeigt die Anzahl der belegten Mobilfunkbereiche wie D1, E+ usw. sowie die Anzahl der belegten Kanäle von D1 usw. im gesamten Mobilfunk-Frequenzbereich (und darüber hinaus) sowie die Bandbreite (wie auch 4.) der Signale z.B. zwischen GSM- und UMTS-Signalen. Im Speichermodus werden die nacheinander eintreffenden Signale dann gleichzeitig angezeigt (Spektrum-Analysator)

Mit (1) wird eine Übersicht gewonnen, wie hoch die Belastung etwa ist. (2) zeigt dann, in welchen Frequenzbereichen welche Werte (gemittelt) auftreten. Mit (3) wird die Signalstruktur und die Frequenz ermittelt, so dass die Signale einwandfrei zugeordnet werden können. Mit (4) endlich wird die Anzahl der Kanäle, die Häufigkeit ihres Auftretens und die Größe bestimmt, im Speichermodus zeigt eine Übersicht mit den Maximalwerten bei allen auftretenden Frequenzen deren Signale in der Realität aber nicht gleichzeitig auftreten.

Angegeben werden allgemein die Maximalwerte, so dass die tatsächliche Belastung mit Sicherheit niedriger ist, wobei es sehr schwierig ist anzugeben, wie viel niedriger

Die Leistungsdichtewerte liegen an den vorgegebenen Messpunkten unter $20 \mu\text{W}/\text{m}^2$ wobei

der Vorsorgewert von $1000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ deutlich unterschritten wird

Zur Umrechnung:

$$1 \text{ nW}/\text{cm}^2 = 10 \mu\text{W}/\text{m}^2 = 0,01 \text{ mW}/\text{m}^2$$

Vergleichswerte:

Aus derzeit laufenden Untersuchungen und Auswertungen (mit wie es heißt keineswegs gesicherten Ergebnissen) werden Beschwerden registriert bei

- **$420 \mu\text{W}/\text{m}^2$** (Kurzwellenbereich, Objekt CH-Schwarzenburg) – analog moduliert, vergleichbar mit **$42 \mu\text{W}/\text{m}^2$ pulsmoduliertem** Signal, wenn man, wie bei den russischen Grenzwerten, die Leistungsdichte pulsmodulierter Signale nur mit 10 % von analog modulierten Signalen zulässt
- **$60 \mu\text{W}/\text{m}^2$** pulsmoduliert (1800 MHz, Objekt M-Allgäuerstraße), jeweils bei Daueraufenthalt, also bis zu 24 Std./Tag, in der Wohnungen, also im Freien etwa $200 - 300 \mu\text{W}/\text{m}^2$, z.T. bei besonders empfindlich reagierenden Personen.

Teilt man die Belastungsskala (im Freien, Daueraufenthalt) etwa in 3 Bereiche stellt sich folgendes Ergebnis dar:

1. sehr empfehlenswert, Leistungsflussdichten $< 100 \mu\text{W}/\text{m}^2$
2. (noch) bedingt empfehlenswert, $100 \dots 1000 \mu\text{W}/\text{m}^2$
3. nicht empfehlenswert; Leistungsflüssen $> 1000 \mu\text{W}/\text{m}^2$

Die „indoor-Werte“ liegen dann meistens bei 10 % dieser Werte, selten höher, je nach Bauweise der Gebäude und verwendeten Baumaterialien.