

WLAN-Anwendungen für „Hot Spots“

Was ist ein WLAN?

Ein WLAN (**Wireless Local Area Network**, lokales Funknetzwerk) dient zur drahtlosen Vernetzung von mehreren Personal Computern (PC) oder tragbaren Notebooks, um die Verlegung von Kabeln zu sparen. Ferner ermöglicht es über einen so genannten Access Point (Zugangspunkt, Zugangsknoten) den drahtlosen Zugang zu Internet, Email usw. oder zu einem vorhandenen drahtgebundenen Netzwerk, wie es z.B. in Firmen oder Behörden häufig vorzufinden ist (Intranet).

Die Komponenten eines WLAN sind dementsprechend der stationäre Access Point – der etwa die Funktion einer Basisstation übernimmt, wie man sie vom Mobilfunk her kennt – und die mobilen (Notebook) oder stationären (PC) Computer (vgl. Abbildungen 1 bis 3). Notebooks werden üblicherweise mit einer so genannten WLAN PC-Card ausgerüstet, die einfach in einen der vorhandenen PC(MCIA)-Karten-Schlitze gesteckt wird. Für PCs und Notebooks gleichermaßen geeignet sind externe WLAN-USB-Adapter, die über einen USB-Anschluss mit dem Computer verbunden werden. Außerdem können PCs mit einem entsprechenden internen WLAN-Einschub (PCI) ausgerüstet werden.

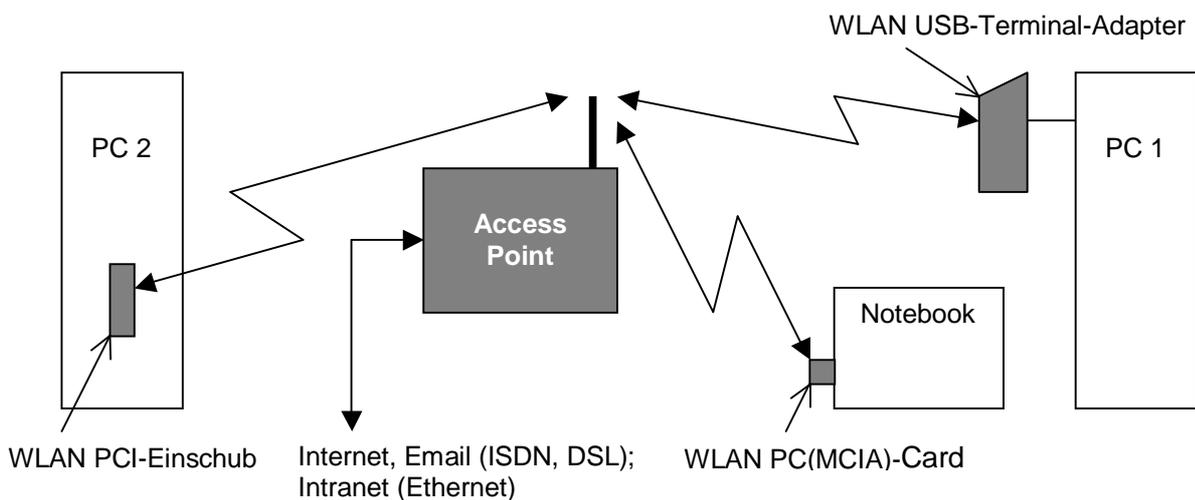


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau eines WLAN (Access Point und drei verschiedene Teilnehmer)



Abb. 2: Beispiele für WLAN Access Points



Abb. 3: Beispiele für WLAN PC-Cards (vorne links und seitlich im Notebook) sowie WLAN USB-Terminal-Adapter (hinten)

