



# Bluetooth

Datum:

25. Oktober 2016

Bluetooth ist eine Übertragungstechnologie, die die Datenübertragung zwischen Desktop-Computern und Notebooks, PDA's, Smartphones, Druckern, Scannern, digitalen Video- und Fotokameras sowie verschiedenen elektronischen Haushaltgeräten und persönlichen Geräten über eine Funkverbindung ermöglicht.



Bluetooth-Geräte werden den drei verschiedenen Leistungsklassen 1, 2 und 3 zugeteilt (Tabelle 1) und haben entsprechend unterschiedliche Sendeleistungen und Übertragungsdistanzen.

**Tabelle 1 Leistungsklassen von Bluetooth-Sendern**

Leistungs-klasse	Spitzensendeleistung (mW)	Maximale Sendeleistung (mW)	Minimale Sendeleistung (mW)	Reichweite (m)	SAR-Grenzwert (W/kg)
1	100	76	1	100	0.5
2	2.5	1.9	0.25	40	0.03
3	1	0.8	-	10	0.01

Die Strahlung von Bluetooth-Geräten der Leistungsklassen 2 und 3 ist schwach und lokal begrenzt. Die meisten körpernah betriebenen Bluetooth-Anwendungen gehören diesen Leistungsklassen an. Bluetooth-Sender der stärksten Leistungsklasse 1 können zu Strahlungsbelastungen ähnlich wie bei Smartphones / Mobiltelefonen im Sendezustand führen, sofern sie in unmittelbarer Nähe zum Körper betrieben werden.

Die Strahlungsbelastung durch Bluetooth-Geräte aller Leistungsklassen ist kleiner als die entsprechenden internationalen Grenzwertempfehlungen. Bezüglich gesundheitlicher Auswirkungen bei langfristiger Belastung durch hochfrequente elektromagnetische Felder bestehen noch Unsicherheiten. Kurzfristige Auswirkungen von hochfrequenter Strahlung von Bluetooth-Geräten sind aber keine zu erwarten.

## **Bluetooth-Freisprechvorrichtungen zur Minimierung der Handystrahlung**

Bluetooth-Freisprechvorrichtungen zur Minimierung der Handystrahlung Bluetooth-Freisprechvorrichtungen der Leistungsklassen 2 und 3 empfehlen wir zur Minimierung der Handystrahlung. Anstelle des Smartphones/Mobiltelefons wird ein sehr viel schwächer strahlender Bluetooth-Sender am Ohr platziert, so dass die Strahlenbelastung des Kopfes bei Handy-Telefonaten erheblich reduziert werden kann.



Bluetooth (IEEE 802.15) ist der zuerst eingeführte Standard für Stimm- und Datentransfer über kurze Distanzen (so genannte WPAN Wireless Personal Area Network). Da Bluetooth-Sender sehr klein und billig sind und wenig Strom brauchen, sind schon sehr viele Geräte damit ausgestattet. Bluetooth ermöglicht den Datentransfer zwischen Computern, Tablets, Smartphones und deren Peripheriegeräten sowie verschiedener elektronischen Haushaltgeräten über kurze Distanzen.

Typische Anwendungen sind:

- Freisprechvorrichtung mit Handy oder Schnurlostelefon
- Schnurlose Telefone für Internet-Telefonie (Voice over IP)
- Kabellose Verbindungen bei Audio- und Videoanlagen wie auch MP3-Playern und Kopfhörern
- Kabellose Verbindungen zwischen Computern, Druckern, Mäusen, Digitalkameras etc.
- Verbindung zu Handy-Aussenantennen in Autos
- Patienten-Monitoring in Spitälern
- Gesundheits- und Fitnesssensoren zu Smartphones

## 1 Technische Daten

Bluetooth nutzt das für ISM-Anwendungen (Industrial, Scientific & Medical) reservierte Frequenzband, das global verfügbar und weltweit identisch ist (Frequenzbereich: 2.4 -2.4835 GHz / Wellenlänge: ca. 12.5 cm). Somit können mit Bluetooth ausgerüstete Geräte überall auf der Welt genutzt werden. Die Technik des Frequenzhoppings (1600 Frequenzwechsel pro Sekunde) sorgt für eine robuste, sichere und störungsfreie Datenübertragung. [1]

