

**ECOLOG**

INSTITUT FÜR SOZIAL-ÖKOLOGISCHE  
FORSCHUNG UND BILDUNG gGmbH

**Gutachten**

Bewertung der möglichen elektromagnetischen  
Expositionen bei Benutzung des IQFY Sensors

Insbesondere bei der Verwendung in  
Pflegematratzen und Sitzmöbeln

**Artikel Nummer: IQ- Mat-S-GSM / 1812**

Hannover, Mai 2011

Dr. Hartmut Voigt

<b>Auftraggeber</b>	Klaus Kleine Funkstuhltechnik, Auf der Gabel 18, 58802 Balve
<b>Quelle der Felder</b>	Ein in die Sitzfläche des Stuhls integrierte Funksender: Pushbutton Transmitter Device (PTM200) der Fa. EnOcean GmbH
<b>Aufgabenstellung</b>	'Worst case'-Abschätzungen (aufgrund der Sendeleistung und des Duty-Cycles) der möglichen Expositionen bei Benutzung eines Stuhls mit integriertem Funksender und Bewertung bzgl. den gesetzlichen Regelungen und Normen sowie ausgewählten, empfohlenen Vorsorgewerten (Schweiz, Verbraucherzentralen, ECOLOG-Institut).
<b>Gliederung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A 'Worst case'-Abschätzung der Exposition aufgrund der Sendeleistung und des Duty-Cycles</li> <li>B Abschätzung der Exposition aus der Extrapolation der Messwerte aus dem Jahr 2003 zu kleineren Abständen</li> </ul>

## A 'Worst case'-Abschätzung der Exposition aufgrund der Sendeleistung und des Duty-Cycles

<b>Technische Daten des Funksenders</b>	<table><tr><td>Sendeleistung:</td><td>Max. 10 mW EIRP</td></tr><tr><td>Sendefrequenz:</td><td>868,3 MHz</td></tr><tr><td>Länge eines Einzelpulses:</td><td>0,7 ms (<math>\pm 5\%</math>)</td></tr><tr><td>Einzelpulse pro Schaltsignal:</td><td>3 - 5</td></tr><tr><td>Länge des Schaltsignals:</td><td>20 – 35 ms</td></tr><tr><td>Duty-Cycle im Schaltsignal:</td><td>0,1 [<math>\approx (3 \cdot 0,7/20) \approx (5 \cdot 0,7/35)</math>]</td></tr></table>	Sendeleistung:	Max. 10 mW EIRP	Sendefrequenz:	868,3 MHz	Länge eines Einzelpulses:	0,7 ms ( $\pm 5\%$ )	Einzelpulse pro Schaltsignal:	3 - 5	Länge des Schaltsignals:	20 – 35 ms	Duty-Cycle im Schaltsignal:	0,1 [ $\approx (3 \cdot 0,7/20) \approx (5 \cdot 0,7/35)$ ]
Sendeleistung:	Max. 10 mW EIRP												
Sendefrequenz:	868,3 MHz												
Länge eines Einzelpulses:	0,7 ms ( $\pm 5\%$ )												
Einzelpulse pro Schaltsignal:	3 - 5												
Länge des Schaltsignals:	20 – 35 ms												
Duty-Cycle im Schaltsignal:	0,1 [ $\approx (3 \cdot 0,7/20) \approx (5 \cdot 0,7/35)$ ]												
Vorüberlegung	Die Messung der Immissionen eines entsprechenden Funksenders im Jahr 2003 ergab recht niedrige mittlere Werte (s.u.). Die damals durchgeführten Messungen der Leistungsdichte führen allerdings nur für Abstände ab etwa einem Meter zu verlässlichen Werten. Im Nahbereich muss für die Bewertung die Spezifische Absorptionsrate, die SAR, bestimmt werden. Die normgerechte Bestimmung des SAR-Wertes erfordert ein aufwendiges Verfahren. Deshalb wird hier eine 'Worst case'-Abschätzung herangezogen.												
Idee der 'Worst case'-Abschätzung	<p>Die Fachgrundnorm DIN EN 50371 liefert den Nachweis der Übereinstimmung von Geräten mit kleiner Sendeleistung (mittlere Sendeleistung &lt; 20 mW) mit den Basisgrenzwerten für die Sicherheit von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (10 MHz bis 300 GHz).</p> <p>Die 'Worst case'-Überlegung hinter der Norm nimmt an, dass die gesamte Sendeleistung des Funkgebers in einem 10 g-Gewebebereich absorbiert wird.</p> <p>Mit einer maximalen Sendeleistung von 10 mW erfüllt der Funksender im Stuhl entsprechend dieser Norm automatisch den gesetzlichen Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung (s.u. Tab. 2 im Anhang):</p> $\text{SAR-Grenzwert} = 2 \text{ W/kg}$												
Einzelpuls	<p>Für einen Einzelpuls bedeutet dies eine Teilkörperexposition in der Höhe von zehn Milliwatt auf zehn Gramm Körpergewebe, d.h.:</p> $\text{SAR(Einzelpuls)}_{\text{maximale 'Worst case'}} < 1 \text{ W/kg.}$ <p>Damit ist die gesetzliche Forderung für den 6-Minuten-Mittelwert selbst in der kurzen, maximalen Pulsspitze sicher eingehalten.</p> <p>Der Funkgeber soll mit der abgestrahlten Leistung die Geräte, die von ihm gesteuert werden sollen, auch erreichen. Da diese im Prinzip überall im Umfeld des Stuhles stehen können, ist die Sendeantenne des Funkgebers im Wesentlichen ungerichtet. Daher ist auch die Annahme, dass 'nur' die Hälfte der Sendeleistung in einem 10 g-Gewebebereich absorbiert wird, ebenfalls eine sichere 'Worst case'-Annahme, d.h. es gilt:</p> $\text{SAR(Einzelpuls)}_{\text{'Worst case'}} < 0,5 \text{ W/kg.}$ <p>Damit wird auch der SAR-Vorsorge-Wert des Blauen Engels (0,6 W/kg) selbst in den Pulsspitzen nicht erreicht.</p>												
Schaltsignal	Der Funkgeber sendet das Schaltsignal in mehreren kurzen Einzelpulsen von je 0,7 ms Länge aus. Mindestens werden innerhalb von 20 ms drei solche Einzelpulse gesendet. Wenn durch den Schaltvorgang, der durch das Hinsetzen auf den Stuhl oder das Aufstehen ausgelöst wird, genügend Energie erzeugt wurde, werden bis zu fünf Einzelpulse in ca. 35 ms ausgesendet. Beide Ausführungen ergeben einen Duty-Cycle von etwa 0,1, d.h. in der Zeit, die für die												

