

Bluetooth Übersicht

Diese Information wurde von der Arbeitsgruppe zur gesundheitlichen Bewertung elektromagnetischer Felder des BMG erstellt

Was ist Bluetooth™?

Bluetooth zählt zu den sogenannten *Wireless Personal Area Networks (WPAN)* und stellt eine drahtlose Datenkommunikationsschnittstelle zwischen unterschiedlichen elektronischen Geräten zur Verfügung.

Der Name Bluetooth™ leitet sich vom dänischen Wikingerkönig Harald Blåtand (auf Deutsch: Harald Blauzahn) aus dem 10. Jahrhundert ab, hat also keine tiefere technische Bedeutung.

Im Unterschied zu WLANs (Wireless Local Area Networks) mit angestrebten Reichweiten bis zu mehreren hundert Metern ist Bluetooth für räumlich begrenzte Anwendungen bis zu einigen Metern („Personal Area“) ausgelegt. Neben der geringeren Reichweite sind auch nur wesentlich geringere Datenraten (max. 723 kbit/s) im Vergleich zu WLAN möglich. Zurzeit am häufigsten wird Bluetooth zum Datentransfer zwischen zwei, räumlich nicht allzu weit voneinander entfernten Geräten verwendet, wie z.B. zwischen Personal Digital Assistants (PDAs) und Arbeitsplatzcomputer, oder zum Bilderdownload von einer Kamera zum Computer und für die drahtlose Computermaus oder Computertastatur. Auch die gegenwärtig weit verbreiteten drahtlosen Headsets für GSM- bzw. UMTS-Mobiltelefone arbeiten derzeit ausschließlich mit Bluetooth. Neben den genannten Anwendungen, bei denen immer nur jeweils 2 Geräte miteinander Daten austauschen (sogenannte „Punkt-zu-Punkt Verbindungen“) sind aber auch so genannte Bluetooth-„Piconetze“ mit bis zu maximal 8 gleichzeitig aktiven Geräten möglich. Auffällig in Erscheinung treten Bluetooth-Sender heute zumeist nicht mehr, da sie meistens bereits fix in die diversen Endgeräte, wie Notebooks, Mobiltelefone, Palms, Kameras, drahtlose Headsets, Computermaus, Tastatur, usw. integriert sind. Es sind aber auch noch „externe“ Bluetooth-Geräte in Form von USB-Sticks und Einsteckkarten für Notebooks erhältlich.

Technische Grundlagen und Funktionsweise

Die Bluetooth - Funkübertragung arbeitet (wie auch die meisten gegenwärtigen WLANs und z.B. auch der Mikrowellenherd) im lizenzfreien Frequenzband von 2,4 - 2,48 GHz. Die Bluetooth-Funkübertragung arbeitet mit einem sogenannten Frequenzsprungverfahren („frequency hopping“), das heißt., es wird nicht ständig auf der gleichen Frequenz gesendet, sondern die Übertragungsfrequenz ändert sich regelmäßig in zeitlich sehr kurzen Abständen, zwischen 300 und 1600 mal pro Sekunde, je nach Länge der zu übertragenden Datenpakete.

Die Kommunikation innerhalb eines Bluetooth - Netzes (auch bei einer Punkt-zu-Punkt Verbindung zwischen nur 2 Geräten) ist über ein so genanntes „Master-Slave“ -Verfahren organisiert. Dies bedeutet, dass immer eines (und nur eines) der Geräte als Zentrale („Master“) für die Organisation und den Ablauf des Datenverkehrs zuständig ist. Alle anderen Geräte („Slaves“) im gleichen Piconetz arbeiten entsprechend der vom Master vorgegebenen Ablauforganisation.