Neue, in den letzten Jahren eingeführte Varianten von Bluetooth haben die Datenrate und die Sicherheit erhöht sowie den Stromverbrauch gesenkt. Bluetooth Version 2.0 hat die Geschwindigkeit trotz begrenzter Bandbreite erhöht, Bluetooth Highspeed Version 3.0 kombiniert Bluetooth mit der WLA Technologie. Die Hauptanwendung von Bluetooth Version 4.0 sind Wearables (Kleider mit eingebauten Sensoren) und das Internet der Dinge (z.B. Haussteuerungen wie Beleuchtungen, Heizung, Sicherheitsanwendungen, Smart Meters oder elektronisch kommunizierende Haushaltsgeräte). Der Stromverbrauch dieser Version ist so gering, dass Gesundheitssensoren und Fitnesstracker mit kleinster Abmessung und geringem Gewicht äußerst lange betrieben werden können. Mit Version 4.2 wird eine sichere und variable Verbindung zum Internet geschaffen – nach Paketstandard IPv6, mit dem sich die Anzahl angeschlossener Geräte stark erhöht. Version 4.2 ermöglicht es, entsprechend ausgerüstete Geräte weltweit fernzusteuern.

### Sendeleistung

Für verschiedene Bluetooth-Anwendungen gibt es drei verschiedene Leistungsklassen mit unterschiedlichen Reichweiten (Tabelle 1).

Die effektive Sendeleistung ist meistens kleiner als die maximale, da nur so stark gesendet wird, dass das empfangende Gerät das Signal gerade noch empfangen kann. Das empfangende Gerät kann die



Sendeleistung messen und den Sender anweisen, falls möglich, die Sendeleistung zu steigern oder zu reduzieren. Mit dieser Leistungsregulation können die Batterielaufzeit erhöht und Störungen anderer Bluetooth-Netze vermindert werden.

**Tabelle 1 Leistungsklassen von Bluetooth-Sendern**

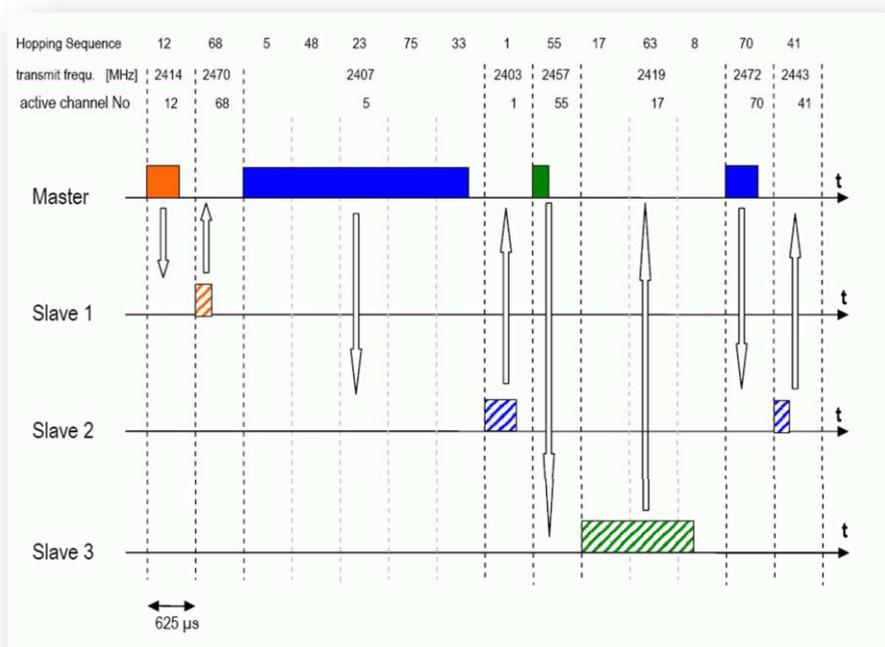
Leistungs- klasse	Spitzen sendeleistung (mW)	Maximale Sendeleistung (mW)	Minimale Sendeleistung (mW)	Reichweite	SAR Grenzwert (W/kg)
1	100	76	1	100	0,5
2	2,5	1,9	0,25	40	0,03
3	1	0,8	-	10	0,01

