



WLAN

Datum:

20. Oktober 2016

Mit einem drahtlosen lokalen Netzwerk (wireless local area network: WLAN) können Computer und Laptops untereinander, mit Zusatzgeräten (Drucker, Scanner, usw.) und mit einem Access Point für den Internetzugang verbunden werden. Zunehmend werden WLAN-fähige Handys und Schnurlostelefone für die Internet-telefonie eingesetzt.



Die zwischen den Geräten zu übermittelnden Daten werden statt über Kabel mittels hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung über Funk übertragen. Die angeschlossenen Geräte können sowohl senden als auch empfangen.

Wie stark die Geräte strahlen, hängt von der Sendeleistung und dem jeweiligen Datenverkehr ab. Die Strahlung ist bei maximalem Datenverkehr am grössten. Sie nimmt mit dem Abstand zum Sender schnell ab. Sie ist auch bei mit maximaler Sendeleistung und maximalem Datenverkehr in einer Entfernung von 20 cm 10-mal kleiner und in 1 m Abstand 40-mal kleiner als der empfohlene Grenzwert.

Ob die elektromagnetischen Felder von WLANs ein gesundheitliches Risiko darstellen, ist im Moment nicht bekannt. Die Strahlung von WLAN Geräten ist im Allgemeinen klein, ein vorsorglicher Umgang ist vor allem bei der körpernahen Anwendung von WLAN wie bei Laptops, elektronischen Agenden oder Internet-Telefonen sinnvoll.

Personen, die im Sinn einer persönlichen Vorsorge die elektromagnetischen Felder in ihrer Wohnung oder am Arbeitsplatz klein halten möchten, raten wir:

- Das WLAN nur einschalten, wenn es gebraucht wird. Insbesondere beim Laptop ist es sinnvoll, das WLAN auszuschalten, weil sonst immer wieder nach einem Netz gesucht wird, was unnötige Strahlung verursacht und die Batterie entleert.
- Den Laptop während der WLAN-Verbindung nicht am Körper halten.
- Den Access Point möglichst einen Meter entfernt von lang besetzten Arbeits-, Aufenthalts- oder Ruheplätzen installieren.
- Den Access Point zentral platzieren, damit alle zu versorgenden Geräte einen guten Empfang haben.
- Den WLAN g-Standard dem b-Standard vorziehen. Wegen seiner effizienteren Datenübertragung ist bei diesem Standard die Strahlenbelastung reduziert.
- Falls eine Leistungsregelung möglich ist, sollte beim Access Point die Sendeleistung entsprechend dem zu versorgenden Gebiet optimiert werden.
- Ein WLAN-Sender darf nur mit einer vom Hersteller dafür bestimmten Antenne betrieben werden. Wird eine nicht passende Antenne mit zu grossem Antennengewinn verwendet, kann die maximal



erlaubte Sendeleistung überschritten werden.

- Für WLAN-fähige Handys, die für die Internettelefonie verwendet werden, gelten die Massnahmen des BAG zur Reduktion der Strahlenbelastung beim Handy-Telefonieren.



1 Aufbau und Anwendungen



Figur 1: Verschiedene Geräte sind über den Access Point miteinander und durch das Modem mit dem Internet verbunden.

In einem WLAN werden vor allem Computer und Laptops untereinander, mit Peripheriegeräten (Drucker, Scanner, usw.) und mit dem Access Point vernetzt. Der Access-Point vermittelt den Datenverkehr zwischen den Geräten und stellt den Zugang zum Internet sicher. Die beteiligten Geräte müssen für WLAN ausgerüstet sein, moderne Computer und Laptops enthalten einen eingebauten WLAN-Chip, ältere Geräte können mit einer WLAN-Karte nachgerüstet werden. Elektronische Agenden (PDA: personal digital assistant) oder Taschencomputer, die mit WLAN ausgestattet sind, können ebenfalls ins drahtlose Netzwerk integriert werden.

WLAN-fähige Handys und Schnurlostelefone werden für die Internettelefonie mit VoIP (Voice over IP) verwendet und können über den Access-Point aufs Internet zugreifen. Hybrid-Modelle können mehrere Funktechnologien nebeneinander nutzen, wie z.B. DECT, VoIP- und Mobiltelefonie.

