



WLAN

Datum:

9. August 2019

Ein WLAN (wireless local area network) ist ein Computer-Netzwerk, das mit hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung Daten zwischen den angeschlossenen Geräten transportiert. Die vernetzten Computer, Laptops, Smartphones, Digitalkameras, Schnurlostelefone, Drucker, Scanner, Projektoren, Fernseher und andere entsprechend ausgerüstete Geräte kommunizieren meistens mit einer zentralen Schaltstelle, dem Access Point oder Router. Dieser verbindet die angeschlossenen Geräte sowohl mit dem Internet als auch untereinander.



Die elektromagnetische Strahlung der WLAN-Geräte hängt von der Sendeleistung und der Grösse des Datenverkehrs im Netzwerk ab. Auch bei grosstem Datenverkehr ist die maximale Strahlung klein. Sie nimmt zudem mit dem Abstand zu einem WLAN-Sender schnell ab und liegt in einer Entfernung von 20 cm 10-mal und in 1 m Abstand bereits 40-mal unter dem Gesundheitsgrenzwert. Dadurch können auch mehrere, im gleichen Gebiet betriebene WLAN-Netze keine wesentlich erhöhte Strahlenbelastung für die gesamte Bevölkerung verursachen. Eine Studie aus dem Kanton Zürich hat zudem gezeigt, dass die mittlere Strahlenbelastung von Personen durch WLAN-Netze im Alltag um einen Faktor von grösser 5000 unter dem heutigen Gesundheitsgrenzwert liegt.

Die vorhandenen Studien zur hochfrequenten Strahlung von WLAN zeigen weder gesicherte Erkenntnisse noch plausible Hinweise zu gesundheitlichen Gefahren. Schutzmassnahmen gegen die elektromagnetische Strahlung von WLAN sind deshalb für alle Bevölkerungsgruppen nicht erforderlich.

Folgende Tipps, die nicht als Schutzmassnahmen zu verstehen sind, richten sich deshalb vor allem an Personen, welche die hochfrequente Strahlung von WLAN trotzdem aus persönlichen Gründen verringern möchten:

- Platzieren Sie den Access Point zentral im zu versorgenden Gebiet, damit alle WLAN-Geräte einen guten Empfang haben.
- Schalten Sie die WLAN-Geräte oder den Access Point aus, wenn Sie es nicht verwenden.
- Stellen Sie den Access Point einen Meter entfernt von Arbeits-, Aufenthalts- oder Ruheplätzen auf, um die Strahlung zusätzlich zu verringern.
- Falls Ihr Access Point eine Leistungsregelung aufweist, können Sie die Sendeleistung des Access Point soweit reduzieren, als dass sich alle angeschlossenen Geräte mit ihm verbinden können.
- Verwenden Sie Geräte mit den modernsten WLAN Standards 802.11n und 802.11ac, die Daten sehr effizient übertragen.



Weitere Hinweise:

- Ein WLAN-Gerät zeigt alle WLAN-Netzwerke in seiner Nachbarschaft an, deren Strahlung ausreicht, um sich mit ihm zu verbinden. Verbindungen zwischen WLAN-Geräten sind auf Grund der technischen Spezifikation auch bei kleinen Strahlungsintensitäten möglich. Somit ist es nicht möglich, auf Grund der Zahl und der Stärke der angezeigten WLAN-Netzwerke auf die Strahlenbelastung am Standort des WLAN-Gerätes zu schliessen.
- Die Messung der Strahlenbelastung durch WLAN erfordert aufwändige und sehr teure Messverfahren. Im Handel erhältliche Handmessgeräte eignen sich nicht, Strahlenbelastungen durch WLAN zu messen.
- Stellen Sie bei einem batteriebetriebenen mobilen Gerät wie beispielsweise einem Smartphone die Energiespareinstellungen so ein, dass das Gerät sein WLAN-Modul bei nicht-aktivem Display abschaltet. Dies verhindert, dass das Gerät dauernd nach WLAN-Netzwerken sucht und damit die Batterie unnötigerweise entleert.
- Ein WLAN-Gerät darf nur mit der eingebauten oder einer vom Hersteller bestimmten Antenne betrieben werden. Wird eine nicht passende Antenne mit zu grossem Antennengewinn verwendet, kann die maximal erlaubte Sendeleistung überschritten werden.