Sendeleistung und damit auch die Strahlenbelastung sind somit nicht konstant. Die Leistungsregelung ist für die Leistungsklasse 1 obligatorisch, für die Leistungsklassen 2 und 3 optional.

## Sendestruktur

Je nach Anwendung gibt es verschiedene Kommunikationsprofile für Bluetooth-Geräte. Jedes Gerät unterstützt nur gewisse Profile: Zwei Geräte können nur über ein gemeinsames Profil kommunizieren und sind nur so kompatibel.

Wenn Bluetooth-Geräte mit gleichem Kommunikationsprofil in Reichweite sind, kommunizieren sie automatisch miteinander. Bis zu acht Geräte können aktiv miteinander in einem so genannten Piconetz verbunden sein. Dabei übernimmt ein Gerät die Führung und organisiert den Funkverkehr im Piconetz. Dieses Gerät heisst Master, die anderen untergeordneten Geräte heissen Slaves.



Figur 1 Beispiel einer Bluetooth Zeitschlitzstruktur: der Master sendet auf den Übertragungskanälen 12, 5, 55 und 70, die Slaves senden auf den Übertragungskanälen 68, 1, 17 und 41. Beim Übertragungskanal 5 werden fünf, bei Übertragungskanal 17 drei Zeitslitze zur Übertragung einer grösseren Datenmenge miteinander kombiniert. Die einzelnen Zeitslitze können je nach der zu übertragenden Datenmenge unterschiedlich lang belegt sein. Bildquelle [2].



Findet kein Datenverkehr statt, so senden die Slaves nicht und empfangen nur sporadisch. Der Master sendet auch ohne Datenverkehr sogenannte Beacon aus (beispielsweise einmal pro Sekunde), damit sich die Slaves mit ihm synchronisieren können.

Niederfrequente Felder von Bluetooth-Geräten:

Da ein Bluetooth-Gerät nur während dem Senden und Empfangen Strom braucht, wird die Batterie immer wieder ein- und ausgeschaltet. Daraus resultieren niederfrequente Magnetfelder um 1 Hz (Beacon) bis einige 1000 Hz.

## 2 Expositionsmessungen

Als grundlegendes Mass für die Belastung durch hochfrequente Strahlung wird die im Körper absorbierte Strahlungsenergie pro Zeitintervall und Körpergewicht verwendet und als spezifische Absorptionsrate (sog. SAR-Wert) in Watt pro Kilogramm W/kg angegeben. Bei Bluetooth-Geräten, welche in der Nähe des Körpers betrieben werden, wird der SAR-Wert gemessen. Bei Geräten, die weiter vom Körper entfernt betrieben werden, ist auch das elektrische Feld aussagekräftig. In einer im Auftrag des BAG durchgeführten Studie [3, 4] wurden die SAR-Werte und die elektrischen Felder folgender Anwendungen gemessen:

- zwei verschiedene Bluetooth USB-Stecker-Antennen der Leistungsklassen 1 und 2 bei maximaler Datenrate und maximaler Sendeleistung
- eine elektronische Agenda (PDA Persönlicher digitaler Assistent) der Leistungsklasse 2
- zwei verschiedene Freisprechvorrichtungen der Leistungsklasse 3 (nur SAR-Wert)



Figur 2: Messeinrichtung zum Bestimmen des SAR-Wertes. Links: Messtisch mit eingelassenem flachem Körperphantom sowie Positionierungsroboter und an ihm angebrachte Messsonde, rechts: Körper-Phantom mit Bluetooth Sender, Blick von unten. Bildquelle [3].