Bei dieser Konfiguration mit Access Point handelt es sich um eine hierarchische Netzwerk-Struktur, in welcher der Access Point „das Sagen“ hat. Und dies tut er auch, selbst im Bereitschaftszustand, wenn keiner der Teilnehmer aktiv ist. Dann sendet der Access Point ständig ein periodisch gepulstes Bereitschaftssignal aus; die Pulsfrequenz beträgt etwa 10 Hertz bis zu einigen zehn Hertz. Die Abwicklung des Datenverkehrs mit aktiven Teilnehmern erfolgt ebenfalls gepulst, aber mit höheren Pulsfrequenzen. Periodisch gepulste Hochfrequenz kommt auch bei den GSM-Mobilfunksystemen zum Einsatz, und u.a. aus diesem Grund werden sie besonders kritisch gesehen, da die periodische Pulsung im Verdacht steht, spezielle biologische Effekte zu verursachen und damit besondere gesundheitliche Risiken zu bergen.

Die Entfernung zwischen Access Point und den drahtlos angeschlossenen Computern darf üblicherweise einige zehn bis maximal hundert Meter betragen. Mit Richtantennen können im Freien bis zu 2 km überbrückt werden.

Die Reichweite zwischen den Komponenten beträgt ca. 100 m; mit Richtantennen können im Freien bis zu 2 km überbrückt werden. Die maximal zulässige so genannte äquivalente isotrope Strahlungsleistung EIRP (d.h. Senderausgangsleistung plus Berücksichtigung der Antennen-Richtwirkung) beträgt 100 mW.

Warum erfreuen sich WLANs immer größerer Beliebtheit?

WLANs erscheinen erst einmal einfach praktisch. Man kann sich ein Netzwerk einrichten, ohne Kabel verlegen und dabei ggf. Mauern durchbohren oder Schlitzlöcher klopfen zu müssen. Ganz ohne Baustellendreck!

Dazu kommt der allgemeine Preisverfall, den WLANs in den letzten Jahren erlebt haben; eine Grundkonfiguration von Access Point und PC-Card ist heute schon für 120 - 150 Euro zu haben. Und zwar problemlos, das Marktangebot ist in Fülle vorhanden.

Schließlich ist der laufende Betrieb eines WLAN kostenlos, da die Systeme in lizenzfreien Frequenzbänder arbeiten: Diese Frequenzbereiche sind für nicht lizenzierte Funkanwendungen frei gegeben; d.h. sie dürfen von jedermann kostenlos benutzt werden, so lange er Geräte verwendet, die die gesetzten technischen Randbedingungen einhalten. Die Anmeldung bei einer Behörde (RegTP = **Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post**) und die Zahlung einer Nutzungsgebühr sind nicht erforderlich. Wer sich ein WLAN kauft und installiert, kann dann gleich „loslegen“.

WLANS sind mittlerweile an einer ganzen Reihe von so genannten Hot Spots installiert, also Orten, an denen sich viele Menschen aufhalten – die ihr Notebook oder ihren Organizer bzw. Palmtop mitgebracht haben – und von denen man vermutet, dass Sie dort ein dringendes Bedürfnis nach Surfen im Internet und dem Versenden und Empfangen von Emails haben. Dies sind vorzugsweise Warteräume in Flughäfen und Hotels, Cafés an zentralen Plätzen oder ganze Universitätsgelände. Mittlerweile wird auch der Einsatz an Schulen für den PC-Unterricht immer beliebter oder um den Schülern auch während der Schulzeit jederzeit den Zugriff auf Internet und Email zu ermöglichen.

