

Messgutachten

**Hochfrequenzemissionen von Funkschaltern
der Fa. EnOcean**

Hannover, Juni 2003

Dr. H.-Peter Neitzke
Dr. Hartmut Voigt
Dipl. Ing. Christian Koeller

Auftraggeber	Fa. Enocean, Oberhaching
Aufgabenstellung	<ul style="list-style-type: none"> • Messung der von dem Funkschalter der Fa. Enocean emittierten elektromagnetischen Hochfrequenzfelder • Vergleich der Emissionen des Funkschalters mit den Emissionen anderer Hochfrequenzquellen in Wohnungen und Büros • Bewertung der durch den Funkschalter verursachten Expositionen
Beschreibung des Geräts	<p>Der Funkschalter dient zum Ein- und Ausschalten von Beleuchtung durch ein Funksignal. Er ersetzt konventionelle Lichtschalter. Die Verlegung von Stromkabeln zum Lichtschalter und von dort zum Verbraucher entfällt.</p> <p>Zur Energieversorgung des Funkschalters wird der piezoelektrische Effekt ausgenutzt. Die Sendefrequenz des Funkschalters liegt bei einer Frequenz von 868 MHz. Die Sendeleistung beträgt nach Herstellerangaben 10 mW. Die Reichweite liegt in Gebäuden bei 30 m.</p>
Durchgeführte Messungen	<ul style="list-style-type: none"> • Frequenz aufgelöste Messung des Schaltimpulses des Funkschalters • Frequenz aufgelöste Messung der bei Betätigung eines konventionellen Lichtschalters emittierten Hochfrequenzfelder
Verwendete Messgeräte	<p>Spektrumanalyser Rohde & Schwarz FSH3 Antennenmodule 0,5 bis 3,0 GHz (Messung Funkschalter, Messung konventioneller Schalter), 20 bis 200 MHz und 200 bis 500 MHz (Messung konventioneller Schalter)</p>
Messanordnung	<p>Alle Messungen wurden unter realen Bedingungen in Büro- und Wohnräumen durchgeführt. Es standen zwei Doppel-Funkschaltereinheiten für Messungen zur Verfügung. Die Funkschalter wurden für die Messungen an einer Wand montiert und die Messsonden so aufgestellt, dass sich ihre Mittelachsen auf der Höhe der Funkschalter bzw. der anderen zu vermessenden Quellen befanden. Der Abstand zwischen Messsonden und Quellen wurde im Bereich 0,1 m bis 4,9 m variiert.</p>
Ablauf der Messungen	<p>Die Schalter wurden mehrfach betätigt und dabei wurde im Max-Hold-Betrieb das Frequenzspektrum aufgenommen</p>
Messergebnisse	<p>Schaltimpuls des Funkschalters</p> <p>Abb. 1 zeigt ein Beispiel für ein gemessenes Frequenzspektrum des elektromagnetischen Feldes des Funkschalters im Bereich 865,5 bis 870,5 MHz. Das Maximum liegt bei einer Frequenz von 868,28 MHz. Der in 1 m vom Schalter gemessene Maximalwert von 87,2 dBμV/m entspricht einer elektrischen Feldstärke von 0,02 V/m bzw. einer Leistungsflussdichte von $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ W/m}^2$.</p> <p>In Abb. 2 ist die Abnahme der Leistungsflussdichte mit dem Abstand zwischen Funkschalter und Messsonde dargestellt. Die Balken geben die Spannbreite der bei verschiedenen Messungen ermittelten Werte an.</p> <p>Bei Messungen an den beiden zur Verfügung gestellten Schaltern und bei verschiedenen Schaltvorgängen wurden in einem Abstand von 1 m elektrische Feldstärken gemessen, die bei maximal 93,9 dBμV/m lagen. Mögliche Messunsicherheiten werden mit einem Zuschlag von 3 dB berücksichtigt. Damit ergeben sich in 1 m Abstand Leistungsflussdichten von maximal $1,3 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2$.</p>

