

Wie sieht es mit der elektromagnetischen Strahlung aus?

Internet über Funk



Abb. 1: Mobiler Internetzugang mittels UMTS-Stick am USB-Anschluss

1 Einleitung

Mit dem Siegeszug des Internets haben immer mehr Menschen den Wunsch, Daten im Internet auszutauschen. Neben den drahtgebundenen Wegen Kabelfernsehen und Telefonleitung gibt es mehrere drahtlose Wege ins Internet: Die bekanntesten sind WLAN-Hotspots, Internet über Mobilfunk, Satelliteninternet und Funk-DSL.

Bewegten sich die Datenraten bei Internet über Mobilfunk anfangs noch in der Region langsamer Modem- oder Fax-Verbindungen, sorgten stetige Optimierungen der GSM-Netze und die Einführung der UMTS- und LTE-Netze für eine deutliche Steigerung des Datendurchsatzes. Von der Geschwindigkeit her können UMTS und LTE inzwischen als Alternative zum drahtgebundenen DSL angesehen werden. Sie werden nun auch im ländlichen Raum ausgebaut, wo das Interesse mangels DSL-Verfügbarkeit hoch ist.

Man unterscheidet mobile und stationäre Funklösungen. Da viele Häuser zu weit von der nächstgelegenen Vermittlungsstelle entfernt liegen und auch keinen Kabelanschluss haben, steht dort kein kabelgebundenes Breitband-Internet zur Verfügung. Investitionen in lange Glasfaserstrecken und Minivermittlungsstellen stehen oft in keinem Verhältnis zur Anzahl potenzieller Nutzer. Hier kann mit einer Funklösung schnell und kostengünstig Abhilfe geschaffen werden.

2 Zugangstechnologien

2.1 Internet über Mobilfunk (GSM, UMTS, LTE)

Internet über Mobilfunk ist in Deutschland die mit Abstand bedeutendste Funklösung, da es in Deutschland mittlerweile flächendeckend verfügbar ist. Die höchste Datenrate ist dabei in den jüngsten Mobilfunknetzen, den LTE-Netzen, zu erzielen. Dieser Dienst erreicht mittlerweile Übertragungsgeschwindigkeiten von bis zu 100 MBit/s und liegt damit theoretisch gleich auf mit schnellsten Glasfaser- oder Kabelanschlüssen. Dies setzt jedoch die exklusive Nutzbarkeit einer LTE-Funkzelle und optimale Funkbedingungen voraus. In der Praxis ist dies eher selten der Fall. Mobilfunknetze sind jedoch mit LTE erstmals in der Lage, einer großen Anzahl von Internetnutzern stabile Übertragungsgeschwindigkeiten im Bereich um 10 MBit/s zur Verfügung stellen zu können. Dank der Freigabe ehemaliger Fernsehfrequenzen mit hoher Reichweite, ist nun auch im ländlichen Raum ein Ausbau des mobilen Internets mit LTE zu beobachten. Die LTE-Netze sind derzeit noch in einem frühen Ausbaustadium und LTE-Smartphones werden gerade erst verfügbar.

In den UMTS-Netzen betragen die maximalen Datenübertragungsraten heute 21 MBit/s, typisch sind jedoch eher 1 – 5 MBit/s im Download. Die UMTS-Netze starteten in Deutschland bereits im Jahr 2004. Mitte 2010 betrug die UMTS-Netzabdeckung je nach Anbieter bereits 65 – 82 % bezogen auf die Bevölkerung und zwischen 20 % und 49 % bezogen auf die Fläche (Quelle: BNetzA). Fast alle modernen Smartphones beherrschen heute den UMTS-Standard. Für Laptops werden UMTS-Sticks angeboten, die den mobilen Internetzugang ermöglichen (siehe Titelbild), sie wechseln in Gebieten ohne UMTS-Netzabdeckung automatisch in den GSM-Modus.

Der Datendienst GSM-EDGE ist mit einer Datenrate von 150 bis 200 kBit/s deutlich langsamer als UMTS, hat dafür aber eine sehr hohe Reichweite. Er ist einfach in bestehende GSM-Basisstationen zu integrieren und deswegen mittlerweile fast flächendeckend verfügbar. Im Vergleich mit anderen Funkdiensten bringt er die höchsten Immissionen mit sich; UMTS benötigt bei gleicher Bandbreite rund 80 % weniger Sendeleistung. LTE-Netze haben ähnlich geringe Immissionen wie UMTS-Netze.

Internet über Mobilfunk hat gegenüber klassischen DSL-Anschlüssen den großen Vorteil der Mobilität, aber auch einige Einschränkungen: Aufgrund beschränkter Übertragungskapazitäten der Mobilfunknetze werden Nutzer typischerweise nach 5-10 GByte Datenvolumen bis zum Ende des Abrechnungsmonats auf 64 kBit/s heruntergebremst. VoIP (Internettelefonie), P2P (Filesharing) und Instant-Messaging werden in der Regel technisch verhindert.