Doch damit nicht genug. „Die Unterhaltungselektronik verschmilzt mit dem PC und dem Internet: Draht- und Funkverbindungen ermöglichen es, dass MP3-Musik, digitale Urlaubsbilder, TV-Mitschnitte und DVD-Spielfilme in der ganzen Wohnung oder im Haus zu hören und zu sehen sind. Was in der Computerwelt längst üblich ist, etabliert sich zunehmend auch im Entertainment-Bereich: Kabelnetzwerke und drahtlose WLAN-Lösungen verbinden die Geräte und ermöglichen so ein vollständig vernetztes Heim. Schnittstellen für den Aufbau eines Netzwerks gibt es mit der IFA 2003 (Internationale Funkausstellung, Berlin) auch in Heimkino-Anlagen, in DVD-Playern, in Festplatten-Videorecordern, in Multimedia-Fernsehern und in speziellen Medienreceivern. Sie dekodieren praktisch alles, was andere Geräte im Netz an Bild und Ton anbieten, und leiten es an konventionelle Fernseher oder HiFi-Anlagen weiter. Wer etwa Filme und Musikdateien auf seinem PC gespeichert hat, kann künftig über Netzwerk-taugliche Wiedergabegeräte überall in der Wohnung darauf zugreifen.“ [1]

„Die Integration der Unterhaltungselektronik ist dabei nicht die letzte Bastion: Auch für den Gütersloher Hausgerätehersteller Miele ist Heimvernetzung längst kein Fremdwort mehr. Integriert in eine Einbauküche hat das Unternehmen im Frühjahr das Terminal „Miele@home“ zur Steuerung von Hausgeräten vorgestellt. Nicht nur Waschmaschine, Spülmaschine und Kühlschrank, auch die Heizung und die Schließanlage können künftig über den Miele-Zentralrechner gesteuert werden.“ [1]

Strahlungsbelastungen durch WLANS

Zu den Emissionen von WLANS bzw. ihren Komponenten liegen drei umfangreichere Untersuchungen vor, die im Folgenden näher betrachtet werden:

- TEST WLAN-Hotspots, ÖKO-TEST Magazin Nr. 11, November 2002 [2]
- Universität Bremen 2001: Gutachten zur EMVU-Belastung durch das WLAN [3]
- TEST WLAN-Zugangsknoten, ÖKO-TEST Magazin Nr. 10, Oktober 2003 [4]

TEST WLAN-Hotspots, ÖKO-TEST Magazin 11/2002

Das ÖKO-TEST-Magazin hat in fünf Städten Deutschlands an jeweils mehreren Stellen in der Nähe von öffentlichen WLAN-Anlagen Immissionsmessungen durchführen lassen. Die Messergebnisse (vgl. Tabelle 1) zeigen eine sehr hohe Streubreite der Immissionen, die von einigen $\mu\text{W}/\text{m}^2$ bis zu $23.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ reichen. Wie bei Mobilfunk-Basisstationen hängen auch bei den Access Points der WLAN-Hotspots die Immissionen von einer Vielzahl von Faktoren ab, wie z.B. Sendeleistung, Art der Antenne (Rundstrahler oder Richt-/Sektorantenne), bei

Richtantennen Lage zur Hauptstrahlrichtung, vertikaler und horizontaler Abstand zur Antenne, Dämpfungsfaktoren wie Gebäudeteile oder Einrichtungsgegenstände usw.

TEST WLAN-Hotspots	Aachen, Marktplatz	Münster, Geologisches Museum, Flur EG	Münster, Keller Schloss	Münster, Keller Schloss	München, Flughafen Halle D, nördlicher Bereich	Göttingen, Juristische Bibliothek
Betreiber	Accom	Westfälische Wilhelms- Universität	Westfälische Wilhelms- Universität	Westfälische Wilhelms- Universität	Flughafen München- Erding	GWD Göttingen
Lage der Antenne	Fenster in 8 m Höhe	Rundstrahl- Antenne	Rundstrahl- Antenne hinter Ver- kleidung	Rundstrahl- Antenne hinter Ver- kleidung	2 Sekto- ren- Antennen	2 Rund- strahl- Antennen
Sichtkontakt	ja	nein	nein	nein	ja	ja
Messabstand zur Antenne in Metern	10	4	15	5	2	1
Besonderheiten des Mess- Standpunktes	keine	Flur unter Raum mit Rundstrahl- antenne, massi- ve Decke	keine	keine	Summe beider Antennen erfasst	Summe beider Antennen erfasst
Gepulste hochfrequente elektromagnetische Strahlung	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Strahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{m}^2$	7	5	320	1 300	4 200	23 000
Gesamturteil	niedrige Belastung	niedrige Belastung	mittlere Belastung	hohe Belas- tung	hohe Belas- tung	hohe Belas- tung

