

Internet über Funk

Wie sieht es mit der Strahlung aus?

Vortrag im Rahmen der lokalen
Breitbandmessen der Breitbandinitiative
Bayern



BREITBAND · INITIATIVE · BAYERN

Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek
Fachhochschule Deggendorf



Persönliche Tätigkeitsschwerpunkte

Professur für Nachrichtenübertragungstechnik und Mobilfunk-
technologie an der Fachhochschule Deggendorf.

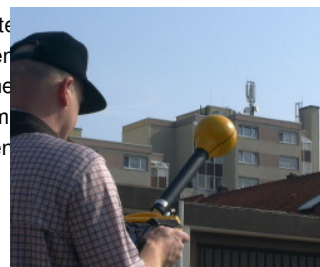
Messung bzw. Berechnung elektromagnetischer Felder in der
Umgebung von Funksendern.

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für elektro-
magnetische Umweltverträglichkeit (EMVU).

Mitarbeit in nationalen Gremien, die sich mit dem Themenbereich
"Elektromagnetische Felder und Umwelt" beschäftigen (SSK, VDE).

Projekte u.a. für

- Bundesumweltministe
- Bundesamt für Strahler
- Umweltministerien verschiedene
- Mehrere hundert Städte und Gem
- Baden-Württemberg und anderen



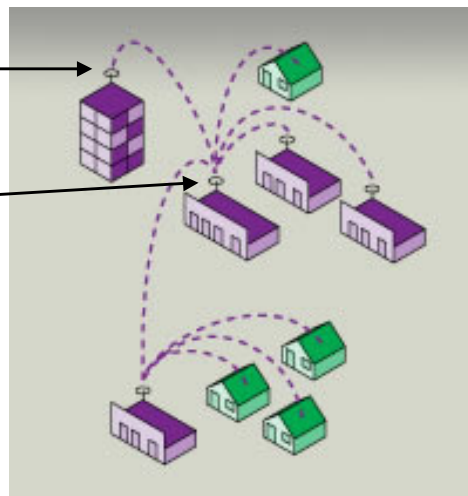
Drahtlose Wege ins Internet

Funkdienst	Frequenz	Max. Datenrate (ca.)	Verfügbar
GSM-GPRS	0,9 / 1,8 GHz	50 kbit/s	Stadt + Land
GSM-GPRS-EDGE	0,9 / 1,8 GHz	150 kbit/s	Stadt + Land
UMTS	2 GHz	400 kbit/s	Stadt
UMTS-HSDPA	2 GHz	einige Mbit/s	Stadt
UMTS-HSUPA	2 GHz	einige Mbit/s	Stadt
WLAN	2,4 / 5,4 GHz	einige Mbit/s	Stadt + Land
WiMAX	3,5 / 5,6 GHz	einige Mbit/s	Stadt + Land
Satellit	10 - 12 GHz	einige Mbit/s	Stadt + Land

