



# ITWissen

Das große Online-Lexikon  
für Informationstechnologie

E-Book

WiMAX

- **BWA**, *broadband wireless access*
- **FDD**, *frequency division duplex*
- **HARQ**, *hybrid automatic repeat request*
- **HFDD**, *hybrid frequency division duplex*
- **IEEE 802.16**
- **IEEE 802.16-2004**
- **IEEE 802.16e-2005**
- **IEEE 802.16e**
- **Mehrantennensystem**
- **Mehrwegeausbreitung**
- **MIMO**, *multiple input multiple output*
- **Mobile-WiMAX**
- **Nicht-Sichtverbindung**
- **OFDM**, *orthogonal frequency division multiplex*
- **OFDMA**, *orthogonal frequency division multiplexing access*
- **Sichtverbindung**
- **SOFDMA**, *scalable orthogonal frequency division multiplex access*
- **STBC**, *space time block coding*
- **TDD**, *time division duplex*
- **WiBro**, *wireless broadband*
- **WiMAX**, *worldwide interoperability for microwave access*
- **WiMAX-Forum**
- **WiMAX-Netz**
- **WMAN**, *wireless metropolitan area network*

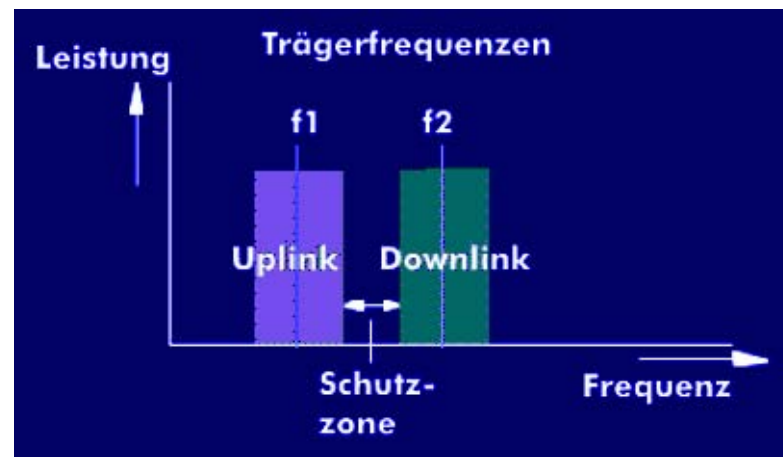
## BWA, broadband wireless access

Broadband Wireless Access (BWA) ist der Arbeitskreis *IEEE 802.16*, der sich mit drahtlosen Zugangstechniken zu Breitbandnetzen beschäftigt; einer Technologie, die in *WiMAX* umgesetzt wird. Bei dieser Technologie handelt um Hochgeschwindigkeitsübertragungen im Mikrowellenbereich zwischen 2 GHz und 66 GHz.

Im Bereich von 10 GHz bis 66 GHz ist eine *Sichtverbindungen* (LOS) erforderlich, unterhalb von 10 GHz kann auch ohne Sichtverbindung, im Non Line of Sight (*NLOS*), übertragen werden. Über diese Übertragungstrecken sind Übertragungsraten von bis zu 134 Mbit/s definiert und Entfernungen bis zu 60 km, und das sogar bei mobilen Verbindungen, die sich mit mehreren 100 km/h bewegen können. Diese Werte dürften für die NLOS-Technik zumindest unrealistisch sein.