»Niedrige Belastungen« sind Strahlungsstärken unter $100 \mu\text{W}/\text{m}^2$. »Mittlere Belastungen« liegen zwischen 100 und $1.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$. »Hohe Belastungen« überschreiten $1.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$. [2, S. 129]

Tab. 1: Auszug aus den Messergebnissen des ÖKO-TEST Magazins WLAN-Hotspots [2, S. 128-129]

Zusammenfassend empfiehlt das ÖKO-TEST-Magazin [2, S. 127]:

- „Die Messungen zeigen, dass die Strahlung mit zunehmendem Abstand von WLAN-Antennen rapide abnimmt. Halten Sie idealerweise einen Mindestabstand von zehn Metern ein.
- Vernetzen Sie Ihre Rechner zu Hause lieber kabelgebunden.
- In Schulen und Kindergärten sollte auf WLAN verzichtet werden, da Kinder vermutlich besonders sensibel auf gepulste Strahlung reagieren.
- Die größte Strahlenbelastung beim drahtlosen Surfen geht in der Regel von der WLAN-Karte im Laptop aus. Schalten Sie die Karte ab, wenn Sie sie nicht benötigen.“

Das ÖKO-TEST-Magazin stellt in seiner Untersuchung bezüglich der Strahlungsbelastung durch die WLAN PC-Karte im eigenen Notebook des Benutzers fest:

„Während Passanten durch WLAN kaum belastet wurden, bekommen die WLAN-Nutzer durch die ebenfalls sendenden Funkkarten in den Laptops deutlich mehr Strahlung ab.

15 000 bis 20 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ wurden in einem Meter Abstand zur WLAN-Karte gemessen.

Ein Handy strahlt während des Telefonats allerdings drei- bis zehnmal so stark und auch die DECT-Telefone senden bis zu viermal stärker.“ [2, S. 127]

Universität Bremen: Gutachten zur EMVU-Belastung durch das Campus-WLAN

Die Universität Bremen hat auf ihrem Campus ein dichtes Netz von WLAN Access Points eingerichtet. Im Jahr 2001 hat sie ein Gutachten "zur Feststellung der Belastung durch hochfrequente elektromagnetische Strahlung durch Funk-Netzwerke an der Universität Bremen" [3] anfertigen lassen. An insgesamt zehn ausgewählten Standorten wurden exemplarisch die WLAN-Immissionen gemessen.

Tabelle 2 zeigt einen Auszug aus den Messergebnissen.

Uni Bremen WLAN Access Points Messort	Bemerkung	Strahlungsdichte in $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Raum 122	Höhe 1,20 m Höhe 1,70 m Höhe 2,00 m	792 2.504 1.989
Raum 143	Arbeitsplatz a Arbeitsplatz b	0,5 1
Raum 4200	Abstand 3,80 m Abstand 2,50 m	529 666
Cafeteria	1. Balkon	8

Tab. 2: Immissionen von WLAN Access Points an verschiedenen Messorten der Universität Bremen [3]

In dem Gutachten werden auch Vergleiche mit den Immissionen anderer Funkdienste (UKW-Rundfunk, UHF-Fernsehen, Mobilfunk D-Netz und E-Netz) an den gleichen Messorten durchgeführt. Diese Vergleiche zeigen, dass in der Nähe der Access Points deren Immissionen – teilweise kräftig – dominieren, während bei größeren Entfernungen die Immissionen der übrigen Funkdienste meist stärker sind.