Beispiel für ein örtliches Funknetz

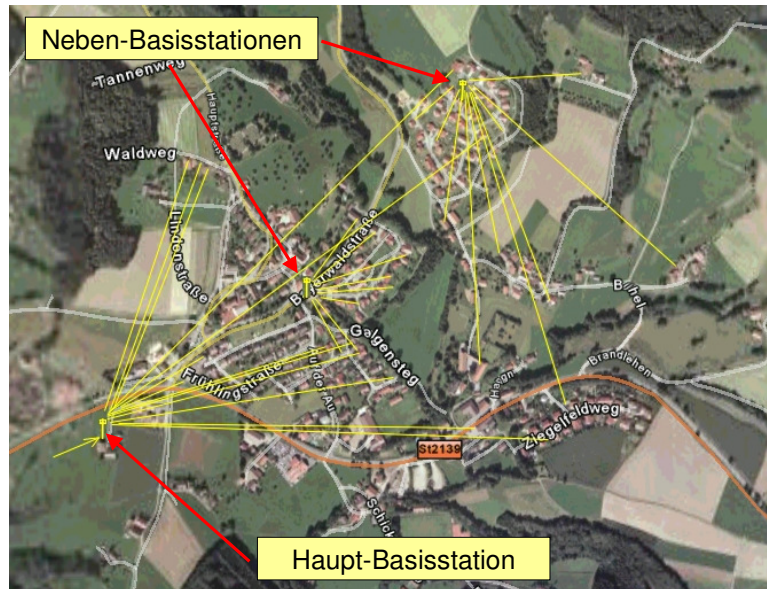
größere Basisstation

kleinere Basisstation

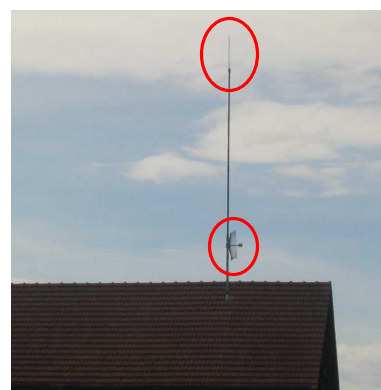
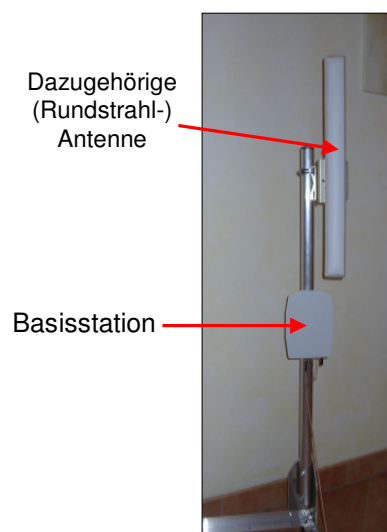


Quelle: www.mvox.de

Beispiel: WLAN-Versorgung in Neukirchen (Landkreis Straubing-Bogen)



Basisstation und typische Antennen 1

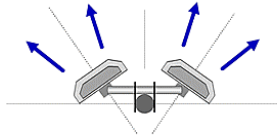


WLAN-Rundstrahlantenne auf einem Gebäudedach (Darunter: Parabolantenne zur Anbindung der Station über Richtfunk)

Basisstation und typische Antennen 2



Sektorantenne



WiMAX-Station mit
Sektorantennen

Teilnehmerantennen

Außenantenne, montiert am Mast einer
SAT-TV-Antenne



Indooreinheit zur Montage am Fenster

WiMAX-Modem



Quelle: www.ganag.de

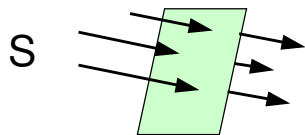
Internet über Funk ...

... *braucht* und *erzeugt*

Strahlung!

- Nicht ionisierende Strahlung
- Elektromagnetische Wellen
- Immissionen

Leistungsflussdichte



Maß für die Stärke der
Hochfrequenzstrahlung

Leistungsflussdichte S ergibt
sich aus dem Produkt der
el. und magn. Feldstärken E und H

$$S = E \cdot H \quad \frac{V}{m} \cdot \frac{A}{m} = \frac{W}{m^2}$$

Leistung pro Fläche
in Watt pro m² [W/m²]

Aufgepasst bei den Einheiten und Nullen!

1 W/m²

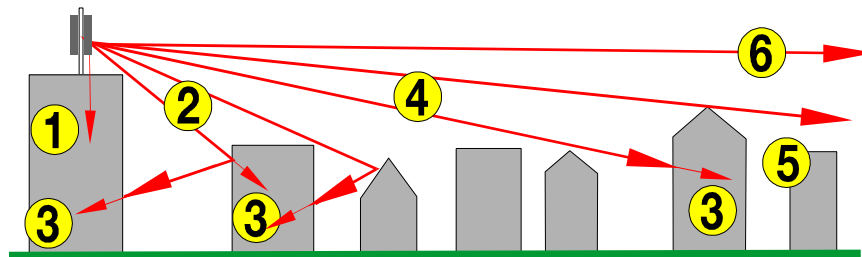
=

1.000.000 μW/m²

=

1.000.000.000 nW/m²

Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen



1. Die Antenne sendet nur relativ wenig nach **unten**.
2. In diese Richtungen sendet die Antenne abgeschwächt. Funkwellen gelangen teilweise nur über Umwege (**Reflexionen**) an ihr Ziel.
3. Beim Eindringen in **Gebäude** werden die Funkwellen um mehr als 90% **gedämpft**.

4. Hier müssen die Funkwellen einen längeren Weg zurücklegen. Durch die Entfernung werden sie geschwächt, deshalb sendet die Antenne bevorzugt in diese Richtung (**Hauptstrahl**).
5. Dieses Gebäude ist **abgeschattet**. Hier kann es eventuell Probleme mit der Funkverbindung geben.
6. Aussendungen in die **Ferne** tragen nicht zur Versorgung bei. Sie stören nur benachbarte Funkzellen.