## FDD, frequency division duplex

Frequency Division Duplex (FDD) ist ein Frequenzmultiplex (FDM) zur Realisierung von Duplex-



Trägerfrequenzen mit Schutzzone beim Frequency Division Duplex (FDD)

Verbindungen. Mit dieser Funktechnik werden die Funkkanäle von Uplink und Downlink zwischen Empfangs- und Basisstation getrennt. Beim FDD-Verfahren werden das Uplink (UL) und das Downlink (DL) auf zwei verschiedenen Trägerfrequenzen realisiert. Zwischen den beiden Übertragungsbändern liegt ein Sicherheitsband, die Schutzzone. Bei der Übertragung können die Daten gleichzeitig empfangen und gesendet werden. Die FDD-Technik ist relativ aufwendig, da

für die Trennung der Frequenzbänder in Up- und Downstreamrichtung entsprechende Filter benötigt werden und mit manchen Antennen beide Frequenzbereiche nur schwer abgedeckt werden können. Hinzu kommt, dass das Sicherheitsband zwischen den beiden Übertragungsbänder mindestens genauso breit sein muss, wie die Übertragungsbänder. Dadurch gehen über 50 % des verfügbaren Frequenzspektrums verloren.

Die FDD-Technik wird bei solchen Anwendungen eingesetzt, die eine symmetrische Bandbreite im Uplink und Downlink benötigen, so beispielsweise in GSM, UMTS und 802.16, aber auch bei Long Reach Ethernet (LRE) und *WiMAX*. Da die Übertragungskanäle gleiche Übertragungsbreiten haben, eignet sich diese Technik gut für Sprachanwendungen. Anders sieht es bei asymmetrischem Verkehr wie dem Internet-Traffic aus, bei dem Übertragungskapazitäten im Uplink ungenutzt bleiben.

Eine andere Technik, das Time Division Duplex (*TDD*), arbeitet mit Zeitmultiplex für die beiden Verbindungen und benutzt die gleichen Frequenzen, bei einer dritten, dem Hybrid Frequency Division Multiplex (*HFDD*), handelt es sich um eine Kombination beider Techniken.

## **HARQ, hybrid automatic repeat request**

Hybrid Automatic Repeat Request (*HARQ*) wird bei HSDPA und bei *Mobile-WiMAX* zur Effizienzsteigerung benutzt. Die *HARQ*-Technik dient der fehlerfreien Übertragung von Datenpaketen und kann fehlerhaft empfangene Datenpakete erneut anfordern. Dabei wird das als fehlerhaft erkannte Datenpaket gespeichert und nach dem erneuten Senden wird es decodiert und in Verbindung mit den vorher empfangenen Paketkopien betrachtet.

*HARQ* arbeitet in einem Stop-and-Wait-Mechanismus, der auf Bestätigungen und negativen Rückmeldungen basiert, bei der die Empfangsstation über einen Kanal mit der Sendestation kommuniziert. Im Falle von HSDPA und HSUPA ist es der E-HICH-Kanal mit der Sendestation mit der Empfangsstation kommuniziert.

## HFDD, hybrid frequency division duplex

Hybrid *Frequency Division Duplex* (HFDD) ist eine hybride Duplextechnik, die in Mobilfunksystemen für die Funkübertragung im Uplink (UL) und Downlink (DL) eingesetzt wird. Als Hybrid-Technik benutzt sie Frequency Division Duplex (FDD) und Time Division Duplex (TDD). Wie die FDD-Technik arbeitet auch HFDD im Uplink und Downlink mit zwei unterschiedlichen Trägerfrequenzen, und wie die TDD-Technik arbeitet sie mit Zeitslots für die Uplink- und die Downlink-Übertragung. Daraus ergibt sich, dass beispielsweise im ersten Zeitslot die Daten im Uplink zur Basisstation mit der Trägerfrequenz  $f_1$  übertragen werden, im zweiten Zeitslot werden die Daten im Downlink von der Basisstation mit der Trägerfrequenz  $f_2$  übertragen.

Es ist also ein Halbduplex, bei dem immer nur eine Station senden und die andere empfangen kann und umgekehrt. Nachteilig ist, dass sich der Datendurchsatz gegenüber Frequency Division Duplex (FDD) halbiert.

## IEEE 802.16

Die Arbeitsgruppe 802.16 beschäftigt sich mit drahtlosen Zugangstechniken zu Breitbandnetzen, konkret mit einer Luftschnittstelle, also mit einem Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems. Es werden Datenraten von über 100 Mbit/s erreicht bei Distanzen von über 50 km.