Bezüglich der maximalen Sendeleistung werden bei Bluetooth drei unterschiedliche Geräteklassen definiert (Tabelle 1). Die am häufigsten verwendeten Bluetooth Geräte (drahtlose Headsets, PDAs, drahtlose Maus und Tastatur) gehören den Klassen II oder III an, senden also mit einer sehr geringen maximalen Leistung von 2,5 bzw. 1 Milliwatt (mW). Zum Vergleich: die maximale Spitzen-Sendeleistung eines GSM-900 MHz Mobiltelefons beträgt 2000 mW. Geräte der Klasse I (mit einer maximalen Sendeleistung von 100 mW) werden in der Praxis eher selten verwendet.

Gerätekategorie	max. Sendeleistung
I	100 mW
II	2,5 mW
III	1 mW

Tabelle1

Elektromagnetische Exposition von Personen durch Bluetooth-Geräte

Die von Bluetooth-Geräten zum Zweck des Datenaustauschs ausgesendeten elektromagnetischen Wellen (elektromagnetischen Felder, Funkwellen) verursachen zwangsläufig eine Exposition von Personen im Umgebungsbereich der Geräte. Grundsätzlich gilt, dass die Exposition umso geringer ist, je größer die Distanz zu den einzelnen am Funkverkehr teilnehmenden Geräten ist. Diese einfache Grundregel gilt jedoch nicht immer ganz streng, da sich in der Praxis aufgrund von komplizierten Ausbreitungsphänomenen der elektromagnetischen Wellen (Reflexion, Streuung, Beugung, Absorption, Dämpfung) häufig etwas kompliziertere Verhältnisse einstellen. Zudem muss berücksichtigt werden, dass miteinander kommunizierende Bluetooth-Geräte nicht gleichzeitig elektromagnetische Felder aussenden, sondern zeitlich hintereinander. Wie oft innerhalb einer gewissen Zeitspanne ein Bluetooth-Gerät Datenpakete (HF-Bursts) absendet, hängt von der Intensität seiner Beteiligung am Datenverkehr ab. Die von Bluetooth verursachten elektromagnetischen Immissionen an einem bestimmten Ort setzen sich demnach aus den Einzelbeiträgen aller aktiven Bluetooth-Geräte in der Umgebung zusammen. Abbildung 1 illustriert dies stark vereinfacht anhand eines einfachen Beispiels (Datenabgleich zwischen [PDA](#) und Arbeitsplatzcomputer). Die für die Exposition von Personen relevanten HF-Immissionen werden daher in der Praxis sowohl räumlich als auch zeitlich relativ großen Schwankungen unterworfen sein. Es ist daher wichtig, zwischen zeitlich gemittelten Immissionswerten und Spitzenwerten zu unterscheiden, um objektivierbare Aussagen treffen zu können.