FTEG

(Gesetz über Funkanlagen und
Telekommunikationsendeinrichtungen)

BEMFV

(Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung
elektromagnetischer Felder)

26. BImSchV

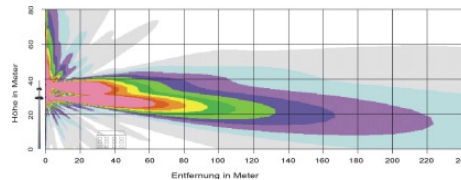
(Verordnung über elektromagnetische Felder)

Die beim Menschen ankommende Strahlung (Immission) hängt ab von....

- der Leistung der Sender,
- der Charakteristik der Sendeantenne,
- dem Abstand von der Quelle (Sendeantenne),
- der Lage zur Quelle
 - Sichtverbindung / Abschattung / Reflexion
 - im Freien / im Gebäude
 - Höhendifferenz
- den Wetterbedingungen.

Zwei mögliche Wege zur Antwort:

- Messung
- Berechnung, Prognose, Vergleich



Aktuelle Untersuchungen zu Immissionen durch WLAN und WiMAX

- Deutsches Mobilfunkforschungsprogramm (BMU+BfS)
 - Untersuchungen zu Immissionen von WLAN in Haushalt und Büro (abgeschlossen).
 - WLAN-Immissionen in öffentlichen Bereichen (abgeschlossen)
 - Immissionen durch WiMAX (in Bearbeitung).

www.emf-forschungsprogramm.de
- "Hochfrequenz-Immissionen durch funkbasierte Breitbanddienste"
 - Auftraggeber: Bayerischer Industrie- und Handelskammertag und Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie).
 - Durchführung: EM-Institut GmbH, Regensburg und IMST GmbH, Kamp-Lintfort.

Untersuchungsinhalte (Arbeitspaket 1)

- Messtechnische Untersuchungen zur Feldexposition bei **WLAN-Systemen** zur **großflächigen Breitbandversorgung** von Ortschaften im ländlichen Bereich.
- Vergleichend gegenübergestellt werden diesen Messergebnissen typische Expositionen bei Nutzung von **WLAN-Systemen** zur Datenkommunikation im **Heim- und Bürobereich** sowie bei **kleinflächigen Anwendungen** (z.B. Gaststätten, Lounges, öffentliche Plätze).
- Messtechnische Untersuchungen zur Feldexposition bei **lizenzfreien WiMAX-Systemen** (5,6 GHz) zur großflächigen Breitbandversorgung von Ortschaften im ländlichen Bereich.
- In einer der untersuchten Gemeinden wird in unmittelbarer Nähe des Standortes der WiMAX-Antennen eine **GSM-Mobilfunksendeanlage** betrieben. Um einen Eindruck über das Größenverhältnis der WiMAX-Immissionen mit den Feldern, verursacht durch die GSM-Anlage zu erhalten, wurden an den Messpunkten in dieser Gemeinde zum Vergleich auch die GSM-Signale messtechnisch erfasst.

Untersuchungsinhalte (Arbeitspaket 2)

- Messtechnische Untersuchungen zur Feldexposition bei **lizenzierten WiMAX-Systemen** (Frequenzbereich: 3,4 - 3,6 GHz) zur großflächigen Breitbandversorgung von Ortschaften im ländlichen Bereich.
- **Expositionsvergleich** mit anderen Diensten (z.B. GSM- bzw. UMTS-Mobilfunk).
- Immissionsmessungen an einer **Richtfunkverbindung**, die zur Anbindung einer WiMAX-Basisstation an das Netzwerk des Betreibers dient.
- Diese Untersuchungen werden im **Herbst/Winter 2007** durchgeführt.

Die Messungen wurden durchgeführt in.....

- 94362 Neukirchen (WLAN),
- 84155 Bodenkirchen (WiMAX),
- 84155 Bonbruck (WiMAX),
- 92449 Steinberg am See (WiMAX + GSM).



Hochfrequenz-Immissionen durch funkbasierte Breitbanddienste

erstellt im Rahmen der Breitbandinitiative Bayern im Auftrag
des Bayerischen Industrie- und Handelskammertages und des
Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur,
Verkehr und Technologie.

Der ausführliche Ergebnisbericht findet
sich unter:

www.breitband.bayern.de

Im folgenden einige markante Ergebnisse
der Untersuchungen.



