

# WiMAX - der funkgestützte regionale Internetzugang

## 1. Im Überblick

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) ist eine Funktechnologie, die auf drahtlosem Wege eine Datenübertragung über Distanzen von bis zu 50 km bei Übertragungsgeschwindigkeiten von maximal 70 MBit/s gestattet. WiMAX hat eine gewisse Ähnlichkeit mit den heutigen WLAN-Systemen (Wireless Local Area Networks). Durch die Verwendung leistungsfähiger Modulations- und Kodierungsverfahren umfasst der Versorgungsbereich jedoch ganze Regionen, während WLAN nur lokal mit Reichweiten von einigen 100 m einsetzbar sind. WiMAX dient vorwiegend dazu, in Gebieten ohne geeignete Kabelinfrastruktur breitbandige Internet-Zugänge zur Daten- und Sprachübertragung bereitzustellen.

WiMAX basiert auf den Standards IEEE 802.16d für stationäre und portable Anwendungen sowie IEEE 802.16e für mobile Dienste. Ähnlich dem Mobilfunk enthalten WiMAX-Netze zum einen Basisstationen, die das vorgegebene Gebiet funktechnisch versorgen und mit dem Festnetz über Kabel oder Richtfunk verbunden sind. Zum anderen enthält es auf Seiten der Nutzer Endgeräte, die entweder stationär mit Outdoor- oder Indoor-Antennen betrieben werden oder portabel nutzbar sind (Notebooks und PDAs mit WiMAX-Funkkarte). Auch sollen künftig mobile Endgeräte (WiMAX-fähige Handys) hinzukommen.

WiMAX nutzt in Deutschland den 3,6-GHz-Frequenzbereich.

## 2. Weitergehende Informationen zu WiMAX

### 2.1 Technik

Die WiMAX-Funktechnologie basiert auf drei unterschiedlichen Standards des Institute of Electrical and Electronoc Engineers (IEEE), deren wichtigste Parameter in der folgenden Übersicht gegenübergestellt werden.

**Tabelle 1: WiMAX-Standards**

|                          | IEEE 802.16  | IEEE 802.16d  | IEEE902.16e   |
|--------------------------|--|---|---|
| Nutzer                   | Großkunden mit stationären Anwendungen, z. B. Anbindung von Mobilfunk-Basisstationen | Privat- und Geschäftskunden mit stationären und portablen Endgeräten  | Privat- und Geschäftskunden mit stationären, portablen und mobilen Endgeräten |
| Verfügbarkeit von Geräte | verfügbar  | verfügbar   | Handys ab ca. 2009  |
| Frequenzbereiche         | 10 – 66 GHz  | 2 – 11 GHz, zugewiesen derzeit 2,5 – 2,69 GHz (USA), 3,6 – 3,8 GHz; 3,4 – 3,6 und 5,725 – 5,85 GHz in Vorber. | 0,7 – 6 GHz   |

|                       |  |   |  |
|-----------------------|--|---|--|
| Kanalbandbreiten      | 20; 25; 28 MHz   | in 250 kHz-Stufen skalierbar von 1,5 MHz bis 20 MHz   | 1,75; 3,5; 5; 5,5; 7; 10; 20 MHz   |
| Endgeräte-Antennen    | Outdoor-Richtantennen; Sichtverbindung zur Basisstation erforderlich                 | Out- und Indoor-Antennen, Antennen an Notebook/PDA; mit oder ohne Sichtverbindung je nach Entfernung zur Basisstat. | Out- und Indoor-Antennen, bei mobilen Anwendungen Antennen an Notebook, PDA oder Handy |
| Modulationsarten      | QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation), 64QAM | OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex), OFDM 256, OFDM64, QAM, 16QAM, QPSK, BPSK (Binary Phase Shift Key.)  | SOFDM (Scalable Orthogonal Frequency Division Multiplex)                               |
| Reichweiten, Bitraten | max. ca. 100 km mit bis zu 70 MBit/s   | max. 50 km, 600m Indoor, max. 40 MBit/s   | max. 6 km (Outdoor-Antennen), 30-300m (mobil), max. 13 MBit/s                          |
| Duplexverfahren       | FDD (Frequency Division Duplex) oder TDD (Time Division Duplex)                      | FDD oder TDD  | FDD oder TDD   |
| Pulsung               | ungepulst oder gepulst je nach Duplex-Verfahren                                      | ungepulst oder gepulst je nach Duplex-Verfahren   | ungepulst oder gepulst je nach Duplex-Verfahren  |