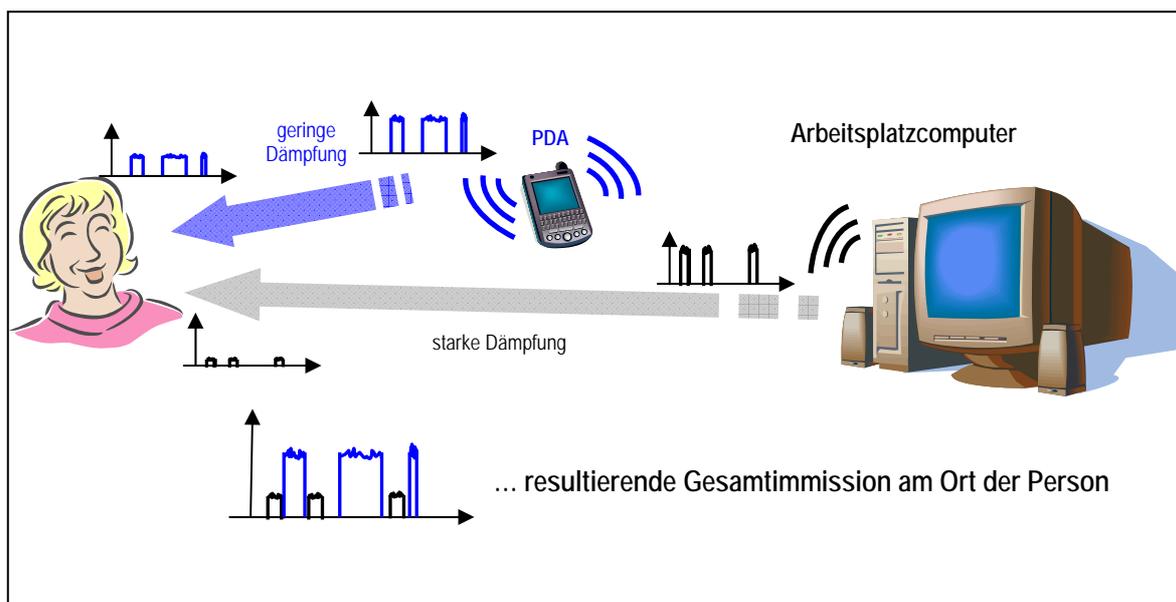


Abbildung 1

Die zeitlich gemittelten Immissionswerte liegen daher immer unterhalb der Immissionsspitzenwerte. Für übliche Situationen kann sogar davon ausgegangen werden, dass die zeitlich (über 6 Minuten) gemittelten Immissionswerte weit unterhalb der Spitzenwerte liegen. In Extremfällen besonders intensiven Datenverkehrs sind zeitlich gemittelte Immissionswerte bis zu ca. 75% der Spitzenwerte möglich.

Die zeitliche Mittelung der Immissionen über 6 Minuten basiert auf thermophysiological Überlegungen. Gemäß der EU-Ratsempfehlung 519/EG/1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern ist im Frequenzbereich oberhalb von 10 MHz eine zeitliche Mittelung der Immissionsgrößen über 6 Minuten vor dem Vergleich mit den Referenz bzw. Grenzwerten durchzuführen.

Intensität der Immissionen

Untersuchungen zur Exposition durch Bluetooth existieren kaum. Für die maximalen Immissionen durch Geräte der Klasse I können aus physikalischer Sicht ähnliche Verhältnisse wie bei WLAN angenommen werden (gleicher Frequenzbereich, etwa gleiche Sendeleistung), das heißt üblicherweise deutlich weniger als ca. 90 Milliwatt pro Quadratmeter (mW/m^2) Strahlungsleistungsdichte (Spitzenwert) in einem Abstand von 30 cm. Für Geräte der Klassen II und III sind die Spitzen-Immissionen im Fernfeld der Geräte, aufgrund der geringen Sendeleistungen sehr gering (Strahlungsleistungsdichte $< 2\text{-}3 \text{ mW}/\text{m}^2$ in 30 cm Entfernung). Mit größer werdender Entfernung zu den Geräten nehmen die Immissionen stark ab.

Bei körpernahe Betrieb von Bluetooth Geräten (z.B. Headsets) ist eine Beurteilung der Exposition auf Basis von Strahlungsleistungsdichte-Messungen physikalisch nicht mehr sinnvoll, sondern es müssen relativ aufwändige Messungen der spezifischen Absorptionsrate (SAR) in Körpernabbildungen durchgeführt werden. SAR-Messungen an realen Bluetooth Geräten und numerische Berechnungen in [1] und [2] ergaben maximale SAR_{10g} Werte $< 0,5 \text{ W}/\text{kg}$ für Klasse I Geräte, $< 0,02 \text{ W}/\text{kg}$ für ein Klasse II Gerät und $< 0,005 \text{ W}/\text{kg}$ für ein Klasse III Gerät. Im Vergleich zu dem von der [Internationalen Kommission zum Schutz vor Nichtionisierender Strahlung \(ICNIRP\)](#) [3] empfohlenen SAR_{10g}-Basisgrenzwert von $2 \text{ W}/\text{kg}$ sind die Expositionen durch Bluetooth Geräte der Klassen II und III daher als sehr gering einzustufen.

Verringern Bluetooth-Headsets für Mobiltelefone die Strahlungsabsorption im Kopf?