1 Aufbau und Anwendungen

Ein WLAN- oder WiFi-Netzwerk besteht meistens aus einem Access Point oder Router, der über Funkverbindungen WLAN-fähige Produkte mit dem Internet oder untereinander vernetzt. Produkte, die WLAN-Sende- und Empfangsmodule enthalten, finden sich heute in folgenden Bereichen:

- Computernetze: Desktops, Laptops, Tablets, WLAN-Festplatten, Drucker, Scanner, etc.
- Haushalt und Hobby: Radio- und Fernsehgeräte, Heimkinoanlagen, Audiogeräte, Spielkonsolen, Action-, Web-, Foto- und Videokameras, Überwachungs- und Babymonitore, Steuergeräte für Heizung und Hausinstallationen, Leuchtmittel, zum Teil Haushaltsgeräte
- Multimedia: Radio- und Fernsehgeräte; Beamer, e-Reader
- Telekommunikation: Smartphones, Schnurlostelefone, Voice over IP (VoIP)-Telefone

Auf Grund ihrer beschränkten Sendeleistung und Reichweite eignen sich WLAN-Netzwerke vor allem dazu, kleinräumige Areale wie Wohnungen, Einfamilienhäuser, Transportmittel oder öffentliche Plätze zu versorgen. Grössere Areale wie grosse Gebäude, Universitäten und Schulen oder ganze Stadtteile lassen sich mit so genannten Repeatern (auch Extender oder Booster genannt) oder auch durch grössere, mehrere Access-Points enthaltende Netzstrukturen vernetzen. Repeater sind entweder als eigenständige Geräte konzipiert oder in Geräte wie beispielsweise Leuchtmittel oder Basisstationen von Schnurlostelefonen eingebaut.

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. Moderne Produkte arbeiten mit den Standards 802.11ac oder 802.11n, die hohe Datenübertragungsraten ermöglichen.



Tabelle 1: Eigenschaften der verschiedenen WLAN-Standards der IEEE

| IEEE Standard | 802.11ac | 802.11n | 802.11a | 802.11b | 802.11g | 802.11h |
|--|-------------------------------------|--|-------------|---------------|---------------|----------------------------|
| Frequenz (MHz) | a) 5150-5350 b) 5470-5825 | a) 2400 – 2483,5 b) 5150-5350 c) 5470-5825 | 5150 – 5250 | 2400 – 2483,5 | 2400 – 2483,5 | 5150 – 5350 5470 - 5725 |
| Max. Sendeleistung (mW) | a) 200 b) 1000 | a) 100 b) 200 c) 1000 | 200 | 100 | 100 | 200/1000 |
| Max. Sendeleistung (mW) ohne Leistungsregulierung | a) 100 b) 500 | a) 100 b) 100 c) 500 | | | | |
| Gemittelte Sendeleistung Beacon (mW) | | | 1 | 0,5 | 0,5 | 0.5 |
| Gemittelte Sendeleistung max (mW) | | | < 200 | < 100 | < 100 | < 200 |
| Reichweite(m) | | | 50 | bis 200 | 50 | 50 |
| Leistungsregelung | Ja | Ja | nein | nein | ja, statisch | ja, dynamisch |
| Max. Bruttodatenrate(MBit/s) | 866.7 pro Antenne (max. 8 Antennen) | 150 pro Antenne (max. 4 Antennen) | 54 | 11 | 54 | 54 |
| Verbreitung | Aktuell | Aktuell | Veraltet | Veraltet | Veraltet | Veraltet |

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

Moderne WLAN-Geräte arbeiten mit den Standards 802.11ac und 802.11n. Diese Technologien arbeiten mit beam-forming-Antennen, die fähig sind, sich auf die jeweils verbundenen Geräte auszurichten. WLAN-Geräte dieser Standards können mit der MIMO-Technologie (multiple-input-multiple-output) mehrere ihrer Antennen bündeln, um die Datenrate zu erhöhen.



