

## Inhaltsverzeichnis

- [Historie](#)
- [Ausbreitung](#)
- [Dämpfung](#)
- [Kabel- / Verbinder- / Dämpfungsverluste](#)
- [WLAN / Richtfunkstrecke](#)
- [Funkfeldstärke](#)
- [Schutzmaßnahmen](#)

Lesedauer 3 Minuten

Das Thema WLAN, Strahlungsbelastung, Abschirmung kommt immer wieder auf. Die Ausbreitung und Dämpfung von Funkwellen zu verstehen, hilft auch den Umgang mit Funktechnik zu handhaben. Deshalb nachfolgend hierzu nähere Informationen, die jedoch zunächst die Schaffung von grundlegendem Verständnis erfordert. Also, etwas trockene Theorie zu Beginn.

## Historie

Heinrich Hertz, nachdem die Maßeinheit für die Frequenz (Hz) benannt wurde, hat 1886 erstmals die von James Clerk Maxwell 1867 in der Theorie vorausgesagte Existenz von elektromagnetischen (Radio-)Wellen experimentell nachgewiesen.

Nikola Tesla erhielt am 20.03.1900 sein erstes Patent für die drahtlose Energieübertragung, der Funktechnik.

Braun und Marconi sind weitere Namen im Zusammenhang mit der Entwicklung der Telegrafie, die, unter Verwendung des von Samuel Finley Breese Morse bereits 1837 erfundenen elektromagnetischen Telegrafen und Morse-Alphabets, Nachrichten über bis zu 3.600 km Entfernung überbrückten.

## Ausbreitung

Die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen ist abhängig von der Frequenz, den topologischen und atmosphärischen Gegebenheiten.

Die Ionosphärenschichten (gemittelte Höhe ca. 1.000 km), die auf die erdnahe

Troposphäre (17 .. 17 km Höhe) und Stratosphäre (8 .. 50 km Höhe) folgen, können Funkwellen aufgrund ihres, von der Sonnenaktivität abhängigen, Ionisationsgrades elektromagnetische Wellen reflektieren. Im Extremfall kann ein soeben gesendetes Signal durch wiederholte Reflexion rund um den Erdball (Umfang ca. 40.000 km), um die Laufzeit (300.000 km /s) verzögert, wieder am selben Ort empfangen werden.

Oberhalb etwa 60 MHz breiten sich Funkwellen ähnlich Licht aus. Sie können durch Hindernisse abgelenkt, reflektiert werden. Insbesondere Funkwellen oberhalb 100 MHz sind zunehmend von Reflexionen in ihrer Ausbreitung gestört. Im ungünstigsten Fall können sich Wellenberg und Wellental gegenseitig auslöschen.

## Dämpfung

Unter Dämpfung versteht man die Abschwächung eines Signals. Gemessen wird die Dämpfung in Dezibel (dB), bzw. Dezibel Milliwatt (dBm) oder, bei höheren Leistungen Dezibel Watt (dBW) in logarithmischer Form, um auch größere Pegel noch in praxisnaher Weise darstellen zu können.

Wichtig ist die Unterscheidung von Dämpfungs-Angaben in Prozent und dB, bei Schall db(A), „A“ bedeutet, angepasst an die menschliche Hörkurve (Berücksichtigung des Umstandes, dass hohe und tiefe Töne bei identischer Lautstärke unterschiedlich laut wahrgenommen werden).

Üblicherweise gibt ein Dezibel einen Verstärkungswert an, sprich, der Wert ist positiv. Ein negatives Vorzeichen beschreibt mithin eine Dämpfung. 100 dB bezeichnet den 100.000-fachen Schalldruck von 0 dB oder einen Schalldruck von 2 pa (Pascal).

Geräusch	db(A)	Abschirmung (dB)	%
Kreissäge	90	10	90
Autobahn tags	80	20	99
Hauptstraße tags	70	30	99,9
Hauptstraße nachts	60	40	99,99
Nebenstraße tags	50	50	99,999
Nebenstraße nachts	40	60	99,999.9
Uhricken	30	70	99,999.99

Geräusch	db(A)	Abschirmung (dB)	%
Blätterrauschen	20	80	99,999.999
Atemgeräusch	10	90	99,999.999.9
Stille	0	100	99,999.999.99

Um eine gewisse Vorstellung zu bekommen, wie hoch etwa das Dämpfungsvermögen eines von Funkwellen zu durchdringenden Stoffes ist, sei der Vergleich zwischen einer Gebäudedecke <30 cm Dicke (70%) und eines weniger als 1 mm dünnes Drahtgewebe (100%), bzw. einer Gipskarton-Zwischenwand von weniger als 10 cm Stärke (10%) gegeben.