2 Technische Daten

Für WLAN wurden vom internationalen Berufsverband IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) verschiedene Standards der Familie 802.11 publiziert, deren Strahlungscharakteristiken in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Tabelle 1: Eigenschaften der verschiedenen WLAN-Standards der IEEE

IEEE Standard	802.11a	802.11b	802.11g	802.11h
Max. Sendeleistung (mW)	200	100	100	200/1000
Gemittelte Sendleistung Beacon (mW)	1	0,5	0,5	0.5
Gemittelte Sendleistung max (mW)	< 200	< 100	< 100	< 200
Frequenz (MHz)	5150 –5250	2400 – 2483,5	2400 – 2483,5	5150 –5350 5470 -5725
Reichweite(m)	50	bis 200	50	50
Leistungsregelung	nein	nein	ja, statisch	ja, dynamisch
Max. Bruttodatenrate(MBit/s)	54	11	54	54
Verbreitung	wenig	veraltet	am weitesten	wenig



Der am häufigsten verwendete Standard ist heutzutage 802.11g. Die Frequenzbereiche des a- und h-Standards werden in der Schweiz (und Europa) auch für andere Dienste genutzt. Deshalb ist der Einsatz von Geräten des a-Standards nur mit reduzierter Leistung und in Gebäuden erlaubt. Der h-Standard wurde für Europa so angepasst, dass er die Frequenz sofort freigeben kann, wenn sie von einer anderen Anwendung gebraucht wird.

Datenraten

Die neueren Standards 802.11 a, g und h weisen hohe Datenraten auf. Falls mehrere Geräte gleichzeitig eine Verbindung zu einem Access Point benutzen wollen (z.B. mehrere Computer in einem Schulzimmer), wird die Übermittlungskapazität der Verbindung aufgeteilt, die Datenrate für die einzelnen Teilnehmergeräte sinkt dementsprechend.

Regelung der Sendeleistung

Beim h-Standard wird die Sendeleistung automatisch je nach Empfangsqualität geregelt. Ausserdem kann bei Access Points des g- und h-Standards die Sendeleistung je nach abzudeckendem Gebiet über die Software gesteuert werden.

Strahlung

Die tatsächlich abgestrahlte Leistung hängt in erster Linie vom Datenverkehr ab. Findet kein Datenverkehr statt, so sendet der Access Point trotzdem beispielsweise alle 100 ms während 0,5 ms ein Signal aus (den Beacon), damit sich die anderen Geräte mit ihm synchronisieren können. Wird von einem 100 mW-Access Point nur der Beacon ausgesendet, so beträgt die über die Zeit gemittelte Strahlungsleistung 0,5 mW. Werden jedoch viele Daten gesendet, so kann die gemittelte abgestrahlte Leistung bis 70 mW betragen.

Das Strahlungsmuster ist sehr unregelmässig, da ein Gerät senden kann, sobald kein anderer Datenverkehr stattfindet. Der Beacon des Access Points verursacht eine relativ gleichmässig gepulste Strahlung mit einer Repetitionsfrequenz von beispielsweise 10 Hz.

Distanzabhängigkeit

Die von einer Antenne ausgesendete Strahlung nimmt mit der Distanz stark ab. Ausserdem kann die Strahlung durch Hindernisse wie Wände abgeschwächt oder reflektiert werden. Aus diesen Gründen kann bei längeren Distanzen zwischen Access Point und vernetzten Geräten oder bei Hindernissen die Datenrate sinken.

Im offenen Gelände ist die Reichweite für Geräte mit dem h-Standard wegen der grösseren Sendeleistung grösser. Wegen der höheren Frequenz wird die Strahlung durch Wände jedoch stärker gedämpft, was zu einer reduzierten Reichweite in Gebäuden führt.

WLANs weisen eine sehr hohe Empfindlichkeit auf, d.h. sie können sich noch bei sehr kleiner vorhandener Strahlung miteinander vernetzen.



3 Expositionsmessungen

Am besten wird eine Exposition durch den SAR-Wert (SAR: Specific Absorption Rate) beschrieben. Der SAR-Wert (in W/kg) gibt an, welche Menge der Strahlungsleistung (W) vom menschlichen Körper (kg) aufgenommen wird. Bei Geräten, welche entfernt vom Körper betrieben werden, kann auch das elektrische Feld gemessen werden, aus dem man den SAR-Wert berechnen kann.

In einer im Auftrag des BAG durchgeführten Studie wurden bei verschiedenen Access Points, PC-Karten und einem PDA das elektrische Feld und der SAR-Wert gemessen [1]. Da die Strahlenbelastung bei WLAN von der Sendeleistung des Gerätes und der übermittelten Datenrate abhängt, wurden alle Messungen mit maximaler Sendeleistung und maximaler Datenrate durchgeführt. Die verschiedenen Standards verwenden verschiedene Modulationsarten, welche zu unterschiedlichen Strahlenbelastungen führen. Obwohl der g-Standard eine höhere Datenrate hat als der b-Standard, ist die Strahlenbelastung eher geringer als beim b-Standard.