BREITBAND-INITIATIVE BAYERN

Veröffentlichungstreife Breitbandinitiative Bayern
Band 2, Teil 1
10. September 2007



Neukirchen: Lage der Messpunkte



Neukirchen: Messergebnisse

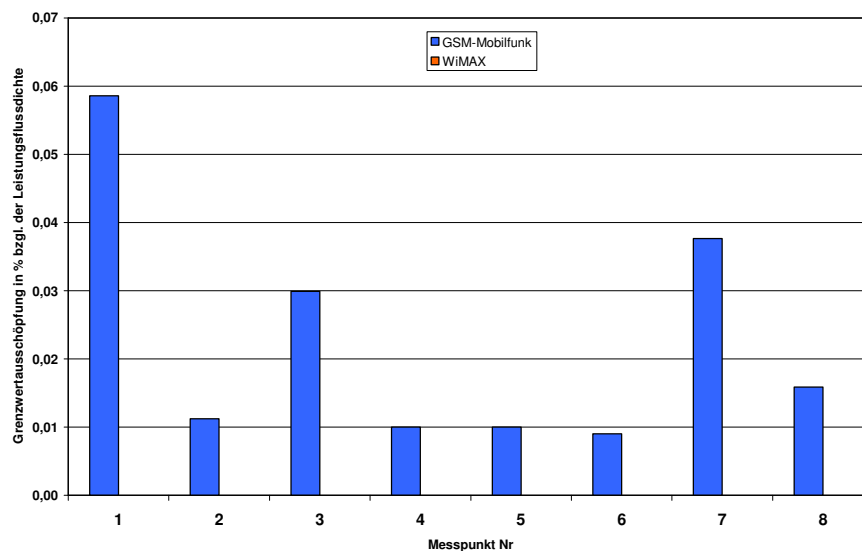
Größter Messwert (Punkt 11)	3,4 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (0,000034 % vom Grenzwert)
Kleinster Messwert (Punkt 5)	0,01 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (0,0000001 % vom Grenzwert)
Durchschnittswert über alle 15 Messpunkte	1,0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (0,00001 % vom Grenzwert)
Mobilfunkimmission am Messpunkt 1	36 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (0,00076 % vom Grenzwert)

Weniger als ein Millionstel vom Grenzwert!