Diese Frage kann klar mit JA beantwortet werden. Einerseits arbeiten Bluetooth Headsets mit einer wesentlich geringeren Sendeleistung als Mobiltelefone (z.B. Klasse II Gerät mit max. 2,5 mW im Vergleich zu max. 2000 mW bei einem GSM900 Mobiltelefon) und andererseits liegen die verwendeten Frequenzen bei Bluetooth höher als bei Mobiltelefonen. Dies bewirkt zusätzlich ein weniger tiefes Eindringen der Strahlungsleistung in den Kopf.

Gesundheitliche Aspekte und Vorsorgemaßnahmen

Die elektromagnetischen Emissionen von Bluetooth-Geräten der Leistungsklassen II und III sind sehr gering. Die von ihnen verursachten Expositionen liegen, selbst bei Betrieb unmittelbar am Körper, üblicherweise bei weniger als einem Hundertstel der Exposition, wie sie von Mobiltelefonen bekannt ist.

Nach heutigem wissenschaftlichem Kenntnisstand liegen keine Beweise für ein gesundheitliches Risiko durch die von Bluetooth-Geräten ausgesendeten hochfrequenten elektromagnetischen Felder vor. Angesichts der in den hauptsächlichen Forschungsbereichen noch bestehenden offenen Fragen empfiehlt der Oberste Sanitätsrat eine vernünftige-vorsorgliche Umgangsweise mit Mobilfunkanwendungen.

Für Bluetooth-Geräte der Leistungsklasse I (100 mW Spitzensendeleistung) können für Personen, die im Sinne der Vorsorge ihre Exposition verringern möchten, ähnliche Verhaltensregeln wie für WLAN-Geräte angewendet werden:

- Bluetooth Geräte nur dann aktivieren, wenn sie auch tatsächlich benützt werden, das heißt, wenn tatsächlich die Absicht besteht eine Bluetooth-Datenübertragung durchzuführen.
- Bei aktivem Bluetooth-Gerät (insbesondere beim Senden von Daten), das Gerät (z.B. Laptop) nicht unmittelbar am Körper halten (z.B. nicht auf dem Oberschenkeln platzieren).
- Bluetooth-Geräte mit höherer maximaler Datenrate verwenden (z.B. Bluetooth V2.0 statt Bluetooth V1.0), da zur Übertragung der gleichen Datenmenge verhältnismäßig weniger Zeit benötigt wird und damit die durchschnittliche Expositionsdauer und in weiterer Folge die zeitlich gemittelte Exposition reduziert wird.

Literatur

- [1] Schmid G, Lager D, Preiner P; Bestimmung der Exposition bei Verwendung kabelloser Übermittlungsverfahren in Haushalt und Büro. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms, Juli 2005, http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/dosimetrie/dosimetrie_abges/dosi_030_AB.pdf
- [2] Kramer A, Kuehn S, Lott U, Kuster N; Assessment of human exposure by electromagnetic radiation from wireless devices in home and office environment. Platform Presentation at the BioEM 2005, June 20.-24., 2005, Dublin, Ireland, Abstract Book pp. 29-31
- [3] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure in time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 74 494-522 (1998).

Glossar

kbit/s

Abkürzung für kilobit pro Sekunde. Ist eine physikalische Einheit zur Angabe der Informationsübertragungsgeschwindigkeit. Sie gibt an, wie viel elementare Informationseinheiten (Bit) pro Sekunde übertragen werden. Die Vorsilbe kilo steht als Abkürzung für 1 Tausend (1.000). Das heißt, eine Übertragungsrate von 723 kbit/s entspricht der Übertragung von 723.000 Bit pro Sekunde.

Personal Digital Assistant (PDA)

Dabei handelt es sich um kleine tragbare Computer, etwa in der Größe eines Taschenrechners. Eines der bekanntesten Produkte dieser Kategorie ist beispielsweise der Palm Pilot.

GHz

Abkürzung für Gigahertz. Das Hertz ist die physikalische Einheit der Frequenz, die zur Angabe der Anzahl der Schwingungen pro Sekunde verwendet wird. Die Vorsilbe Giga steht für 1 Milliarde (=1.000.000.000). Das heißt, eine physikalische Größe der Frequenz von z.B. 2,4 GHz vollführt 2,4 Milliarden Schwingungen pro Sekunde.