Der für die Übertragung verwendete Frequenzbereich liegt zwischen 10 GHz und 66 GHz und ist als Sichtverbindung (LOS) definiert. Die in Deutschland benutzten Frequenzbereiche liegen bei 23 GHz und 38 GHz. Da im städtischen Bereich in der Regel keine direkte Sichtverbindung zur Verfügung steht, gibt es mit 802.16a noch eine zweite Spezifikation für den Frequenzbereich zwischen 2 GHz und 11 GHz für schlechte Sichtbedingungen.

Die Standardisierungsgremien von 802.16 befassen sich gleichermaßen mit dem Medienzugangsverfahren (MAC) und dem Physical Layer (PHY), wobei von breitbandigen

Übertragungstrecken mit Bandbreiten von 20 MHz, 25 MHz und 28 MHz für die Kanäle des Up- und Downlink ausgegangen wird. Als Medienzugangsverfahren, das an die unterschiedlichen Umgebungen des Physical Layers angepasst werden muss, verwendet 802.16 TDMA mit Time Division Duplex (*TDD*) oder Frequency Division Duplex (*FDD*). Als maximale Datenrate werden 134 Mbit/s für einen 28-MHz-Kanal angegeben. Darüber hinaus definiert 802.16 in vier Service-Klassen eine garantierte Dienstgüte (QoS), die die zeitkritischen Übertragung von Audio- und Videodateien unterstützt.

Dieser Arbeitskreis, der Broadband Wireless Access (BWA) heißt, arbeitet sehr eng mit dem Arbeitskreis 802.11 zusammen. Die Ergebnisse fließen in WiMAX ein.

Die verschiedenen 802.16-Standards.

802.16a: Licensed Frequency 2 GHz bis 11 GHz. Die Arbeitsgruppe IEEE 802.16a arbeitet an der MAC- und PHY-Spezifikation und spezifiziert die Übertragung bei Nicht-Sichtverbindungen (NLOS). Wichtige Frequenzen sind 3,5 GHz für die lizenzpflichtigen und 5,8 GHz für die lizenzfreien Anwendungen. Die Datenrate beträgt bei einer Kanalbreite von 20 MHz 75 Mbit/s. 802.16a ist durch 802.16-2004 abgelöst. #1

802.16b: Licensed Exempt Frequencies, mit Fokus auf das Frequenzband zwischen 5 GHz und 6 GHz. Diese Gruppe läuft auch unter der Bezeichnung WirelessHUMAN (High Speed Unlicensed MAN).

802.16c: Profile der Übertragungsfrequenzen im Frequenzbereich von 10 GHz bis 66 GHz. Die Kanalbreite beträgt in den USA 25 MHz, in Europa 28 MHz. 802.16c ist durch 802.16-2004 abgelöst.

802.16d: Profile der Übertragungsfrequenzen im Frequenzbereich von 2 GHz bis 66 GHz. Abgelöst durch 802.16-2004. Dieser Standard bietet Sicht- und Nicht-Sichtverbindungen im Bereich von 2 GHz bis 66 GHz.

**802.16e-2005:** Mobile Wireless MAN (WMAN). Diese Arbeitsgruppe definiert einen mobilen Zugang im Rahmen von IEEE 802.16. Hier werden Bandbreiten von mehr als 10 Mbit/s bei Funkzellen im Bereich von einigen Kilometern und Geschwindigkeiten von über 100 km/h untersucht. Darüber hinaus sollen 16e-Clients zwischen verschiedenen Funkzellen wechseln können, bekannt als Roaming. 802.16e ist in Verbindung mit DSRC eine interessante