Aussendung eines komplettes Schaltsignals benötigt wird, ist der eigentliche Sender nur zu 10 % aktiv: die mittlere Sendeleistung während des Abgabe des Schaltsignals ist demnach kleiner als 1 mW. Damit ergibt sich für die SAR während eines Schaltsignals:

$$\text{SAR}(\text{Schaltsignal})_{\text{Worst case}} < 0,05 \text{ W/kg.}$$

Selbst bei der 'Worst case'-Annahme (die Hälfte der gesamten Sendeenergie aus einem Schaltsignal wird in einem 10 g Gewebereich absorbiert) erreicht der maximale lokale SAR-Wert nicht den gesetzlichen Basisgrenzwert für Ganzkörperexposition von 0,08 W/kg.

Sitzzeit = Normzeit  
(6 Minuten)

Die Zeitdauer über die bei einer normgerechten SAR-Wert Bestimmung gemittelt wird, beträgt sechs Minuten. Für einen 'Sitzvorgang' werden zwei Schaltsignale gesendet, einmal beim Hinsetzen und einmal beim Aufstehen. Als 'Worst case'-Ansatz wird angenommen, dass auch das Sendesignal beim Aufstehen von der Person noch zur Hälfte absorbiert wird. Dann werden insgesamt bis zu zehn Einzelpulse (zusammen 7 ms lang) im Zeitraum von sechs Minuten (= 360.000 ms) absorbiert. Der Duty-Cycle für eine 'Normsitzzeit' liegt somit bei  $7/360.000 \approx 0,000.02$ . Um diesen Faktor verringert sich entsprechend der (mittlere) SAR-Wert verglichen mit dem SAR(Einzelpuls)<sub>Worst case</sub>, d.h.

$$\text{SAR}(\text{Normsitzzeit})_{\text{Worst case}} < 0,000.01 \text{ W/kg.}$$

Dies entspricht recht genau der Hälfte der Vorsorgeempfehlung für dauerhafte Ganzkörperexposition in Innenräumen, wie sie z.B. vom ECOLOG-Institut oder der Bio-Initiative Working Group (s. Anhang) ausgesprochen wird.