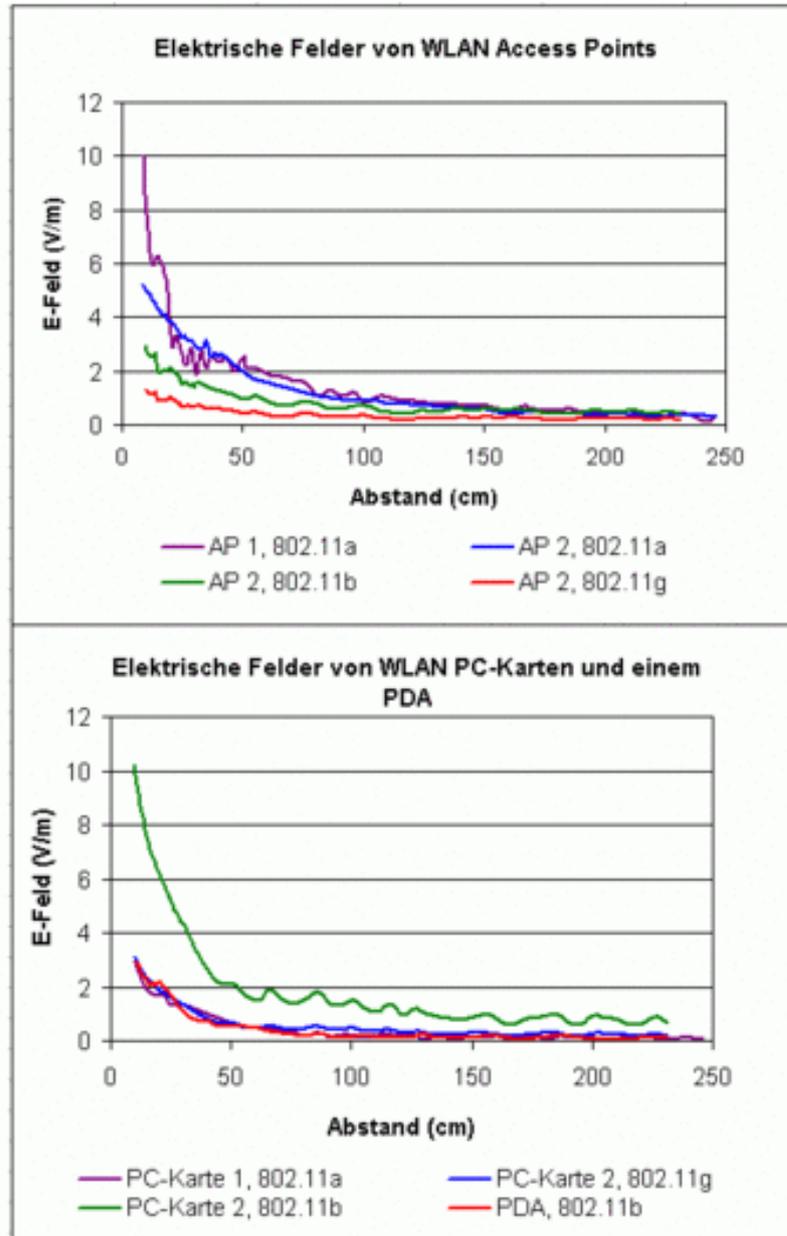
SAR-Wert

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

maximale SAR Werte			
Standard	Gerät	Datenrate (Mb/s)	SAR (W/kg)
802.11a	Access Point	30	0,54
	PC-Karte	13,3	0,07
802.11b	Access Point	6	0,73
	PC-Karte	6,3	0,43
	PDA	3,8	0,067
802.11g	Access Point	26	0,27
	PC-Karte	21,5	0,11

Der von ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) empfohlene Grenzwert beträgt 2 W/kg [2]. Die SAR-Werte aller gemessenen Geräte liegen unterhalb dieser Grenzwertempfehlung.

Elektrisches Feld



Figur 2: Elektrisches Feld (E-Feld) als Funktion des Abstandes für zwei verschiedene WLAN Access Points (AP), zwei verschiedene PC-Karten und einen PDA. Access Point 2 kann mit den Standards 802.11 a, b, g betrieben werden, die PC-Karte 2 mit 802.11 b und g.

Die elektrischen Felder nehmen mit dem Abstand zum Sender stark ab. Die Werte liegen immer unterhalb der ICNIRP-Grenzwertempfehlung von 61 V/m. Im Abstand von 20 cm schöpft keines der Geräte mehr als 10% der ICNIRP-Grenzwertempfehlung aus, bei 1 m nicht einmal 2,5%.