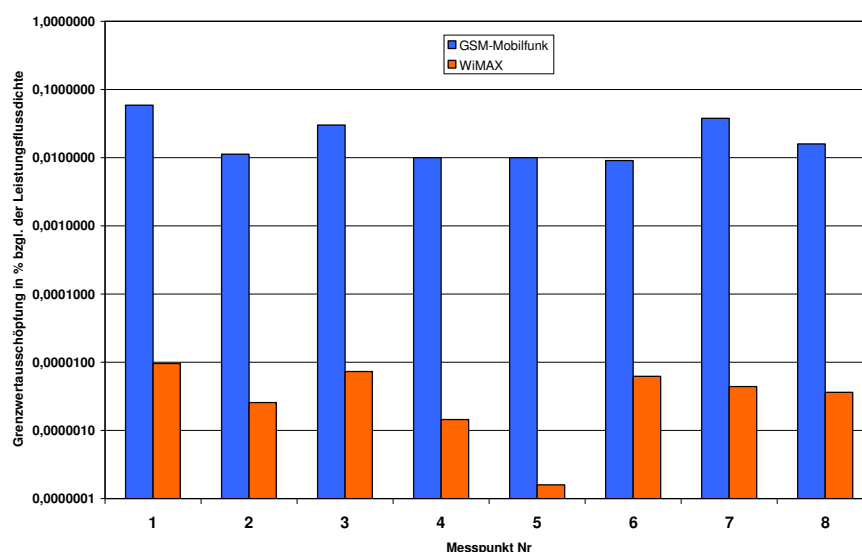
Steinberg am See: Lage der Messpunkte



Steinberg am See: Ergebnisvergleich WiMAX - GSM



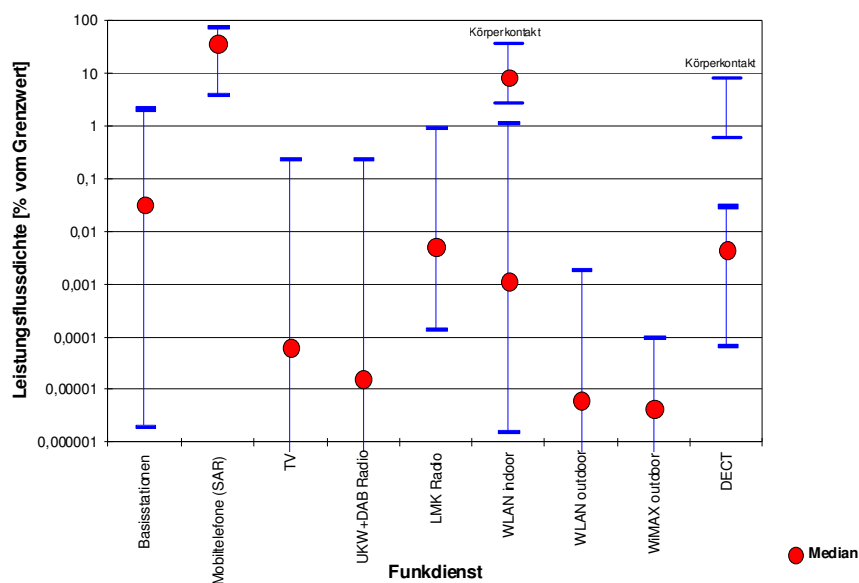
Steinberg am See: Ergebnisvergleich WiMAX - GSM



Warum kommen die WLAN- und WiMAX-Anlagen mit niedrigeren Sendeleistungen aus, als der GSM-Mobilfunk?

- WLAN-Anlagen: Strahlungsleistung maximal 0,1 Watt
- WiMAX-Anlagen (lizenzfrei): Strahlungsleistung maximal 1 Watt
- GSM-Mobilfunk-Basisstationen: Strahlungsleistung: >100 Watt
- GSM-Telefone: Strahlungsleistung ca. 2 Watt
- Der Versorgungsradius einer GSM-Station ist im ländlichen Bereich deutlich größer, als der einer WLAN-/WiMAX-Station.
- GSM muss auch mobile Nutzer (Kfz) sowie Nutzer innerhalb von Gebäuden versorgen. Die untersuchten WLAN-/WiMAX-Anlagen dienen hingegen nur zur Versorgung ortsfester Teilnehmer mit Außenantenne.
- WLAN und WiMAX nutzen deutlich modernere Übertragungsverfahren als GSM.

Immissionsvergleich mit anderen Funkdiensten





Funktechnik	Brückenbau
Grenzwert	10 t
Funkdienst	Vergleichbare Brückenbelastung
Mobiltelefon	ca. 4 t
Mobilfunkbasisstation	ca. 2 kg
DECT-Telefon	ca. 200 kg
DECT-Basisstation	ca. 500 g
WLAN (Körperkontakt)	ca. 900 kg
WLAN im Gebäude	ca. 100 g
WLAN-/WiMAX-Flächenversorgung	< 1g

- **Auswertung aktueller Untersuchungen** zur individuellen Exposition in verschiedenen **WLAN-Szenarien** (Literaturrecherche).
- **Messung** der Exposition, verursacht durch eine **flächendeckende WLAN-Breitbandversorgung** (Frequenzbereich: 2,4 GHz) in einer niederbayerischen Gemeinde.
- **Messung** der Exposition, verursacht durch **flächendeckende WiMAX-Systeme** (lizenzfrequenzbereich: 5,6 GHz) in der Umgebung von vier verschiedenen Anlagenstandorten in drei Gemeinden in Niederbayern bzw. der Oberpfalz.
- **Vergleich** der WLAN- und WiMAX-Exposition mit den Immissionen, verursacht durch GSM-Mobilfunkanlagen und andere Funkdienste.

Zusammenfassung 2: Wesentliche Ergebnisse

- Die untersuchten Breitbandsysteme erzeugen bei Maximalauslastung an den 59 untersuchten Messpunkten Leistungsflussdichtewerte von typisch **weniger als einem Millionstel vom Grenzwert**.
- Je nach Eigenschaft des Messpunktes (z.B. Entfernung zum Standort, Sichtverbindung), schwanken die Immissionen typisch um bis zu drei Größenordnungen.
- Die an den Standorten zum Vergleich durchgeführten Messungen der vorhandenen GSM-Immissionen zeigen, dass diese sehr deutlich über den WLAN-/ WiMAX-Feldern liegen. Die GSM-Immissionen fallen im Vergleich typisch etwa zehn- bis tausendfach höher aus.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie noch Fragen ?