Der derzeit gebräuchliche Standard ist IEEE 806.16d. Ähnlich dem Mobilfunk gibt es in den WiMAX-Netzen Basisstationen und Endgeräte. Jede Basisstation, die auch mehrere Antennen für unterschiedliche Sektoren verwenden kann, versorgt eine Funkzelle und ist über Kabel oder Richtfunk mit dem Festnetz verbunden. Alle Nutzer einer solchen Zelle müssen sich die darin verfügbare Bandbreite teilen. Je nach Einsatzland und Frequenzuteilung wird WiMAX in unterschiedlichen Frequenzbändern eingesetzt, wobei die Bänder lizenzpflichtig oder lizenzfrei sein können. Auch unterscheiden sich die Zugriffsverfahren auf die verfügbaren Funkkanäle (mit oder ohne Zeitschlitztechnik) sowie die maximal zulässigen Sendeleistungen.

Zur Datenübertragung nutzt WiMAX heute das OFDM-Modulationsverfahren (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), bei dem viele einzelne Trägerfrequenzen aneinander gereiht werden (256 oder 1024 Unterträger bei IEEE 802.16d, 128 bis 2048 Unterträger bei IEEE 802.16e) und somit Frequenzbänder von mehreren MHz-Bandbreite entstehen. Das OFDM-Verfahren ist besonders unempfindlich gegenüber Störungen und Reflexionen. Auch können Reflexionen sogar zu einer Verbesserung der Empfangssignals führen, weshalb es sich besonders für den Einsatz in dicht bebauten Gebieten und bei nicht vorhandener Sichtverbindung eignet.

Die einzelnen OFDM-Träger wiederum werden je nach Kanalqualität mittels Phasen-Umtastverfahren (PSK = Phase Shift Keying) oder Quadraturmodulation (QAM) mit den in einzelne Pakete aufgeteilten Nutzdaten moduliert. Die Modulations- und

Kodierungsparameter können abhängig von der gewünschten Datenrate und der Güte des Funkkanals flexibel angepasst werden. Je nach gewählter Modulation und Kodierrate beträgt die Übertragungsrate in einem 3,5-MHz-breiten Funkkanal 1,5 bis 20 MBit/s.

Die Trennung der unterschiedlichen Übertragungsrichtungen (vom Nutzer zur Basisstation und umgekehrt) erfolgt zum einen über die Aufteilung auf verschiedene Sendefrequenzen (FDD = Frequency Division Duplex) mit einem Abstand zwischen Unterband und Oberband von 100 MHz. Zum anderen ist es auch zulässig, verschiedene Zeitschlitze bei Nutzung desselben Frequenzbandes (Time Division Duplex) für Uplink und Downlink zu nutzen (vergleichbar mit der DECT-Technologie), wobei jedem Anwender ein bestimmtes Zeitfenster zur Übertragung seiner Daten zur Verfügung gestellt wird. Die beiden Duplex-Verfahren sind untereinander nicht kompatibel.