2.2 Satelliteninternet

Satelliteninternet ist eine Nischentechnologie zur Versorgung DSL-freier Gebiete und benötigt keine kommunale Infrastruktur. Es ist mit den monatlichen Kosten fast mit DSL vergleichbar und wie Satellitenfernsehen deutschlandweit flächendeckend in gleicher Qualität und vor allem sofort nutzbar. Oft wird Satelliteninternet auch als Übergangslösung bis zum DSL-Ausbau installiert. Wie beim Satellitenfernsehen muss eine Parabolantenne am Haus angebracht, zum Satelliten ausgerichtet und mit dem Modem verbunden werden. Heute sind 2-Wege-Systeme im Ka-Band üblich wie z.B. der "Ka-Sat"; dabei werden nicht nur Daten auf Frequenzen um 20 GHz empfangen (downlink), sondern können mit einer Sendeleistung von bis zu 2 W und einer Frequenz von 30 GHz auch zum Satelliten gesendet werden (uplink). Bedingt durch die starke Richtwirkung der Antenne (Strahlöffnungswinkel circa 1°) treten in der Umgebung praktisch keine Immissionen auf.

Nachteil des Satelliteninternets sind die hohen Verzögerungszeiten (Ping) von etwa 800 ms wegen der langen Signalwege zum Satelliten in 38.000 km Entfernung, was bei Telefonaten irritiert und es für Onlinespiele unbrauchbar macht. Moderne Internet-Satelliten bieten heute hohe Übertragungsgeschwindigkeiten um 10 MBit/s und haben so hohe Übertragungskapazitäten, dass mehrere Firmen seit Kurzem sogar Internet-Flatrates über Satellit anbieten können.

2.3 Funk-DSL (WLAN-outdoor, WDSL)

Funk-DSL ist wie Satelliteninternet eine Nischentechnologie zur Versorgung von Gebieten ohne oder nur mit langsamem DSL. Für Privatanutzer werden heute Systeme zwischen 2 und 20 MBit/s angeboten, deren Leistungsfähigkeit sich teilweise von normalem DSL nicht mehr unterscheidet. Schon bei geringen Nutzerzahlen kann ein solches System kostendeckend betrieben werden. Bei Funk-DSL versorgt eine Basisstation mit einer Rundstrahlantenne an einem erhöhten Standort typischerweise 20 bis 50 Endkunden, die mittels einer kleinen Außenantenne oder einer Zimmerantenne am Fenster mit der Basisstation verbunden sind. Auch Distanzen von mehreren Kilometern sind mit Außenantennen bei Sichtverbindung problemlos überbrückbar.

Funk-DSL-Basisstationen verwenden die lizenzfreien Frequenzbänder um 2,4 GHz und 5,7 GHz mit Sendeleistungen bis zu 1 W. Die Basisstationen selbst sind über Richtfunkstrecken (6 bis 40 GHz, Sendeleistung einige Milliwatt) miteinander verbunden. Die Immissionen der Richtfunkstrecken sind kaum nachweisbar, die der Basisstationen sind aufgrund der geringen Sendeleistungen etwa 1000-fach geringer als die von Mobilfunk; die der Endgeräte sind vergleichbar.



Abb. 2: Richtfunkantenne für Funk-DSL

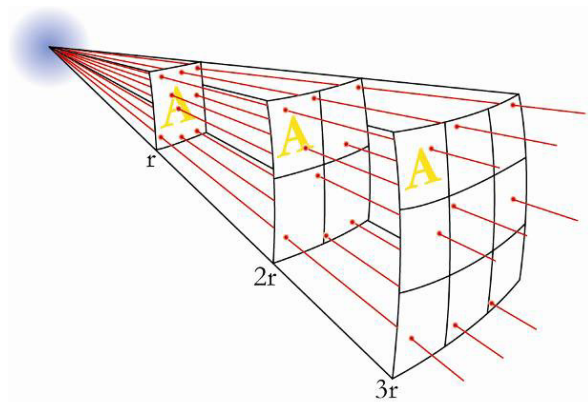


Abb. 3: Quadratische Abnahme der Leistungsflussdichte mit der Entfernung

2.4 WLAN, WLAN-Hotspots

WLAN ist der Funkstandard für den Indoorbereich, ist mittlerweile millionenfach verbreitet und in fast jedem DSL-Modem eingebaut. WLAN wird im Frequenzband um 2,4 GHz mit Sendeleistungen bis zu 100 mW lizenzfrei betrieben. Da das Frequenzband sehr schmal ist, stören sich WLAN Geräte oft gegenseitig, auch Mikrowellenherde verwenden dieses Frequenzband und stören den Betrieb von WLAN. Der WLAN-11n-Standard nutzt zusätzlich das lizenzfreie 5,7-GHz-Band mit bis zu 1 W Sendeleistung.