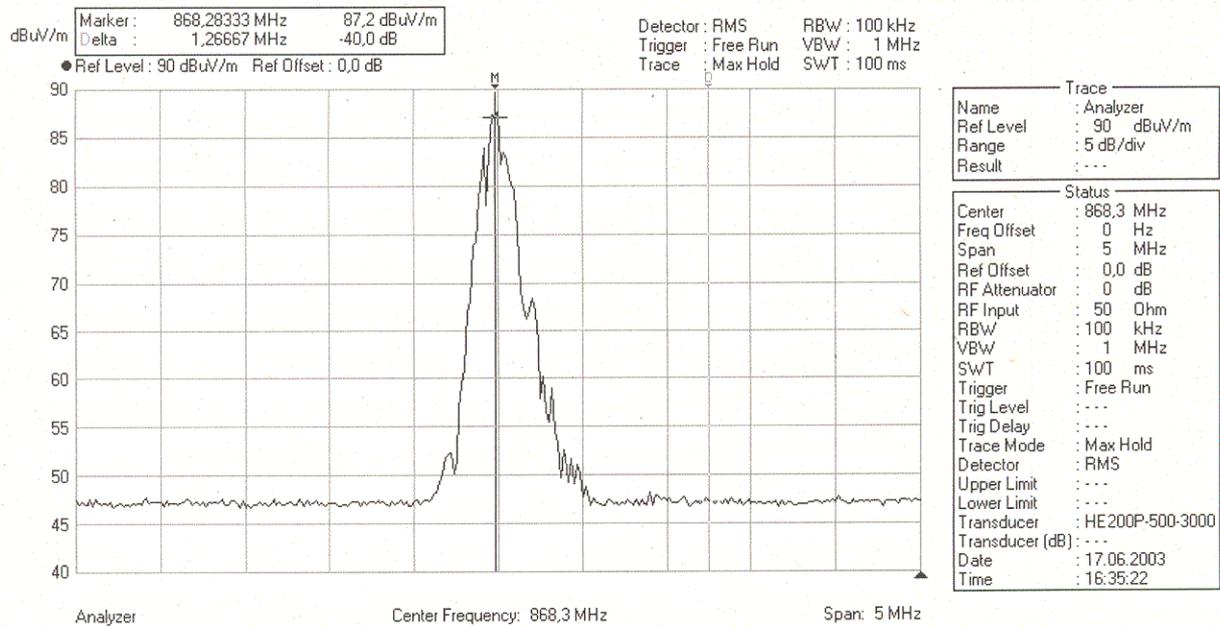


Abb. 1
 Frequenzspektrum des elektromagnetischen Feldes eines Funkschalters

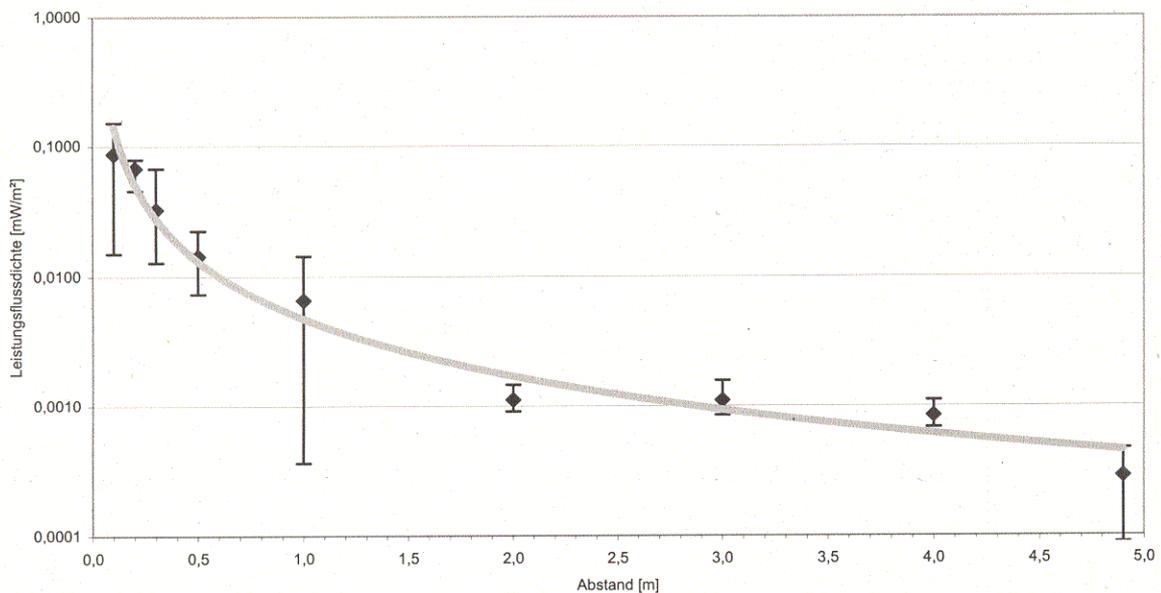


Abb. 2
 Leistungsflussdichte als Funktion des Abstands zwischen Funkschalter und Messsonde