Uni Bremen WLAN PC-Karte im Notebook	Abstand in Meter	Strahlungsdichte in $\mu\text{W}/\text{m}^2$
WLAN PC-Karte	1,50	1.580
WLAN PC-Karte	0,60	3.150
WLAN PC-Karte	0,35	3.970
WLAN PC-Karte	0,10	49.960

Tab. 3: Immissionen einer WLAN PC-Karte im Notebook bei verschiedenen Abständen [3]

Die Messungen zeigen eine starke Zunahme der Strahlungsdichte mit kleiner werdendem Abstand. Eine Entfernung von 0,35 m und weniger kann als repräsentativ für die normale Notebook-Benutzung angesehen werden. Die damit verbundene Strahlungsdichte von ca. $4.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ und mehr stellt somit gemäß diesen Messungen die typische Belastung eines Notebook-Benutzers bei aktiver WLAN PC-Card dar.

TEST WLAN-Zugangsknoten (Access Points), ÖKO-TEST Magazin 10/2003

In der Ausgabe November 2003 hat das ÖKO-TEST-Magazin die Messergebnisse von acht WLAN Access Points (Zugangsknoten) veröffentlicht.

Die gemessenen Strahlungsdichten in einem Meter Abstand vom Access Point schwanken je nach Modell zwischen $1.220 \mu\text{W}/\text{m}^2$ und $101.500 \mu\text{W}/\text{m}^2$; die Mehrzahl liegt um ca. $1.500 \mu\text{W}/\text{m}^2$. In fünf Meter Abstand wurden noch $45 \mu\text{W}/\text{m}^2$ bis $4.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ gemessen (Mehrzahl um ca. $55 \mu\text{W}/\text{m}^2$).

Das ÖKO-TEST-Magazin empfiehlt:

- Mit dem Access-Point den größtmöglichen Abstand zu Daueraufenthaltsorten (insbesondere zu Schlaf-, Wohn- und Kinderzimmern) einhalten. Oft bietet sich der Wohnungsflur als Standort an, weil sich niemand länger dort aufhält und meist in allen Räumen guter Empfang ist.
- Da die Access-Points Dauersender sind, ist es ratsam, sie an eine schaltbare Steckdose anzuschließen, die bei Nichtgebrauch ausgeschaltet wird.
- Benutzer, die sich per Notebook oder PC ins WLAN einwählen, sollten zudem wissen, dass die eingebaute Funkkarte mit bis zu $15.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ in einem Meter Abstand strahlt.

Fazit und Handlungsempfehlungen

Die abgestrahlten Signale der digitalen Funkdienste GSM-Mobilfunk, DECT-Schnurlostelefone und WLAN weisen hohe Gemeinsamkeiten auf:

Es handelt sich in allen genannten Fällen um periodisch gepulste Strahlung, und die Basisstationen der Systeme senden permanent – auch wenn gar keine Nutzdaten zu übertragen sind – dieses gepulste Signal mit unverminderter Spitzenleistung aus.

Die maximal zulässige Leistung der WLAN-Geräte liegt mit 100 Milliwatt zwar deutlich unter der Maximalleistung von Mobilfunk-Handys oder -Basisstationen; die Mobilfunk-Handys senden jedoch nur beim Telefonieren und nicht dauernd. Sie sind zudem leistungsgeregelt, d.h. sie senden nicht immer mit ihrer höchstmöglichen Leistung, sondern nur mit der für eine stabile Verbindung gerade erforderlichen Leistung. Die dauersendenden Mobilfunk-Basisstationen befinden sich i.d.R. in weitaus größerer Entfernung und außerhalb des Gebäudes.

So können WLAN Access Points im Innenraum die dominierende Hochfrequenzquelle und damit ein nicht zu vernachlässigendes gesundheitliches Risiko darstellen, wenn man sich in ihrem Nahbereich (einige Meter bis ca. 10 Meter) befindet.

Die Benutzer der mit WLAN-Karten ausgestatteten Notebooks bzw. mit WLAN-Adaptoren versehenen PCs befinden sich zwangsläufig in großer Nähe zur Sendeantenne und sind entsprechend hohen Immissionen ausgesetzt.