Für die erlaubten Sendeleistungen gibt es für den derzeit in Europa benutzten Frequenzbereich bei 3,6 GHz folgende Vorgaben:

Die europäische Empfehlung ECC-Recommendation (04)05 sieht nachstehende, von der Bandbreite abhängige Sendeleistungen vor:

- + 23 dBW/MHz EIRP entsprechend 5 dBW/MHz ERP für Basisstationen
- + 20 dBW/MHz EIRP entsprechend 2 dBW/MHz ERP für Endgeräte mit Outdoor-Antennen
- +12 dBW/MHz EIPR für Endgeräte mit Indoor-Antennen

Für eine Standardkanal-Bandbreite von z. B. 3,5 MHz (in Deutschland sind bis zu 7 MHz möglich) entspricht dies einer maximal erlaubten EIRP von ca. 700 W für Basisstationen und 350 W für Endgeräte mit Außenantennen bzw. 55 W für Endgeräte mit Innenantennen. Die Höhe der zulässigen abgestrahlten Sendeleistung EIRP beruht alleine auf der Verwendung von Antennen mit starker Richtwirkung, die nur bei Basisstationen und bei Endgeräten mit auf dem Dach oder an der Hauswand montierten Antennen realisierbar sind. Zwei weitere europäische Standards (EN 301 021 und EN 301 080) begrenzen die maximal zulässige Sendeleistung am Antenneingang (ERP) auf maximal 35 dBm entsprechend ca. 3,1 W.

Aktuelle WiMAX-Endgeräte verwenden Strahlungsleistungen (EIRP) von 100 mW bis 4 W. Bei letzterem Wert handelt es sich z. B. um künftige Einsteckkarten mit integrierter Antenne zum Einbau in Notebooks. Die zugehörigen Basisstationen arbeiten mit Sendeleistungen (EIRP) von bis zu 40 W. Hierbei sind Antennengewinne von 10 – 12 dBi (Gewinne bezogen auf einen Isotropenstrahler, d. h. einer Referenzantenne mit kugelförmiger Strahlungscharakteristik) enthalten.

Die WiMAX-Technologie beinhaltet zudem das Quality-of-Service-Leistungsmerkmal (QoS), wobei man in Netzen auf Basis des Internet-Protokolls (IP) unter QoS die Bevorzugung von Datenpaketen anhand von bestimmten Eigenschaften und Leistungsmerkmalen versteht. Dadurch können z. B. Datenpakete von Sprachdiensten (Voice-Over-IP), welche einen verzögerungsfreien und kontinuierlichen Datenstrom benötigen, in den Routern und Switches stärker bevorzugt werden als der Aufruf von Webseiten.

In der mobilen WiMAX-Variante (IEEE 802.16e) kommen intelligente Antennensysteme (MIMO = Multiple Input Multiple Output) und spezielle Modulations- und Kodierungsverfahren (SOFDM = Scalable Orthogonal Frequency Division Multiplexing) zum Einsatz, die den speziellen Ausbreitungseigenschaften des Mobilfunk-Kanals Rechnung tragen und zudem die Übertragungskapazität erhöhen.

## 2.2 Netzstruktur

WiMAX-Netze bestehen zum einen aus Basisstationen, die das vorgegebene Gebiet funktechnisch versorgen und mit dem Festnetz über Kabel oder Richtfunk verbunden sind. Zum anderen enthalten sie auf Seiten der Nutzer Endgeräte, die entweder stationär mit Outdoor- oder Indoor-Antennen betrieben werden oder portabel nutzbar sind (Notebooks und PDAs mit WiMAX-Funkkarte). Ab ca. 2009 sollen mobile Endgeräte (WiMAX-fähige Handys) hinzukommen.

In Deutschland sind bereits verschiedene WiMAX-Netze in Betrieb. Laut den Lizenzvorgaben müssen bis Ende 2009 in jedem Versorgungsgebiet 15 % der Gemeinden abgedeckt sein, bis Ende 2011 sogar 25 %.

## 3. Themenbezogene Links

The IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards:  
<http://wirelessman.org/>

ETSI-Spezifikationen EN 301 021, EN 300 080:  
<http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>

Draft ECC-Recommendation (04)05: Recommended Guidelines For Accommodation And Assignment Of Multipoint Fixed Wireless Systems In Frequency Bands 3.4 – 3.6 GHz and 3.6 – 3.8 GHz: <http://www.ero.dk/>

WiMAX Forum: <http://www.wimaxforum.org/>