Die neueren Standards 802.11ac und 802.11ng 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.

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

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.

3 Expositionsmessungen

SAR-Wert

Am besten wird eine Exposition durch den SAR-Wert (SAR: Spezifische Absorptionsrate) beschrieben. Der SAR-Wert (in W/kg) gibt an, welche Menge der Strahlungsleistung (W) vom menschlichen Körper (kg) aufgenommen wird. Diese Strahlung führt im Körper von Personen zu einer Temperaturerhöhung. Die Grenzwerte, welche die ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) für die SAR empfohlen hat, beschränken diese Temperaturerhöhung auf Werte, welche die Gesundheit nicht gefährden. Sie sind unterschiedlich, je nachdem ob die Strahlung auf den gesamten Körper, auf die Gliedmassen oder auf den Kopf oder den Rumpf einwirkt. In diesen Grenzwerten ist ein Sicherheitsfaktor von 50 enthalten, um auch empfindliche Bevölkerungsgruppen zu schützen. Der ICNIRP-Grenzwert für Rumpf und Kopf ist am strengsten und beträgt 2 W/kg, gemittelt über ein Körpervolumen von 10 Gramm [1]. Dies bedeutet, dass im stärksten bestrahlten Körpervolumen von 10 Gramm die SAR den Wert von 0.02 W/kg nicht überschreiten darf. Die SAR-Werte aller gemessenen Geräte liegen unterhalb dieser Grenzwertempfehlung.



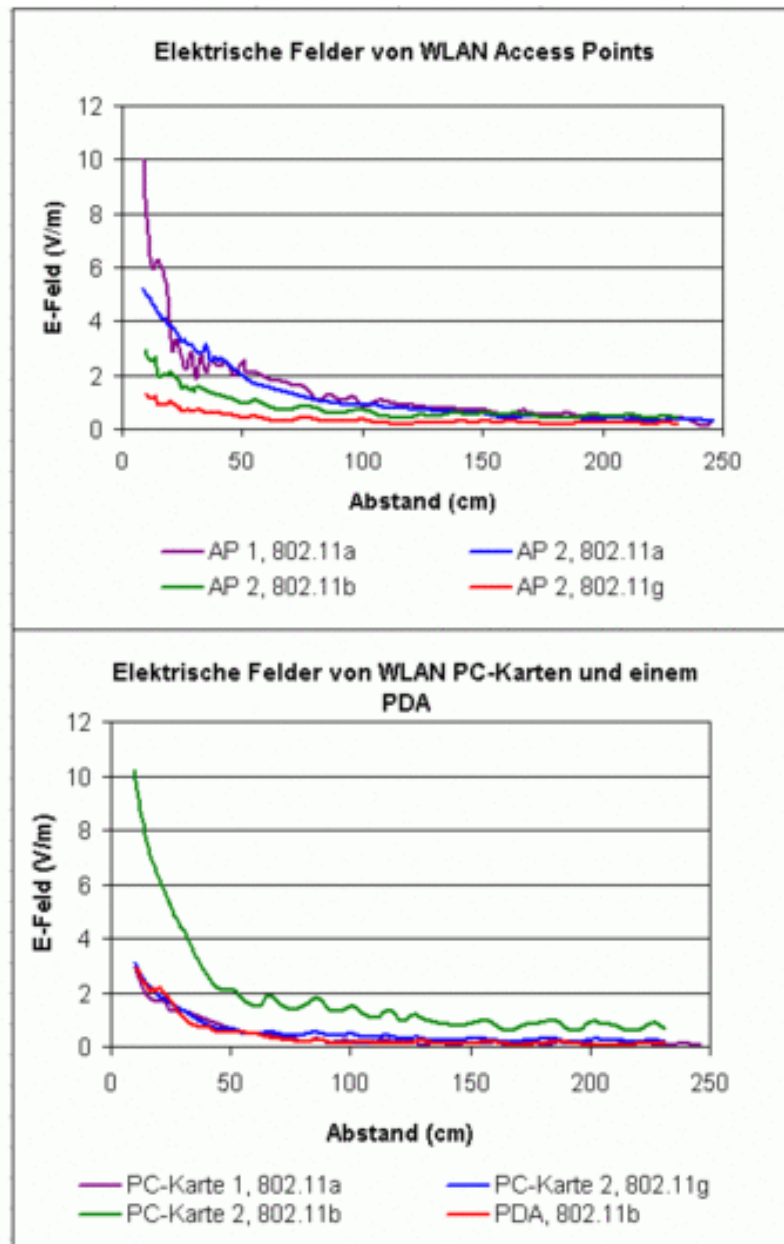
In im Auftrag des BAG durchgeführten Studien wurden bei einem Tablet, mehreren Access Points, bei PC-Karten und einem PDA der SAR-Wert und teilweise das elektrische Feld gemessen [2, 3]. Da die Strahlenbelastung bei WLAN von der Sendeleistung des Gerätes und der übermittelten Datenrate abhängt, wurden alle Messungen mit maximaler Sendeleistung und maximaler Datenrate in unmittelbarer Nähe zu den Geräten durchgeführt. Die verschiedenen Standards verwenden verschiedene Modulationsarten, welche zu unterschiedlichen Strahlenbelastungen führen. Obwohl die modernen ac- und n-Standard eine wesentlich höhere Datenrate haben als die alten a-, b- und g-Standards, ihre Strahlung mit Hilfe von beam-forming-Antennen auf die verbundenen Geräte ausrichten können und mehrerer Antennen bündeln können, ist die Strahlenbelastung insbesondere bei den Access-Points eher geringer als bei den älteren Standards.