WLAN-Hotspots

Ein räumlicher Bereich, in dem der Internetzugang über WLAN zur Verfügung steht, wird als Hotspot bezeichnet. Hotspots können entweder öffentlich zugänglich sein (Bahnhöfe, Flughäfen etc.) oder nur einem eingeschränkten Nutzerkreis zur Verfügung stehen (Hotels). Für die Versorgung in Gebäuden werden die Access Points typischerweise im Decken- oder Wandbereich – selten auch in Hohlböden – montiert, für die Aussenversorgung werden sie an der Aussenfassade oder auf dem Dach platziert. In einem Hotspot können mehrere Access Points installiert sein.

Auch die Immissionswerte von Hotspots liegen weit unterhalb der ICNIRP-Grenzwertempfehlung von 61 V/m.



[ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields \(up to 300 GHz\)](#)

4 Gesundheitliche Auswirkungen

Gemäss heutigem Kenntnisstand und aufgrund vorhandener Expositionsmessungen ist die durch drahtlose Netzwerke erzeugte hochfrequente Strahlung zu schwach, um durch Absorption über eine Erhöhung der Temperatur nachweisbare, akute gesundheitliche Wirkungen auslösen zu können. Langzeit- und nicht-thermische Auswirkungen sind zurzeit noch ungenügend erforscht. Aus den vorhandenen Studien über Auswirkungen hochfrequenter EMF im Niedrigdosisbereich, unterhalb der geltenden Grenzwerte, kann im Moment keine gesundheitliche Gefährdung durch drahtlose Netzwerke abgeleitet werden.

Einzelne WLAN-Geräte wie WLAN-fähige Laptops, Handys und PDAs können bei körpernahe Einsatz länger andauernde Strahlungsexpositionen verursachen. Im Moment bestehen Unsicherheiten über gesundheitliche Auswirkungen von solchen körpernah betriebenen Geräten, im Zusammenhang mit der Handystrahlung werden sie in internationalen Forschungsanstrengungen umfassend untersucht. Mit geeigneten und in der Einleitung beschriebenen Vorsorgemassnahmen kann diese Strahlungsbelastung minimiert werden.

5 Rechtliche Regelung

WLANs unterstehen der schweizerischen Verordnung über Fernmeldeanlagen (FAV) [3], in der grundlegende Anforderungen bezüglich des Schutzes der Gesundheit und der Sicherheit der Benutzenden und anderer Personen gestellt werden. Die den anwendbaren Normen zu Grunde liegenden Grenzwerte entsprechen den ICNIRP-Grenzwertempfehlungen. Sie werden beispielsweise vom europäischen Komitee für elektrotechnische Normung CENELEC herausgegeben.

Hotspot

Die Access Points von öffentlich zugänglichen Hotspots sind stationäre Sendeanlagen und fallen in den Geltungsbereich der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) [4]. Da die maximal erlaubte Sendeleistung von WLAN Access Points unterhalb von 6 Watt ERP liegt,



sind sie von einer vorsorglichen Emissionsbegrenzung ausgenommen, d. h. sie müssen keinen zusätzlich reduzierten Anlagegrenzwert einhalten. Hingegen müssen bei Hotspots die weniger strikten Immissionsgrenzwerte der NISV eingehalten dann werden, falls der ganze menschliche Körper gleichmässig mit der Strahlung exponiert ist.

Falls sich bei Hotspots Menschen so nahe an den Antennen aufhalten, dass der Körper nicht mehr gleichmässig bestrahlt wird oder nur Teile des Körpers exponiert werden, ist der Immissionsgrenzwert der NISV nicht mehr anwendbar. In diesem Fall gelten die Anforderungen der Verordnung über Fernmeldeanlagen (FAV) [3], bzw. der ICNIRP-Grenzwert von 2 W/kg für die spezifische Absorptionsrate [2].

⇒ [SR 814.710: Verordnung vom 23. Dezember 1999 über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung \(NISV\)](#)



6 Literatur

1. 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.
2. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields up to 300 GHz. Health Phys. 75: 494-521. 1998. Siehe "Weitere Informationen"
3. Verordnung vom 14. Juni 2002 über Fernmeldeanlagen, SR 784.101.2.
4. Verordnung vom 23. Dezember 1999 über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung, SR 814.710 (NISV).

Kontakt für Rückfragen

Bundesamt für Gesundheit BAG
emf@bag.admin.ch