### SAR-Wert

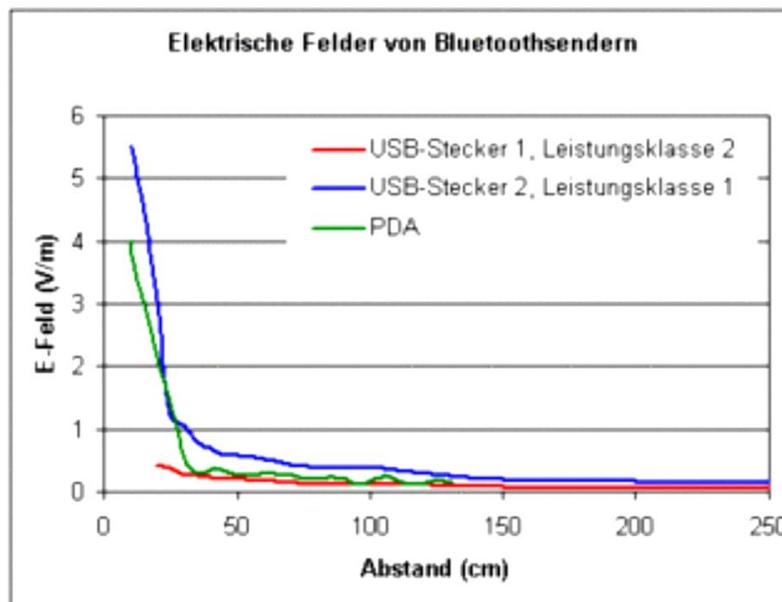
Die SAR-Werte wurden in einem Körper-Phantom an verschiedenen Stellen gemessen (Figur 2). Die gemessenen SAR-Werte liegen alle unter dem von ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) empfohlenen Grenzwert von 2 W/kg (Tabelle 2) [5].

**Tabelle 2: Für jeden Standard sind der maximal gemessene SAR-Wert und die verwendete Datenrate angegeben. SAR-Werte wurden in einem Körperphantom gemessen [1]**

	Leistungsklasse	SAR (W/kg)
Steckbare Antenne (USB)	1	0,466
Steckbare Antenne (USB)	2	0,0092
Elektronische Agenda	2	0,01
Freisprecheinrichtungen	3	0,00117 - 0,00319

### Elektrisches Feld

Das elektrische Feld in der Nähe von Bluetooth USB-Stecker-Antennen im Betrieb mit maximaler Sendeleistung wird in Figur 3 gezeigt. Das Feld nimmt mit dem Abstand zum Gerät schnell ab. Die gemessenen Feldstärken der Bluetooth-Geräte liegen schon im Abstand von 20 cm um mehr als Faktor 20 resp. 150 unter dem von ICNIRP empfohlenen Grenzwert von 61 V/m [5].



Figur 3: Maximales elektrisches Feld (E-Feld) als Funktion des Abstandes für zwei Bluetooth-USB-Stecker verschiedener Leistungsklassen und einen PDA. Das elektrische Feld nimmt mit zunehmendem Abstand sehr schnell ab. Die Messungen wurden bei maximalen Sendeleistungen durchgeführt [3, 4]

Normalerweise reduziert Bluetooth die Sendeleistung, wenn die Verbindung zwischen den Geräten gut ist, um Energie zu sparen und Interferenzen mit anderen Geräten zu vermeiden. Dies führt dann zu noch kleineren E-Feld- und SAR-Werten.



## 3 Gesundheitliche Auswirkungen

Gemäss heutigem Kenntnisstand und aufgrund vorhandener Expositionsmessungen ist die durch Bluetooth-Netzwerke erzeugte hochfrequente Strahlung zu schwach, um durch Absorption über eine Erhöhung der Temperatur nachweisbare, akute gesundheitliche Wirkungen auslösen zu können.