Trotz vieler warnender Forschungsergebnisse gelten die mit periodisch gepulster Strahlung arbeitenden Systeme offiziell als unbedenklich, da sie keinen der geltenden Grenzwerte überschreiten. Diese Grenzwerte basieren allerdings allein auf der Wärmewirkung von hochfrequenter Strahlung; Auswirkungen auf die empfindlichen Regulationssysteme des menschlichen Organismus (wie z.B. Nerven-, Hormon- und Immunsystem, Zellkommunikation) sind hierin nicht berücksichtigt. Dabei gibt es mittlerweile eine Vielzahl von ernst zu nehmenden Hinweisen aus wissenschaftlichen Untersuchungen, dass auch Belastungen weit unterhalb der offiziellen Grenzwerte ein biologisches Risiko darstellen. So plädieren kritische Wissenschaftler z.B. dafür, Strahlungsdichten von $100 \mu\text{W}/\text{m}^2$ aus Vorsorgegründen nicht zu überschreiten [5].

Im Vergleich mit den oben aufgeführten Messwerten wird deutlich, dass der WLAN-Technik somit keine gesundheitliche Unbedenklichkeit attestiert werden kann.

Auch ohne Technikfeindlichkeit sollten Notwendigkeit und Nutzen neuer Technologien kritisch hinterfragt werden; bei der vorliegenden Vielzahl von Hinweisen auf erhöhte biologische Risiken sollte eher Vorsicht geboten sein und das Minimierungsgebot konsequent Anwendung finden:

Zur Datenübertragung sollten grundsätzlich leitungsgebundene Netzwerke und keine drahtlosen Funk-Netzwerke verwendet werden. Leitungsgebundene Netzwerke sind übrigens auch heute noch schneller als WLANs selbst bei optimaler Verbindung, und zudem sind sie weniger anfällig für Störungen.

Wenn drahtlose Verbindungen per WLAN unumgänglich sind, sollten die Komponenten – insbesondere die dauersendenden Access Points – nur mit der niedrigsten benötigten Leistung betrieben werden. Zur Reduzierung der Leistung können ggf. Dämpfungsglieder zwischen Sender und Antenne montiert werden.

Eine intelligente Planung der Aufstellungsorte der Antennen unter Berücksichtigung ihrer eventuellen Richtwirkung kann helfen, die Immissionen dort zu minimieren, wo sich Personen aufhalten. Zu den Antennen von Access Points sollte mindestens ein Abstand von fünf, besser zehn Metern eingehalten werden.

Wird ein drahtloses Netzwerk aktuell nicht benötigt, so sollte der Access Point abgeschaltet werden, insbesondere über Nacht.

WLAN-Systeme sollten in Wohnungen nicht eingesetzt werden; ebenso nicht in Gebäuden, in denen sich Kinder und Jugendliche länger aufhalten (Kindergärten, Schulen).

Bei den Notebooks kann eine Reduzierung der Strahlungsexposition nur durch Abstandhalten (nicht praktikabel) oder Nicht-Benutzung bzw. Entfernen der WLAN PC-Karte erreicht werden.

Auch wenn die Immissionen von WLANs im Vergleich zu anderen gepulsten Funksystemen im Fernbereich meist niedriger ausfallen, so stellen sie doch in jedem Fall einen zusätzlichen und in vielen Fällen vermeidbaren Belastungsfaktor für den menschlichen Organismus dar.

Anhang: Technische Standards für WLANs

Wenn heute allgemein vom WLAN die Rede ist, so ist damit i.d.R. ein Funknetzwerk gemäß der technischen Spezifikation IEEE 802.11b oder der jüngeren und leistungsfähigeren Spezifikation IEEE 802.11g gemeint.