Tabelle 2: Maximal gemessene SAR in unmittelbarer Nähe zu den Geräten. SAR-Werte wurden in einem Körperphantom gemessen [2,3]

| maximale SAR Werte | | |
|--------------------|----------------------|------------|
| Standard | Gerät | SAR (W/kg) |
| 802.11ac | Access Point 5 GHz | 0.070 |
| | Tablet 5 GHz | 0.511 |
| 802.11 n | Access Point 2.4 GHz | 0.256 |
| | Access Point 5 GHz | 0.096 |
| | Tablet 2.4 GHz | 0.298 |
| | Tablet 5 GHz | 0.697 |
| 802.11a | Access Point | 0,54 |
| | PC-Karte | 0,07 |
| 802.11b | Access Point | 0,73 |
| | PC-Karte | 0,43 |
| | PDA | 0,067 |
| 802.11g | Access Point | 0,27 |
| | PC-Karte | 0,11 |

Elektrisches Feld

Bei Geräten, welche entfernt vom Körper betrieben werden, kann auch das elektrische Feld gemessen werden. Die Grenzwertempfehlung der ICNIRP für den Frequenzbereich, in dem WLAN-Geräte senden, liegt bei 61 V/m (Volt pro Meter). Dieser Wert garantiert, dass die Grenzwerte für die spezifische Absorptionsrate SAR eingehalten sind



Figur 1: 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 (Figur 1). 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%.