D.h. ab einer Sitzzeit von etwa drei Minuten unterschreitet der zeitlich gemittelte, lokal maximal mögliche SAR-Wert auch unter 'Worst case'-Annahmen den Vorsorge-SAR-Wert, der eigentlich auf dauerhafte Ganzkörperexpositionen anzuwenden ist.

Tabelle 1

Zusammenstellung der unter 'Worst case'-Annahmen ermittelten maximalen Expositionen und Vergleich mit Grenz- und Vorsorgewerten, SAR-Werte bzw. Leistungsdichten (für 868 MHz)

	SAR-Werte	Leistungsdichte
	W/kg	W/m <sup>2</sup>
gesetzlicher Teilkörper-Grenzwert (Kopf)	2,0	108,5
Einzelpuls <sub>maximaler 'Worst case'</sub>	1,0	54,25
Handy-SAR-Wert, Blauer Engel 'weil strahlungsarm'	0,6	32,55
Einzelpuls <sub>Worst case'</sub>	0,5	27,125
gesetzlicher Grenzwert (Ganzkörperexposition)	0,08	4,34
Schaltsignal <sub>Worst case'</sub>	0,05	2,712.5
Anlagegrenzwert Schweiz (Ganzkörperexposition)	0,000.8	0,042
Vorsorgeempfehlung (Ganzkörperexposition)	0,000.018	0,001
Normsitzzeit <sub>Worst case'</sub>	0,000.01	0,000.5425



## B Abschätzung der Exposition aus der Extrapolation der Messwerte aus dem Jahr 2003 zu kleineren Abstände

Messergebnisse (2003) Die Messungen aus dem Jahr 2003 an einem Funkschalter, der dem Funkgeber in dem Funkstuhl im Großen und Ganzen entspricht, ergaben die in der Abbildung 1 dargestellten Ergebnisse für die Leistungsdichte in einem Puls. Wirklich verlässliche Werte für die Exposition erhält man aus der Messung der Leistungsdichte nur für den Fernbereich eines Senders, dieser beginnt für die verwendete Frequenz etwa bei einem Meter.

Einzelpuls Wenn trotzdem eine Extrapolation zu kleineren Abständen hin mit dem  $1/R^2$ -Ansatz gemacht wird, erhält man für 2-3 cm Abstand Spitzenwerte der Leistungsdichte von maximal  $10 \text{ mW/m}^2 = 0,01 \text{ W/m}^2$ . D.h. die Extrapolation der gemessenen Leistungsdichte lässt vermuten, dass die Intensität im Einzelpuls schon in 2 cm Abstand den Anlagegrenzwert der Schweiz unterschreitet.

Schaltsignal Bei Berücksichtigung des Duty-Cycles von 0,1 ergeben sich aus den Messungen für die über ein Schaltsignal gemittelte Intensität Werte von unter  $0,001 \text{ W/m}^2$ , d.h. die Vorsorgeempfehlung für dauerhafte Ganzkörperexposition in Innenräumen wird in einem Schaltsignal eingehalten. Dies gilt natürlich erst recht für die über die normale Sitzzeit gemittelte Exposition. Diese Herangehensweise (Extrapolation aus den Messwerten für größere Abstände) zeigt bei aller Unsicherheit, dass die 'Worst case'-Betrachtungen aus dem Abschnitt A die tatsächlichen Expositionen sicher deutlich überschätzen.