Standard	802.16	802.16a	802.16d	802.16e	802.20
Frequenzbereich	10 GHz ... 66 GHz	<11 GHz	<11 GHz	2 GHz ... 6 GHz	<3,5 GHz
Verbreitung	LOS	LOS	LOS/NLOS	NLOS	NLOS
Modulation	QPSK, 16QAM 64QAM	OFDM, QPSK, 16QAM, 64QAM	OFDM, QPSK, 16QAM, 64QAM	skal. OFDMA 128 ... 2048 FFT	Flash OFDM
Datenrate	32 Mbit/s ... 134 Mbit/s	1 Mbit/s... 75 Mbit/s	1 Mbit/s ... 75 Mbit/s	bis 15 MHz	16 Mbit/s Uplink 3,2 Mbit/s Downl.
Kanalbandbreite	20 MHz, 25 MHz, 28 MHz	1,25 MHz ... 20 MHz	1,75 MHz ... 20 MHz	1,5 MHz ... 5 MHz	1,25 MHz, 5 MHz
Spektrale Effizienz	<4,8 bit/s/Hz	<3,75 bit/s/Hz	<3,75 bit/s/Hz	<3 bit/s/Hz	<3,2 bit/s/Hz
Fahrgeschwindigkeit	0 km/h	0 km/h	0 km/h	bis 120 km/h	bis 250 km/h
Zellengröße	1 km ... 5 km 10 km Richtan.	4 km, 8 km, 30 km Richtan.	5 km, 12 km, 30 km LOS	1 km ... 5 km	1 km ... 5 km
Latenzzeit	10 ms	10 ms	10 ms	10 ms	30 ms

LOS, line of sight  
NLOS, non line of sight

Spezifikationen der drahtlosen Breitbandtechniken von IEEE

Alternative für telematische und sicherheitsrelevante Dienste in der Automotive-Technik.

802.16f: MIB-Management für Zugangsnetze.

802.16g: Definition der Management Plane.

802.16h: Coexistence of Networks und Licensed Exempt Coexistence. Diese Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit den Koexistenzproblemen der verschiedenen Funktechniken in verschiedenen lizenzfreien Übertragungsbändern. Da außer 802.16 beispielsweise auch 80.11a das UNII-Band bei 5 GHz benutzt, sind hier Koexistenzprobleme zu lösen.

802.16j: Mobile Man Information Plane. Der Standard wurde zurückgezogen.

802.16j: Bridging-Alternative zu 802.11k. Hierbei geht es um Techniken für ein mobiles Relay, Mobile Multihop Relay, das über mehrere Stationen Kommunikationspartner miteinander verbinden kann.

802.16k: Bridging

802.16m: Die Arbeitsgruppe 802.16m arbeitet an der High-Speed-Übertragung mit bis zu 1 Gbit/s und definiert ein Advanced Air Interface für Gigabit-Übertragungen.

802.16-1: Air-Interface für 10 GHz bis 66 GHz.

802.16.2: Coexistence of Broadband Wireless Access Systems. Dieser Arbeitskreis beschäftigt sich mit der Koexistenz bestehender Systeme. Abgelöst durch 802.16.2-2004.

802.16.2-2004: Fasst die Standards 802.16, 802.16a, 802.16c und 802.16d in einem Standard zusammen und regelt die Koexistenz von drahtlosen Breitbandssystemen im Bereich von 10 GHz bis 66 GHz.

802.16.2a: Recommended Practice for Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access Systems. Diese Gruppe soll die Koexistenz von PMP-Systemen zwischen 2 GHz und 11 GHz neu definieren.

802.16.3: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems Operating below 11 GHz.

In dieser Arbeitsgruppe werden die unlicenzierten Frequenzbänder wie das ISM-Band, die Personal Communications Services (PCS), MMDS und UNII für die Nutzung für einen High-Speed-MAN-Zugang untersucht.