Spezifische Absorptionsrate SAR

Die spezifische Absorptionsrate (SAR) ist ein Maß für die vom Körper absorbierte Strahlungsleistung; die zugehörige physikalische Einheit ist Watt pro Kilogramm (W/kg), oder gleichbedeutend, Milliwatt pro Gramm (mW/g). Die SAR ist dem Quadrat der durch die Exposition im Gewebe induzierten elektrischen Feldstärke proportional und hängt im Allgemeinen in sehr komplexer Weise von den äußeren Expositionsbedingungen (Sendeleistung, Antenneneigenschaften, Beschaffenheit des die Person umgebenden Feldraumes, Distanz zur Antenne, räumliche Lage der exponierten Person relativ zu den Feldgrößen), sowie vom Körperbau (Gewebeschichtungen) der exponierten Person und den dielektrischen Eigenschaften der Körpergewebe ab. Speziell im Fall von Expositionssituationen, bei denen sich die Strahlungsquelle (Antenne) nahe am Körper befindet, ist eine zuverlässige Expositionsbeurteilung nur durch die Bestimmung der SAR in Körpermodellen möglich, da die „äußeren“, im Fernfeld von Quellen verwendbaren Immissionsmaße (Feldstärken, Strahlungsleistungsdichten) in diesem Fall keine bzw. nur sehr eingeschränkte Aussagekraft besitzen. Der Grund dafür sind komplexe elektromagnetische Wechselwirkungsmechanismen zwischen Antenne und Körper, die umso stärker ausgeprägt sind, je geringer die Distanz zwischen Quelle (Antenne) und Körper ist. Wesentlich ist auch, dass die Angabe von SAR-Berechnungs- bzw. Messergebnissen nur in Zusammenhang mit der dabei betrachteten Mittelungsmasse sinnvoll ist. Die ICNIRP-Richtlinien setzen beispielsweise für die Allgemeinbevölkerung einen über die gesamte Körpermasse gemittelten SAR-Wert von 0,08 W/kg als maximal zulässigen Wert fest, wobei zusätzlich auch zulässige Maximalwerte für lokale Exposition (z.B. Bluetooth Headset oder Handy am Kopf) definiert werden. Für Kopf und Rumpf sind dies 2 W/kg, gemittelt über 10 g zusammenhängendes Gewebe, daher spricht man häufig auch kurz von „SAR10g“.

In Europa muss der von einem Mobiltelefon maximal im Kopf des Benutzers erzeugte SAR10g-Wert in der Bedienungsanleitung des Mobiltelefons angegeben werden.

ICNIRP

Abkürzung für „International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection“ (auf Deutsch: Internationale Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung). Die ICNIRP hat im Jahr 1998 Richtwerte für zulässige elektromagnetische Immissionen im Frequenzbereich bis 300 GHz unterhalb derer der Schutz der Gesundheit zufolge thermischer Effekte der Exposition vermieden werden, veröffentlicht. Diese Richtwerte wurden auch in die **EU-Ratsempfehlung 519/EG/1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern**, sowie in die **EU Richtlinie 2004/40/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder)** übernommen. Neben den von ICNIRP publizierten Richtwerten für die Begrenzung der Exposition existieren in verschiedenen Ländern auch davon abweichende Empfehlungen.

Impressum:

Herausgeber, Medieninhaber und Hersteller:

Bundesministerium für Gesundheit, Sektion III
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Für den Inhalt verantwortlich:

Prof. MedR Dr. Hubert Hrabcik, Leiter der Sektion III

In der vorliegenden Broschüre finden Sie Verhaltensmaßregeln und fachliche Hintergrundinformationen zum vernünftigen Gebrauch von Bluetooth-Geräten. Diese Information wurde von der Arbeitsgruppe zur gesundheitlichen Bewertung elektromagnetischer Felder des BMG zur Verfügung gestellt.