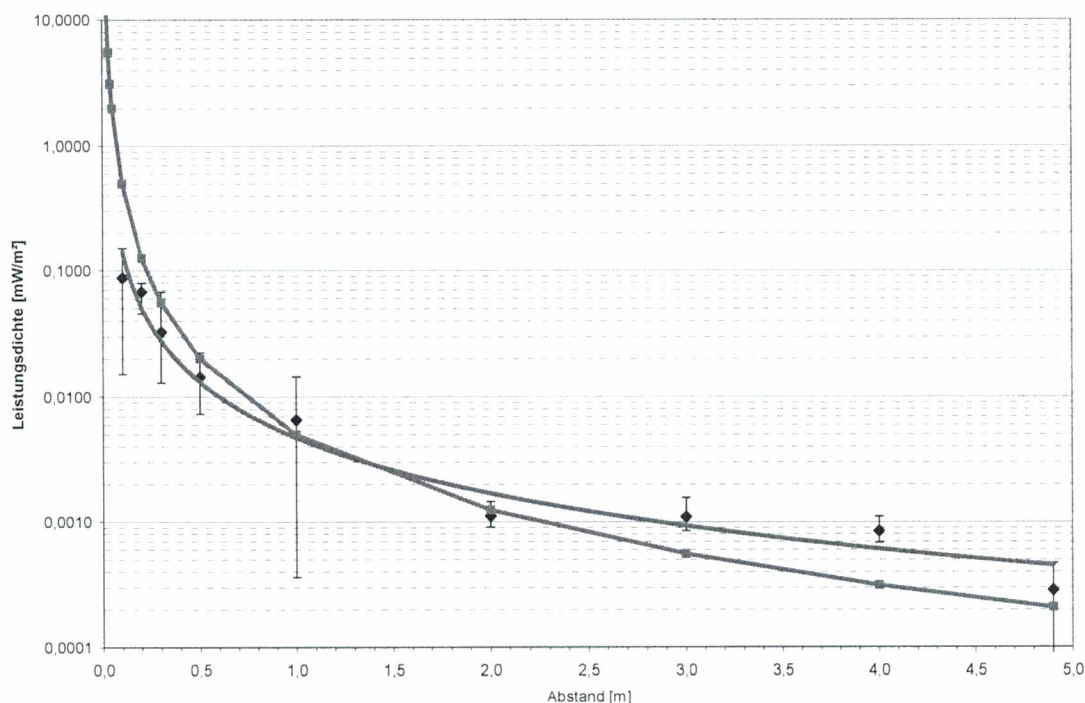


Abbildung 1  
Änderung Immissionen mit dem Abstand von dem Funksender, aufgetragen sind:  
die gemessenen Immissionen (Mittelwert und Schwankung) - blaue Rauten,  
die Ausgleichskurve durch die Messwerte – blaue Kurve,  
eine in der absoluten Höhe dem Messwert bei 1 m angepasste  $1/R^2$ -Kurve - pink-farbene Kurve

## **Bewertung der Expositionen durch den Funkstuhl**

- Gesetzliche Bestimmungen Mit einer maximalen Sendeleistung von 10 mW erfüllt der Funksender im Stuhl entsprechend der Fachgrundnorm DIN EN 50371 automatisch den gesetzlichen Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung (s.u. Tab. 2 im Anhang).
- Vorsorgeüberlegungen Bei Berücksichtigung des Duty-Cycles und Mittelung über eine normale Sitzdauer bleiben auch die maximalen lokalen SAR-Werte unter der Vorsorgempfehlung für dauerhafte Ganzkörperexposition in Innenräumen (ECOLOG-Institut, Bio-Initiative Working Group).
- Die SAR-Spitzenwerte für Einzelpulse sind kleiner als die Empfehlung der Verbraucherzentralen für Handys: der Funkstuhl könnte also den Blauen Engel 'weil strahlungsarm' erhalten.
- Bewertung Auch unter Vorsorgegesichtspunkten sind derzeit keine wissenschaftlichen Bedenken gegen den Einsatz des Funksenders in Stühlen gegeben.