Hochfrequenzemissionen eines konventionellen Lichtschalters

Beim Betätigen eines konventionellen Schalters entsteht nicht nur ein niederfrequenter magnetischer Impuls, sondern es werden auch hochfrequente elektromagnetische Felder emittiert. Ursache ist die Entladung (Funke), die beim Schalten entsteht. Die Emissionen überdecken einen breiten Frequenzbereich vom kHz-Bereich bis in den Bereich des sichtbaren Lichts. In einem Abstand von 1 m wurden bei dem konventionellen Schalter im Frequenzbereich des Funkschalters Feldstärken von im Mittel 80 dB μ V/m gemessen. Mit einem Zuschlag von 3 dB entspricht dies einer Leistungsflussdichte von $5,3 \cdot 10^{-7}$ W/m². Die

maximal emittierte Intensität kann zwischen verschiedenen Schaltern sehr stark variieren.

Bei der Bewertung der Emissionen des konventionellen Schalters im Vergleich mit dem Funkschalter sind die Gesamtemissionen im interessierenden Frequenzbereich, also die jeweilige Bandbreite des Signals, zu berücksichtigen (s.u.).

Vergleich der Emissionen des Funkschalters mit den Emissionen anderer Hochfrequenzquellen in Wohnungen und Büros

In Tabelle 1 sind die maximalen Leistungsflussdichten, die für den Funkschalter in 1 m Entfernung gemessen wurden, den Leistungsflussdichten gegenübergestellt, die von anderen Geräten und Anlagen in Wohnungen und Büro im selben Abstand sowie von Mobilfunkanlagen in der Umgebung verursacht werden. Die Expositionen von Personen, die sich in 1 m Abstand von den Geräten aufhalten, liegen für DECT-Basisstationen, DECT-Telefone und mobile W-LAN-Einheiten (Neitzke H.-P. & Voigt H. 2003) einen Faktor von mehr als 1500 über denen des Funkschalters.

Messungen des ECOLOG-Instituts und anderer Messlabore (Neitzke & Voigt 2002, Bornkessel et al. 2002) ergaben in Wohnungen in der Umgebung von Mobilfunkanlagen für die von diesen Anlagen verursachte Leistungsflussdichte Werte zwischen 0,00001 bis 0,1 W/m².

Tabelle 1
Leistungsflussdichten von Anlagen und Geräten in Wohnungen und Büros

Gerät/Anlage	Frequenz (-bereich) [MHz]	Maximale Leistungsflussdichte in 1 m Abstand [W/m ²]
Funkschalter	868 MHz	1,3 10 ⁻⁵
Konvent. Schalter	kHz bis THz	bei 868 MHz: 5,3 10 ⁻⁷
DECT-Basisstation	1880 bis 1900	0,02
DECT-Telefon	1880 bis 1900	0,02
W-LAN (Mobil)	2400,0 bis 2483,5	0,02
		Typische Leistungsflussdichten [W/m ²]
Mobilfunkanlagen	935 bis 960 1805 bis 1880	0,00001 bis 0,1 W/m ²

Bei den Emissionen durch konventionelle Schalter ist zu beachten, dass diese sehr breitbandig erfolgen. Um einen Vergleich mit den Emissionen des Funkschalters zu ermöglichen, wurde in beiden Leistungsflussdichte-Frequenz-Spektren das Integral über den Frequenzbereich von 100 MHz bis 3 GHz gebildet, in dem von ähnlichen biologischen Wirkungen der elektromagnetischen Felder auszugehen ist. Die Ergebnisse dieser Rechnung sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Der Peak-Wert der Leistungsflussdichte ist beim Funkschalter zwar einen Faktor von rund 25 größer als bei einem konventionellen Schalter, die Gesamtleistungsflussdichte ist jedoch für den konventionellen Schalter rund 100mal höher als für den Funkschalter.