## IEEE 802.16-2004

Der *IEEE 802.16-2004* ist eine vollständig überarbeitete Version von 802.16d, ebenso wie von 802.16 und 802.16a. Die überarbeitete Version definiert den Frequenzbereich zwischen 2 GHz

Standard	802.16d
Frequenzbereich	<11 GHz
Verbreitung Modulation	LOS/NLOS OFDM, QPSK, 16QAM, 64QAM
Datenrate	1 Mbit/s ... 75 Mbit/s
Kanalbandbreite	1,75 MHz ... 20 MHz
Spektrale Effizienz	<3,75 bit/s/Hz
Fahrgeschwindigkeit	0 km/h
Zellengröße	5 km, 12 km, 30 km LOS
Latenzzeit	10 ms

LOS, line of sight  
NLOS, non line of sight

Spezifikationen von 802.16d

und 66 GHz für Sicht- (*LOS*) und *Nicht-Sichtverbindungen* (*NLOS*).

Die Kanäle sind skalierbar und haben Kanalbreiten zwischen 1,75 MHz und 20 MHz. 802.16-2004 unterscheidet zwei Übertragungsverfahren: *OFDM* und *OFDMA*. Bei der *OFDM*-Modulation stehen für die Datenübertragung 200 Subträgersignale zur Verfügung und es wird sowohl das *Time Division Duplex (TDD)* als auch das *Frequency Division Duplex (FDD)* genutzt. Bei *OFDMA* können Teilnehmergruppen gebildet werden, denen bestimmte Trägerfrequenzgruppen zugeordnet werden. Diese Technik arbeitet mit 128, 512, 1.024 oder 2.048 Trägerfrequenzen. Bei einer größeren Anzahl an Subträgern werden die einzelnen Frequenzbänder schmaler und die Symboldauer länger. Die längere Symboldauer bietet Vorteile bei einer möglichen *Mehrwegeausbreitung*, weil sie eine größere Toleranz

gegenüber der Signallaufzeit hat. So werden in 802.16 Signallaufzeiten von bis zu 10  $\mu$ s toleriert, im Gegensatz dazu bei 802.11 nur 90 ns.

Die Spektraleffizienz liegt bei Sichtverbindungen bei 3,75 bit/s/Hz und einer Reichweite von 30 km; ohne Sichtverbindung werden 2 bit/s/Hz definiert und eine Reichweite von 6 km. Das würde bei einer Datenrate von 75 Mbit/s (20-MHz-Kanal), bzw. von 40 Mbit/s entsprechen. Die Systemsicherheit wird durch verbesserte Sicherheits-Algorithmen und Authentifizierungen erhöht.

802.16-2004 wird in *WiMAX* für den Fixed-Betrieb mit fester Antenne eingesetzt, für mobiles WiMAX ist 802.16-2004 nicht geeignet, da es nicht über ein Handover verfügt, mit dem der Teilnehmer die Funkzellen unterbrechungsfrei wechseln kann. Dieses *Mobile-WiMAX* wird von *802.16e-2005* unterstützt.