Hannover, den 31. Mai 2011



Dr. Hartmut Voigt

### Grenzwerte, Regelungen und Vorsorgeempfehlungen

ICNIRP-Empfehlungen = Richtlinien, EU-Kommission (EC/519/99)	<p>Die Richtlinien der EU-Kommission entsprechen den Empfehlungen der ICNIRP für die Allgemeinbevölkerung. Der Basisgrenzwert beträgt im Hochfrequenzbereich für Ganzkörperexposition 0,08 W/kg und für Teilkörperexposition (des Kopfes oder des Rumpfes) 2 W/kg, jeweils gemittelt über 10 g Körpergewebe und sechs Minuten. Der aus dem Basisgrenzwert frequenzabhängig abgeleitete Richtwert für die Leistungsdichte für Ganzkörperexposition beträgt für die Frequenz um 870 MHz 4,35 W/m<sup>2</sup>. Wenn verschiedene Frequenzbeiträge gleichzeitig auftreten, gilt zusätzlich eine Summenformel. Jeder einzelne Beitrag wird durch den zugehörigen Grenzwert geteilt, dann darf die Summe aller dieser Quotienten den Wert 1 nicht erreichen.</p> <p>Die hier festgelegten Werte für die Hochfrequenzexpositionen berücksichtigen die wissenschaftlich eindeutig nachgewiesenen, akut gesundheits-schädigenden Wirkungen durch den so genannten thermischen Effekt.</p>
Grenzwerte für die Allgemeinbevölkerung (26. BImSchV)	<p>In der 26. BImSchV sind nur Grenzwerte für die Ganzkörperexposition festgelegt. Diese entsprechen im Hochfrequenzbereich den ICNIRP-Empfehlungen.</p>
Zulässige Werte an Arbeitsplätzen (BGV B11)	<p>In der Unfallverhütungsvorschrift BGV B11 sind die zulässigen Werte für den 'Expositionsbereich 2' festgelegt. Der 'Expositionsbereich 2' umfasst alle Bereiche eines Unternehmens, in denen sich 'normale' Arbeitsplätze befinden, an denen nicht arbeitsbedingt mit höheren Feldern zu rechnen ist. Dazu gehören z.B. auch Büroarbeitsplätze.</p>
Vorsorgeregelung Schweiz	<p>In der Schweiz wurden mit dem Ziel einer 'vorsorglichen Emissionsbegrenzung' mit der Verordnung zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (NISV) zusätzlich so genannte 'Anlagegrenzwerte' eingeführt, die an Orten sensibler Nutzung (z.B. Schulen, Kindergärten, Wohnungen, ...) eingehalten werden müssen. Für Immissionen im Frequenzbereich um 900 MHz beträgt dieser Anlagegrenzwert 42 mW/m<sup>2</sup>.</p>
Verbraucherzentralen / Blauer Engel	<p>Die Verbraucherzentralen empfehlen Handys zu nutzen, die die Kriterien des Blauen Engels 'weil strahlungsarm' einhalten. Dieser kann für ein Handy vergeben werden, wenn die Spezifische Absorptionsrate, der SAR-Wert, unter 0,6 W/kg liegt.</p>
Vorsorgeempfehlung: ECOLOG-Institut Bio-Initiative Working Group	<p>Das ECOLOG-Institut empfiehlt aus Vorsorgegründen, Belastungen durch elektromagnetische Felder so gering wie möglich zu halten.</p> <p>Basierend auf einer Auswertung der aktuellen wissenschaftlichen Literatur sieht das ECOLOG-Institut belastbare Hinweise auf gesundheitsrelevante Wirkungen bei längeren bzw. häufigeren Immissionen von mehr als 100 mW/m<sup>2</sup>. Mit Einrechnung eines Vorsorgefaktors von zehn ergibt sich ein Orientierungswert von 10 mW/m<sup>2</sup>, der – im Außenraum – nicht überschritten werden sollte. Die Dauerexpositionen in Innenräumen sollten unter 1 mW/m<sup>2</sup> liegen.</p> <p>Dies entspricht dem 'Salzburger Vorsorgewert 2000' und der Vorsorgeempfehlung, die die 'BioInitiative Working Group', ein internationaler Zusammenschluss renommierter Wissenschaftler, im August 2007 ausgesprochen hat.</p> <p>Diese Empfehlung berücksichtigt nicht nur die wissenschaftlich eindeutig nachgewiesenen Gesundheitsrisiken durch thermische Wirkungen sondern auch wissenschaftliche Hinweise auf andere möglicherweise gesundheits-schädliche Wirkungen.</p>

Tabelle 2



## Anhang

Grenzwerte (Grenzwert-26.BImSchV = BGV B11-Wert = EC/519/99-Richtwert = ICNIRP-Empfehlung, siehe Anhang) und Vorsorgeempfehlungen für die Frequenz um 868 MHz, für Ganzkörperexposition (GK, oberer Wert) und Teilkörperexposition (TK, unterer Wert)

		Spezifische Absorptionsrate (SAR) [W/kg]	Leistungsdichte [W/m <sup>2</sup> ]
Grenzwerte für die Allgemeinbevölkerung	GK	0,080	4,340
	TK	2,000	108,500
Anlagegrenzwert Schweiz für Orte mit empfindlicher Nutzung	GK	0,000.8	0,042
	TK	-	-
Empfehlung der Verbraucherzentralen (Blauer Engel für Handys)	GK	-	-
	TK	0,600	32,550
Vorsorgeempfehlung des ECOLOG-Instituts für Dauerexposition in Innenräumen	GK	0,000.02	0,001
	TK	-	-