Mittlere Belastung der Bevölkerung durch die Strahlung von WLAN-Geräten

In der Schweiz haben mehrere Studien die mittlere reale Belastung der Bevölkerung durch verschiedene hochfrequente Strahlungsquellen untersucht. Eine Studie aus dem Kanton Zürich [4] mit 115 Probandinnen und Probanden hat gezeigt, dass die Gesamtbelastung mit insgesamt 0.18 V/m sehr klein war und etwa 3 Promille der Grenzwertempfehlung der ICNIRP für hochfrequente Felder betrug. Diese Personen trugen während einer 2 bis 3 Tagen ein Dosimeter auf dem Körper, welche die hochfrequente Strahlung der einzelnen Strahlungsquellen erfasst haben. Hauptverursacher der Belastung waren in erster Linie die Mobiltelefone und in zweiter Linie die Mobilfunkbasisstationen. Die Strahlung von WLAN trug nur zu 5% der Gesamtbelastung bei. Sie lag damit um einen Faktor von gut 5000 unter der Grenzwertempfehlung der ICNIRP. Die mittleren Belastungen durch WLAN-Geräte betrug in Haushalten mit WLAN 0,04 V/m und in Haushalten ohne WLAN 0,02 V/m. Diese Belastungen lagen damit um die Faktoren 1500 bzw. 3000 unter den Grenzwertempfehlungen der ICNIRP.

Eine weitere Studie aus der Schweiz mit 90 jugendlichen Probandinnen und Probanden im Alter zwischen 13 und 17 Jahren zeigt ähnliche Resultate [5]. Die Gesamtbelastung mit hochfrequenter Strahlung betrug 0,15 V/m, wozu die WLAN-Geräte einen Anteil von 3,5% beitrugen. Die Detailauswertung für WLAN-Strahlung zeigt, dass die Strahlenbelastung der Jugendlichen durch WLAN-Geräte nur marginal davon abhing, ob in der Schule oder zu Hause WLAN-Geräte betrieben wurden oder nicht. Die Strahlenbelastung der Jugendlichen hing zudem nur schwach davon ab, ob sie die Verbindung zwischen ihrem Handy und dem Internet über das WLAN, über das mobile Internet via Mobilfunkbasisstationen oder gar nicht herstellen konnten.

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.

4 Gesundheitliche Auswirkungen

Gemäss heutigem Kenntnisstand und aufgrund vorhandener Expositionsmessungen ist die durch WLAN 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 WLAN 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

WLAN-Geräte

WLAN-Geräte unterstehen der schweizerischen Verordnung über Fernmeldeanlagen (FAV) [6], die grundlegende Anforderungen an den Schutz der Gesundheit und der Sicherheit von Personen stellt, die Fernmeldeanlagen benutzen oder durch sie bestrahlt werden. Diese Anforderungen sind in schweizerisch-europäischen Normen konkretisiert. Die Grenzwerte dieser Normen entsprechen den Grenzwerten, die in der Empfehlung des europäischen Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz - 300 GHz) [7] aufgeführt sind und welche die EU von den ICNIRP-Grenzwertempfehlungen [1] übernommen hat.

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) [8]. 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) [6], bzw. der ICNIRP-Grenzwert von 2 W/kg für die spezifische Absorptionsrate [1].



6 Literatur

1. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields up to 300 GHz. Health Phys. 75: 494-521. 1998. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)
2. 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. Siehe "Weitere Dokumente"
3. Funck, C; Kühn, S; Goren, T; Kuster, N: Dosimetric Evaluation of IEEE 802.11n and 802.11ac Devices. Final Report for Project 644, IT'IS Bericht. 2017
4. Rösli, M; Struchen, B; Eeftens, M; Roser, K: Persönliche Messungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern bei einer Bevölkerungsstichprobe im Kanton Zürich Im Auftrag des AWEL, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft in Zürich März 2016
5. Roser, K; Schoeni, A; Struchen, B; Zahner, M; Eeftens, M; Fröhlich, J; Rösli, M: Personal radiofrequency electromagnetic field exposure measurements in Swiss adolescents. Environment international 99, 2017, 303–314
6. Verordnung vom 14. Juni 2002 über Fernmeldeanlagen, SR 784.101.2.
7. 1999/519/EG: Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz - 300 GHz) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A31999H0519>
8. Verordnung vom 23. Dezember 1999 über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung, SR 814.710 (NISV). SR 814.710: Verordnung vom 23. Dezember 1999 über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)

Kontakt für Rückfragen

Bundesamt für Gesundheit BAG
str@bag.admin.ch