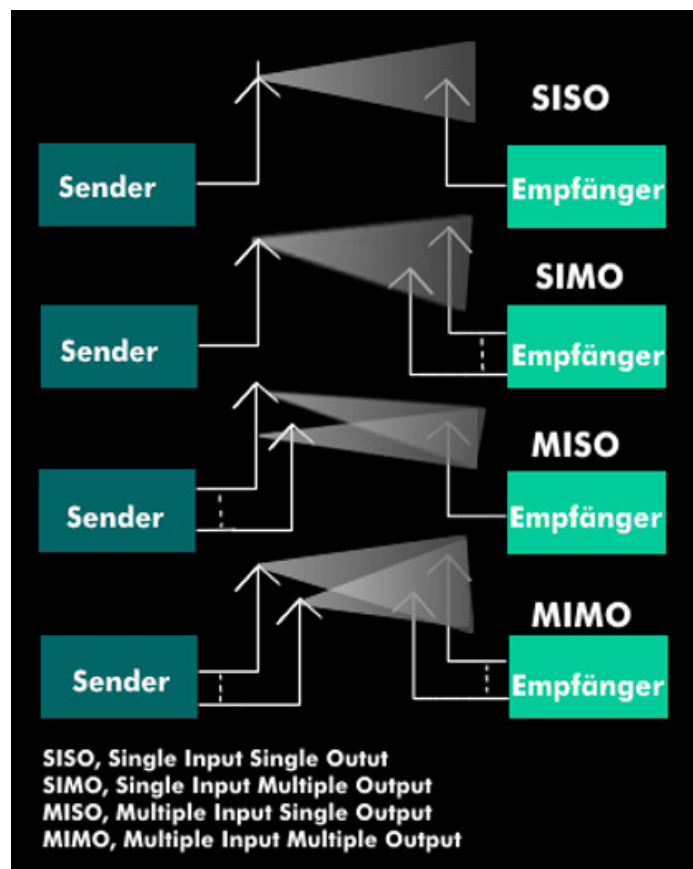
## IEEE 802.16e-2005

Mit IEEE 802.16e-2005 wird ein mobiler Zugang zu den breitbandigen Funkdiensten nach *802.16* definiert. Dieser Standard ist kompatibel zu den stationären 802.16x-Versionen, kann in mobilen Endgeräten bei Fahrgeschwindigkeiten bis zu 120 km/h genutzt werden. Er bietet Roaming und Handover und trägt den gestiegenen Sicherheitsanforderungen Rechnung. Der Frequenzbereich liegt für mobile Anwendungen bei 2,5 GHz, die Kanalbreite beträgt 5 MHz, die Datenrate 15 Mbit/s. Die Modulation erfolgt mit *OFDMA*, das mit 128 bis 2.048 Trägerfrequenzen arbeiten kann und für das das *MIMO-Verfahren* definiert ist.

802.16e wurde 2005 verabschiedet und wird in *Mobile-WiMAX* für die Kommunikation mit mobilen Endgeräten benutzt. In Verbindung mit DSRC (Dedicated Short Range Communication) bildet 802.16e eine interessante Alternative für telematische und sicherheitsrelevante Dienste in der Automotive-Technik.

## Mehrantennensystem multiple antenna system

Um in Funksystemen höhere Empfangsfeldstärken und Datenraten zu erzielen, gibt es mit der Raumdiversität eine Technik, die die *Mehrwegeausbreitung* der Funksignale nutzt, mit Spatial-Multiplexing oder Diversitäts-Verfahren arbeiten oder auch mit sende- und empfangsseitigen Antennen-Arrays, so genannten Mehrantennensystemen.



Mehrantennensysteme

Generell erfolgt eine funktechnische Übertragung zwischen einem Sender und einem Empfänger in der Form, dass der Sender das HF-Signal von einer Antenne abstrahlt und der Empfänger eine Antenne für den Empfang hat. Für solche Systeme gibt es das Akronym SISO, das für Single Input Single Output steht. Eine Erhöhung der Empfangsfeldstärke kann bereits durch zwei oder mehr Empfangsantennen erfolgen. Man spricht dann von SIMO, Single Input Multiple Output. Werden anstelle einer Sendeantenne mehrere Antennen zur Abstrahlung des HF-Signals eingesetzt, spricht man von MISO, Multiple Input Single Output. Werden sowohl für die senderseitige Abstrahlung als auch für die empfangsseitige mehrere Antennen eingesetzt heißen die Systeme *MIMO*, Multiple Input Multiple Output.

Bei den Mehrantennensystemen senden alle

Sender die Signale an alle Empfänger. So erhält bei einem Drei-Antenensystem die erste Empfangsantenne die Summe der Signalanteile  $h_{11}$ ,  $h_{12}$  und  $h_{13}$ , die zweite  $h_{21}$ ,  $h_{22}$  und  $h_{23}$  und die dritte Empfangsantenne empfängt Anteile von  $h_{31}$ ,  $h_{32}$  und  $h_{33}$ . Sind die Matrizen bekannt, dann können aus diesen die Sendesignale berechnet werden. Die Matrixelemente werden regelmäßig durch einen Pilot-Ton gemessen und optimiert. Dies ist erforderlich weil sich die Übertragung auf der Funkstrecke und damit die Empfangsbedingungen geändert haben können.