Tabelle 2
Integrierte Leistungsflussdichten im Frequenzbereich 100 MHz bis 3,0 GHz

Gerät/Anlage	Integrierte Leistungsflussdichte [W/m ²]
Funkschalter	1,3 10 ⁻⁵
Konvent. Schalter	1,5 10 ⁻³

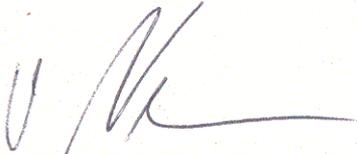
An Leitungen, die von und zu konventionellen Schaltern führen, wurde zusätzlich die magnetische Flussdichte im Niederfrequenzbereich gemessen. In 1 m Abstand von Leitungen, mit denen jeweils 100 W-Lampen versorgt wurden, ergaben sich Messwerte zwischen 0,2 und 0,4 nT. Werden höhere Leistungen geschaltet, erhöht sich die magnetische Flussdichte proportional. Sie hängt zusätzlich stark von der Art der verlegten Leitungen und der Leitungsführung ab.

Bewertung der durch den Funkschalter verursachten Expositionen

Das ECOLOG-Institut empfiehlt aus Vorsorgegründen, Belastungen durch elektromagnetische Felder so gering wie möglich zu halten (Neitzke et al. 2003). Als Mindeststandard für Dauerexpositionen durch hochfrequente elektromagnetische Felder sollte ein Vorsorgewert von $0,01 \text{ W/m}^2$ nicht überschritten werden. Diese Empfehlung des ECOLOG-Instituts bezieht sich auf Expositionen durch Anlagen im Außenraum. Hochfrequente elektromagnetische Felder mit Frequenzbereich des Funkschalters werden beim Übergang vom Außen- in den Innenraum vor allem durch Reflektion und Absorption in der Regel um 3 bis 10 dB gedämpft. Als Beurteilungswert für Anlagen und Geräte im Innenraum wird daher für die Leistungsflussdichte der um den Faktor 10 reduzierte Wert von $0,001 \text{ W/m}^2$ angesetzt.

Die Expositionen durch den untersuchten Funkschalter liegen in 1 m Abstand einen Faktor 76 unter dem Beurteilungswert von $0,001 \text{ W/m}^2$. Zudem ist zu beachten, dass sich der vom ECOLOG-Institut empfohlene Vorsorgewert und der aus diesem abgeleitete Beurteilungswert auf Dauerexpositionen beziehen. Solche sind bei der Benutzung eines Funkschalters zum Schalten von Beleuchtung nicht gegeben. Außerdem liegen die von dem Funkschalter verursachten Leistungsflussdichten deutlich unter den Leistungsflussdichten, die durch das Betätigen eines konventionellen Lichtschalters entstehen können. Unter dem Gesichtspunkt des Gesundheitsschutzes und der Minimierung der Belastungen durch elektromagnetische Felder weist der Funkschalter noch einen Vorteil gegenüber konventionellen Schaltern auf, da sich bei Einbau eines Funkschalters die Länge stromführender Leitungen reduziert und damit potenzielle Expositionen durch niederfrequente Magnetfelder vermindert werden. Dies ist vor allem interessant, wenn über die Leitungen höhere Ströme, z.B. zur Versorgung der Beleuchtung in Großraumbüros, fließen und sich Dauerarbeitsplätze in der Nähe der Leitungen befinden.

Hannover, den 24. Juni 2003



Dr. H. Peter Neitzke



Dr. Hartmut Voigt

Literatur

Bornkessel C., Neikes M. & Schramm A. 2002: Untersuchungen der Immissionen durch Mobilfunk Basisstationen. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

Neitzke H.-P. & Voigt H. 2002: Expositionen in der Umgebung von Mobilfunk-Basisstationen. Gutachten im Auftrag von Städten, Gemeinden und Mobilfunknetzbetreibern.

Neitzke H.-P. & Voigt H. 2003: HF-Emissionen von schnurlosen Telefonen und W-LANs. In Zusammenarbeit mit der Fa. net-X-web.

H.-P. Neitzke, J. Osterhoff und H. Voigt 2003: Biologische Wirkungen schwacher HF-Felder und Empfehlungen zur Begrenzung der Expositionen durch Funksendeanlagen.