WLAN-Hotspots sind öffentliche drahtlose Internetzugriffspunkte, die hauptsächlich gegen Bezahlung bereitgestellt werden. Sie sind meistens in Hotels, Restaurants, Flughäfen, Bahnhöfen, öffentlichen Plätzen usw. installiert. Mit einem Notebook, PDA oder Mobiltelefon kann man eine Verbindung zum Internet aufbauen.

3 Elektromagnetische Felder

Internet über Funk braucht und erzeugt elektromagnetische Felder, wie sie auch bei Hörfunk, Fernsehen oder Mobilfunk vorkommen. Die Stärke dieser Felder wird durch die Leistungsflussdichte charakterisiert. Sie gibt die durch eine Fläche A fließende Leistung an, die durch ein elektromagnetisches Wellenfeld transportiert wird und hat die Einheit W/m^2 (Watt pro Quadratmeter).

Bei freier Ausbreitung nimmt die Leistungsflussdichte umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung ab. Die Punktquelle S in obiger Grafik steht dabei für eine Mobilfunkantenne oder eine Glüh-

lampe. Jeder rote Strahl steht symbolisch für einen bestimmten Leistungsfluss. Im Abstand r ist der Leistungsfluss pro Flächenelement (Leistungsflussdichte) neunmal so hoch (9 Strahlen) wie im Abstand $3r$ (1 Strahl). Hindernisse wie Hügel, Häuser oder Bäume dämpfen die Ausbreitung noch zusätzlich. Neben der Entfernung zum Sender spielen vor allem dessen Sendeleistung und die Abstrahlcharakteristik der Sendeantenne eine wichtige Rolle.

In Deutschland regelt die Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV –, welche Leistungsflussdichten von Funkdiensten nicht überschritten werden dürfen, um gesundheitliche Schäden zu vermeiden. Die Grenzwerte sind frequenzabhängig und liegen für die relevanten Frequenzen zwischen $4 - 10 \text{ W/m}^2$.

4 Immissionen der Funkdienste im Vergleich

In der Grafik sind die Spannweiten typischer Immissionswerte gängiger Funkdienste dargestellt. Die oberste Linie (100 %) entspricht dem Grenzwert. Die Skala ist so gewählt, dass die Leistungsflussdichte von Zeile zu Zeile um jeweils einen Faktor 10 abnimmt. Die unterste Linie entspricht nur noch einem Hundertmillionstel des Grenzwerts. Das \blacklozenge -Symbol bezeichnet jeweils den Medianwert, die Hälfte der Messwerte liegt über diesem Wert, die andere Hälfte darunter. Körpernah betriebene Funktechnik wie etwa das Handy am Ohr verursachen typisch 1.000- bis 1.000.000-fach höhere Leistungsflussdichten als die zugehörigen Basisstationen.

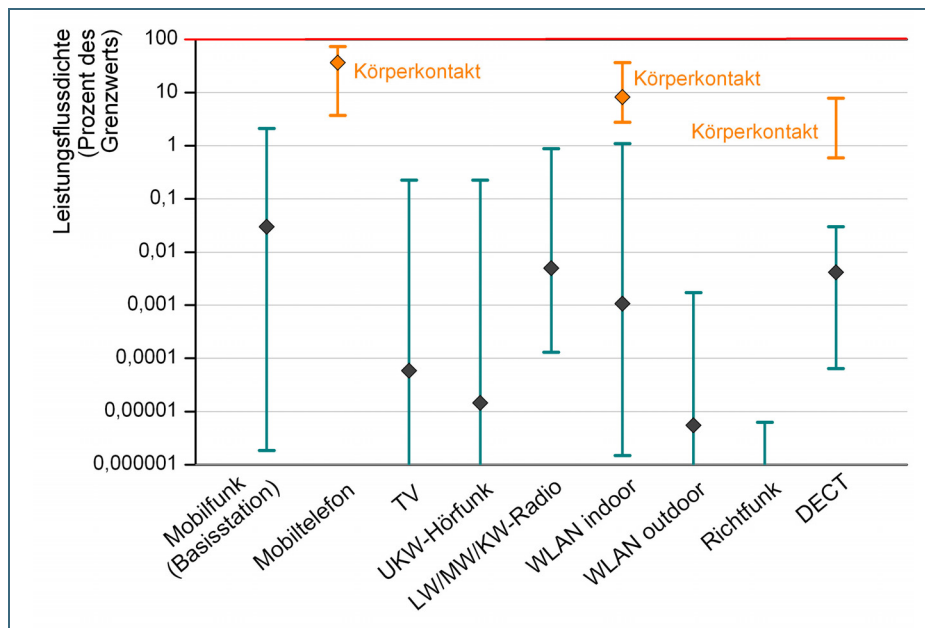


Abb. 4:
Datenquelle: EM-
Institut / IMST

Impressum:

Herausgeber:
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0
Telefax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Postanschrift:
Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bearbeitung:
LfU, Elektromagnetische Felder und Freizeitlärm,
Ref. 28 / Clemens Mehnert

Bildnachweis:
LfU (Titelbild, Leistungsflussdichte)
AllgäuDSL (Antenne am Fenster)

Stand:
November 2011