Mit diesen Mehrantennensystemen kann die Bandbreite effizienter genutzt und die Datenrate auf 20 bit/Hz bis 40 bit/Hz erhöht werden.

## Mehrwegeausbreitung multipath propagation

Unter eine Mehrwegeausbreitung versteht man die Ausbreitung von ungerichteten Funkfrequenzen. Solche ungerichtete Funkfrequenzen breiten sich beim Senden in verschiedene Richtungen aus und legen durch Beugung, Brechung, Fading und Reflexion unterschiedlich lange Wege zurück, bevor sie beim Empfänger mit unterschiedlichen Phasenlagen eintreffen. Die einzelnen Phasenlagen der Eingangsfrequenzen bilden sich am Empfängereingang als Interferenzen aus, die sich in starken Feldstärkeschwankungen bemerkbar machen.

Bei der Mehrwegeausbreitung werden die durch die unterschiedlichen Laufzeiten bedingten Phasenverschiebungen minimiert und erzielen dadurch eine effizientere Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Frequenzbereiche. Mit der Mehrwegeausbreitung können die knappen Ressourcen an Bandbreite und Sendeleistung optimal ausgenutzt werden.

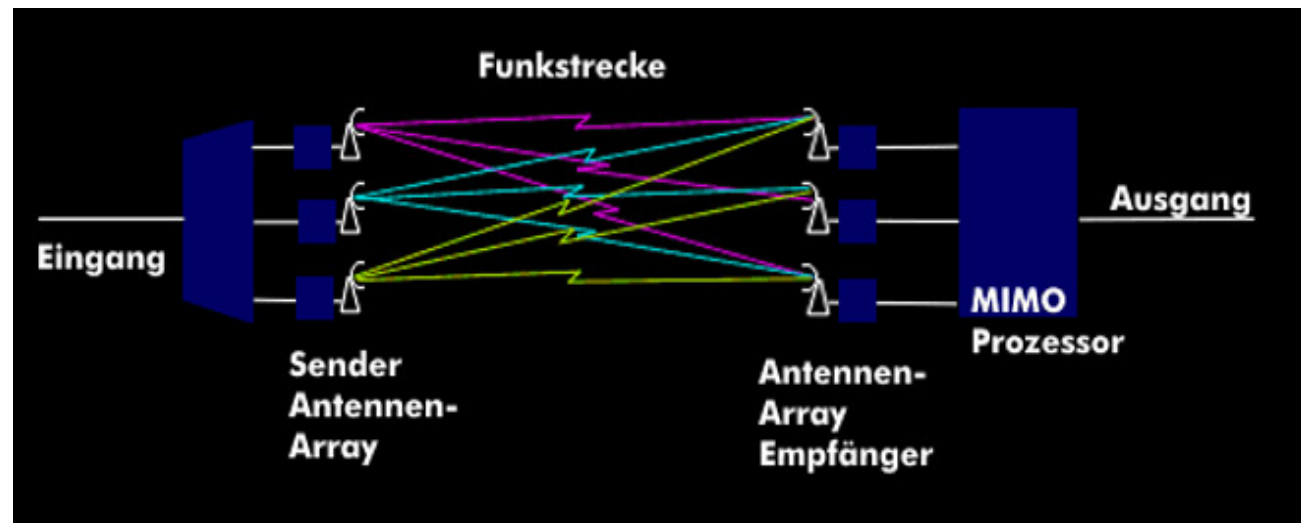
Mehrwege bedeutet in diesem Zusammenhang das parallele Aussenden der gleichen Information über *Mehrantennensysteme*, die Aussendung der gleichen Information über verschiedene Trägerfrequenzen oder verschiedener Informationen über verschiedene

Trägerfrequenzen, wie beim Spatial-Multiplexing. Bei der *STBC-Codierung* werden mehrere Dimensionen, die räumliche, die spektrale und die zeitliche miteinander verknüpft.