### Kabel- / Verbinder- / Dämpfungsverluste

Durchlaufen Funkwellen, z.B. auf dem Weg vom Funkgerät zur Antenne, Kabel, Stecker, Kupplungen, etc., so treten auch hier Dämpfungsverluste auf. Die Art und Länge des verwendeten Antennenkabels, sowie der Steckverbindungen bestimmen die Höhe der summierten Dämpfungsverluste.

Als Faustregel gilt: Die Summe der Dämpfungsverluste darf den Antennengewinn nicht überschreiten. Entsprechend ist die Wahl der einzelnen Komponenten zu treffen.

Auch die Art des Kabel, ob Litzen oder starrer Leiter, Schirmung, Mantelaufbau, Länge und zu verwendende Frequenz sind zu beachtende Kriterien bei der Wahl eines Antennenkabels. Ebenso ist die bauliche Verwendung maßgeblich: Halogenkabel sind hitzebeständig und flammwidrig, Schlitzkabel werden zur Verlegung in Tunnel verwendet.

### WLAN / Richtfunkstrecke

Für WLAN sind Frequenzen von 2,4 GHz, 5 und 6 GHz, sowie 24 und 60 GHz vorgesehen. Will man hohe Reichweiten, durch Wände und Decken hindurch, wählt man die kleinsten Frequenzen, also 2,4 GHz. Sie haben eine Reichweite etwa innerhalb eines Einfamilienhauses. Bei Doppelhäusern beachten: da reicht es auch noch für den Nachbarn. Möchte man hohe Datenraten auf kurze Distanz nimmt man 5 GHz, denn diese durchdringen kaum Boden oder Decke. Gleiches gilt für das 6 GHz-Band.

24 und 60 GHz hingegen erlauben Distanzen von 200 .. 1.000 m. Hier ist

Sichtverbindung Voraussetzung. Regen, Dunst, Schneefall, etc. können zu Durchsatzeinbußen führen, die z.T. durch technische Vorkehrungen kompensiert werden können.

### Funkfeldstärke

Die Funkfeldstärke von E-Installationen beträgt 1 .. 2 mW, einer Richtfunkstrecke etwa 10 mW, WLAN bei 2,4 GHz 100 mW, bei 5 GHz 200 mW, einer Mikrowelle 800 mW und eines Mobiltelefons 2.000 mW.

Allgemein gelten Grenzwerte für hochfrequente elektromagnetische Felder, die als sog. SAR (Spezifische Absorptionsrate) beschreiben, welche Leistungsaufnahme durch menschliches Gewebe tolerabel sind.

Gemittelt auf den gesamten menschlichen Körper werden 0,08 W/kg, bezogen auf einzelne Bereiche, z.B. Kopf (Handy) 2 W/kg genannt.

Das Handy am Ohr belastet den Organismus bereits mit der höchstzulässigen Belastung.

Auswirkungen der elektromagnetischen Strahlungsbelastung können, bei sensiblen Menschen, Blutdruckdysregulation, Depressionen, Hormonstörungen, Immunsuppression, Konzentrationsstörungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlafstörungen, Schwindel, Übelkeit und Unruhe sein.

### Schutzmaßnahmen

1. Standort des WLAN-Routers möglichst fern des Arbeitsplatzes wählen.
2. Frequenzband entsprechend der tatsächlichen Erfordernis nutzen.
3. WLAN bei Nichtgebrauch deaktivieren.

Wer sich vor externen Belastungen elektromagnetischer Strahlung schützen möchte, kann seine Behausung im Sinne eines Faradayschen Käfigs gestalten. Hier werden Bahnen aus dünnen Metallgitternetzen, Kupferfolien, notfalls auch Aluminiumfolien unter Wandverkleidung / Tapete oder auch spezielle EMV-Tapeten, die über eine metallbedampfte Rückseite verfügen, angebracht. Wichtig ist, dass jede Bahn elektrischen Kontakt zur Nachbarbahn hat, Fensterscheiben ebenso metallbedampft sind und diese Schicht gleichfalls mit der Wandabschirmung verbunden ist.

Die gesamte Installation ist mit dem Potenzialausgleich des Gebäudes zu verbinden, um eine ordnungsgemäße Erdung zu gewährleisten.

Auf diese Weise ist dieser Raum vor Einwirkung äußerer elektromagnetischer Einflüsse sicher, umgekehrt wäre der Funkverkehr eines WLAN-Router innerhalb dieses Raumes vor externen Abhörern geschützt.

Das Thema Elektrosmog und Abschirm-Technik wird in diesem [Beitrag](#) gesondert behandelt.

**Alle Arbeiten an elektrischen Anlagen sind ausschließlich von qualifiziertem Fachpersonal durchzuführen!**