Diese Systeme arbeiten lizenzfrei im so genannten ISM-Frequenzbereich (Industrial, Scientific, Medical) von 2.400 MHz (Megahertz) bis 2.483,5 MHz. Ausgedrückt in der Maßeinheit GHz (Gigahertz) entspricht dies dem Frequenzbereich von 2,4 GHz bis 2,4835 GHz; er wird häufig auch abgekürzt als 2,4 GHz-Frequenzband bezeichnet.

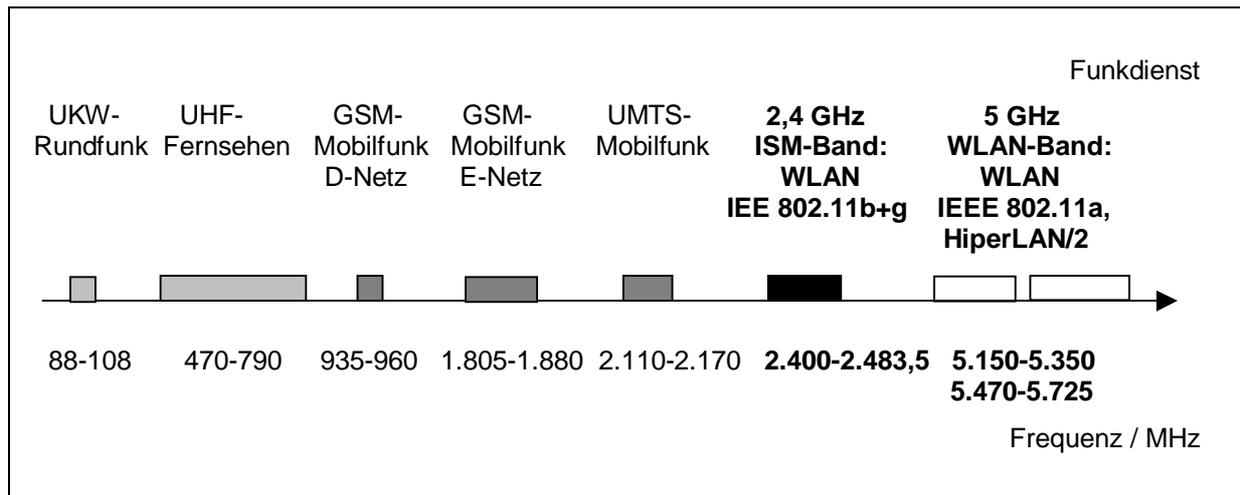


Abb. 4: Lage der WLAN-Frequenzbereiche in Relation zu anderen Funkdiensten

Häufig sind WLANs mit der Zusatzbezeichnung „WiFi“ (**W**ireless **F**idelity) zu finden. Hierbei handelt es sich um Systeme, die die Spezifikationen der so genannten „Kompatibilität“ bzw. „Interoperabilität“ des Standards IEEE 802.11b erfüllen, so dass auch Komponenten unterschiedlicher Hersteller miteinander kommunizieren können.

Als für den Hausgebrauch „abgespeckte“ und daher etwas preiswertere Variante ist bisweilen auch der Standard „HomeRF“ im Handel zu finden.

Der IEEE 802.11-Standard mit dem Schlussbuchstaben g stellt eine Weiterentwicklung des heute am weitesten verbreiteten Standards IEEE 802.11b dar und ermöglicht eine – theoretische, in der Praxis selten zu erreichende – Datenrate von bis zu 54 MegaBit pro Sekunde (MBit/s) bei optimalen Verbindungsbedingungen. Der ältere b-Standard ermöglicht dagegen lediglich bis zu 11 MBit/s (mit dem Zusatz „11b+“ bis zu 22 MBit/s). Allerdings sind selbst die 11 MBit/s mehr als fünfmal so schnell, wie die höchstmögliche Übertragungsrate des neuen Mobilfunksystems UMTS! Daher wird in den WLANs durchaus eine gewisse Konkurrenz zu UMTS gesehen, sind sie doch heute schon wesentlich schneller als UMTS jemals sein wird – und das obendrein zum Nulltarif!