### Hochfrequente elektromagnetische Felder

Die internationale Krebsagentur (IARC) hat im Jahr 2011 hochfrequente elektromagnetische Felder als möglicherweise krebserregend (Gruppe 2B) eingestuft [6]. Dies allerdings nur aufgrund von Studien, die einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Telefonieren mit Mobiltelefonen oder Schnurlostelefonen und dem Auftreten von Hirntumoren sehen. Die Datenlage wird von der IARC als begrenzt eingestuft, da diese Studien zu Hirntumoren und Mobil- und Schnurlostelefonie Mängel hinsichtlich Studiendesign und der Abschätzung der Belastungsdauer aufweisen. Einen Zusammenhang zwischen der Belastung durch Mobil- und Schnurlostelefonen und anderen Krankheiten oder Symptomen konnte nicht festgestellt werden. Zudem konnte die IARC auch keinen Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Auswirkungen und hochfrequenter Strahlung, die von anderen Geräten wie beispielsweise Bluetooth ausgeht, feststellen. Kurzfristige gesundheitliche Wirkungen sind keine zu erwarten, da die heutigen Grenzwerte akute Schädigungen vermeiden.

### Effekte auf den Hörnerv

Verschiedene Studien mit elektromagnetischer Strahlung von Bluetooth-Sendern zeigten im Tierversuch keine Effekte auf das Innenohr und hatten keinen Einfluss auf die grundsätzliche Hörfunktion. Bei Versuchen bei Menschen zeigten sich bei Bluetooth-Sendern ebenfalls keine signifikante Veränderungen bei der Hörnervaktivität [7, 8].

## 4 Rechtliche Regelung

Bluetooth-Geräte unterstehen als Telekommunikationsendprodukte der schweizerischen Verordnung über Fernmeldeanlagen [9]. Diese Verordnung bezeichnet technische Normen, die für die Beurteilung der elektromagnetischen Strahlung verwendet werden können. Diese Normen werden vom europäischen Komitee für elektrotechnische Normung CENELEC [10 und 11-13] herausgegeben und beschreiben die Verfahren für die Messung der Strahlung spezifischer Geräte.



## 5 Literatur

1. BAKOM, Faktenblatt Wireless Local Area Networks (WLAN) & Radio Local Area Networks (RLAN), 17.3.2006
2. Forschungsvorhaben Bestimmung der Exposition bei Verwendung kabelloser Übermittlungsverfahren in Haushalt und Büro. Abschlussbericht.
3. Kramer A. et al. Development of Procedures for the Assessment of Human Exposure to EMF from Wireless Devices in Home and Office Environments. 2005. IT'IS Bericht.
4. Kühn S et al. Development of Procedures for the EMF Exposure Evaluation from Wireless Devices in Home and Office Environments. Supplement 1: Close-to-Body and Base Station Wireless Data Communication Devices. 2006. IT'IS Bericht 7.
5. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), Health Physics 74, (4): 494-522; 1998.
6. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 102, 2012, Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields.
7. Yildirim G et.al. Effects of electromagnetic fields formed by bluetooth on hearing (2013) Journal of International Advanced Otology, 9 (1), pp 61-70.
8. Mandalà M. et al., Effect of bluetooth and mobile phone electromagnetic fields on the human auditory nerve (2014) Laryngoscope, 124 (1), pp. 255-259.
9. Verordnung über Fernmeldeanlagen (SR 784.101.2 – FAV) vom 1.1.2015.
10. EN 50401:2006, Product standard to demonstrate the compliance of fixed equipment for radio transmission (110 MHz — 40 GHz) intended for use in wireless telecommunication networks with the basic restrictions or the reference levels related to general public exposure to radio frequency electromagnetic fields, when put into service
11. CENELEC. EN SN 50360: 2013-01 Product standard to demonstrate the compliance of mobile telephones with basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (300 MHz - 3 GHz). Deutsche Fassung EN 50360:2001 + Cor.:2006 + A1:2012.
12. DIN EN 62209-1:2007-03. Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures - Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz) (IEC 62209-1:2005); German version EN 62209-1:2006.
13. IEC. 62209-2:2010 Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures - Part 2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz).

### Kontakt für Rückfragen

Bundesamt für Gesundheit BAG  
emf@bag.admin.ch