Aufgrund der starken aktuellen – und für die Zukunft noch stärker erwarteten – Nachfrage hat die RegTP am 13.11.2002 weitere lizenzfreie Frequenzbänder im 5 GHz-Bereich (5.150 - 5.350 GHz und 5.470 - 5.725 GHz) zur Nutzung durch schnelle WLANs (24 - 54 MBit/s) frei gegeben. Diese WLANs arbeiten nach den technischen Standards IEEE 802.11a (USA-Standard) bzw. HiperLAN/2 (**H**igh **P**erformance **E**uropean Radio **L**AN/2, europäischer Standard), die beide sehr eng miteinander verwandt sind.

Der 5 GHz-WLAN-Bereich soll ausschließlich der Nutzung durch WLANs vorbehalten sein. Den 2,4 GHz ISM-Bereich müssen sich die WLANs dagegen mit anderen, auf den gleichen

Frequenzen sendenden Anwendungen teilen, wie z.B. dem Kurzstreckenfunk Bluetooth, Funkübertragungssystemen für drahtlose Kameras sowie Video und schließlich auch mit den Mikrowellenherden in den Haushalten („Leckstrahlung“). Daher ist hier mit häufigeren gegenseitigen Störungen zu rechnen.

Literaturverzeichnis

- [1] Folker Lück: Irgendetwas funkt immer – IFA 2003: Netzwerke erobern den Wohnbereich - Immer mehr Wireless-Lösungen zu Hause; in: VDI nachrichten, 22.8.2003, VDI Verlag GmbH Düsseldorf
- [2] Eddelbüttel, Doris: Es hat gefunkt – Test WLAN-Hotspots; in: ÖKO-TEST-Magazin Nr. 11, November 2002, ÖKO-TEST-Verlag GmbH Frankfurt/Main; S. 129-129
- [3] Universität Bremen 2001: Gutachten zur EMVU-Belastung durch das WLAN; Universität Bremen, Arbeitsgruppe WLAN-Infrastruktur, Postfach 33 04 40, 28334 Bremen; www.dmn.tzi.org/wlan/wlan-emvu-gutachten-bremen.pdf
- [4] Eddelbüttel, Doris: Unsichtbare Netze – Test WLAN-Zugangsknoten; in: ÖKO-TEST-Magazin Nr. 10, Oktober 2003, ÖKO-TEST-Verlag GmbH Frankfurt/Main; S. 108-111
- [5] Europäisches Parlament, Generaldirektion Wissenschaft – Direktion A (Hrsg.): Die physiologischen und umweltrelevanten Auswirkungen nicht ionisierender elektromagnetischer Strahlung, STOA – Scientific and Technological Options Assessment (Bewertung wissenschaftlicher und technologischer Optionen), Options Brief und Zusammenfassung, PE Nr. 297.574, März 2001, www.europarl.eu.int/stoa/publi/pdf/summaries/00-07-03sum_de.pdf
- [6] Virnich, Martin: Zukünftige Funksysteme – Gepulst oder nicht? in: „Energieversorgung & Mobilfunk“, Tagungsband der 1. EMV-Tagung des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen – VDB e.V., 19.-20. April 2002 im ÖKO-Zentrum NRW, Hamm; Im Verlag der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) e.V., Springe-Eldagsen 2002, ISBN 3-930576-04-3; S. 69-105
- [7] Haumann, Thomas: Drahtlose Inhouse-Kommunikation; in: „Energieversorgung & Mobilfunk“, Tagungsband der 2. EMV-Tagung des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen – VDB e.V., 03.-04. April 2003 in München; Im Verlag des AnBUS e.V., Fürth 2003, ISBN 3-9808428-2-7; S. 45-56

© Dr.-Ing. Martin H. Virnich

Oktober 2003

Ingenieurbüro für Baubiologie und Umweltmesstechnik

Dürerstraße 36

41063 Mönchengladbach