Das MIMO-Verfahren (Multiple Input Multiple Output) basiert auf einem *Mehrantennensystem* und soll das Signal-Rausch-Verhältnis des Funksignals verbessern, da dieses in die Spektraleffizienz eingeht. Bei dem Mehrantennensystem MIMO werden identische Funkfrequenzen gleichzeitig über ein intelligentes Antennen-Array ausgesendet und von einem Mehrantennensystem empfangen.

Das Grundkonzept von MIMO ist eine Vervielfachung der Funkstrecken durch *Mehrwegeausbreitung*. Das räumlich verteilte Antennen-Array strahlt von allen Antennen dieselben Frequenzen aus. Empfangsseitig treffen die gleichen Funkfrequenzen zu

**MIMO, multiple input  
multiple output**  
MIMO-Verfahren



*Sende- und empfangsseitiges Antennen-Array von MIMO*

verschiedenen Zeiten ebenfalls auf ein intelligentes Antennen-Array, da sie räumlich verteilt ausgestrahlt und darüber hinaus an Wänden oder anderen Objekten und Gegenständen reflektiert werden. Durch diese Streuung wird eine Funkwelle in mehrere schwächere aufgeteilt. Die Mehrwegeausbreitung bewirkt, dass am Empfangsort ein komplexes, raum- und zeitabhängiges Muster als Summensignal der einzelnen Sendesignale entsteht. Dieses eindeutige Muster nutzt MIMO indem es die in ihrer räumlichen Position charakteristischen Signale erfasst, wobei sich jede Raumposition von der benachbarten unterscheidet. Zwischen den Sendern und Empfängern werden so genannte Air Paths eingerichtet über die unterschiedliche Datenteile übertragen werden. Mit der Charakterisierung der einzelnen Sender ist es dem Empfänger möglich mehrere Signale voneinander zu trennen. Da bei WLANs meistens die Sender auch Empfänger sind, kann man mit ebenso vielen Empfängern wie Sende-Antennen arbeiten. Da in WLANs Sender und Empfänger nicht statisch sind, ebenso wie die Strahlungsbedingungen, müssen sich die Empfänger dynamisch an neue charakteristische Reflektionen anpassen. Dies geschieht bei MIMO mit einem speziellen Testsignal. Die Kapazität der funktechnischen Übertragung kann durch den Einsatz von mehreren Sendern erhöht werden: Doppelt so viele Sender bedeuten auch die doppelte Kapazität. Die mit MIMO erzielbare Spektraleffizienz liegt zwischen 20 bit/s/Hz und 40 bit/s/Hz, wohingegen normale Funkübertragungen Werte von bis zu 5 bit/s/Hz erzielen. MIMO wird in Kombination mit *OFDM* in *WiMAX* eingesetzt.

## Mobile-WiMAX

*WiMAX* kennt zwei Einsatzvarianten: die stationäre und die mobile, das Mobile-WiMAX. Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Szenarien liegt in der *Sichtverbindung* (LOS) zwischen Basisstation (BS) und Mobilstation (MS), die das stationäre WiMAX kennzeichnet,

# WiMAX

und der nicht erforderlichen Sichtverbindung, Non Line of Sight (*NLOS*), für das mobile WiMAX. Dieser Unterschied hat unmittelbare Auswirkungen auf die Datenrate, die beim Mobile-WiMAX niedriger ist, als beim stationären. Die Übertragungsspezifikation für die Datenrate liegt bei 2 bit/Hz und beträgt damit fast die Hälfte von WiMAX. Mit diesen Spezifikationen werden über einen 20-MHz-Kanal Datenraten von 40 Mbit/s erreicht. Mit dem *MIMO-Verfahren* werden auf einem 10-MHz-Kanal Datenraten von über 90 Mbit/s erreicht. Davon werden 63 Mbit/s für den

	WiMAX	Mobile-WiMAX
<b>Endgeräte</b>	Stationär	Mobil
<b>Funkzelle</b>	bis 30 km	bis 4 km
<b>Bandbreite</b>	1,25 MHz ... 20 MHz	1,25 MHz ... 20 MHz
<b>Subträgeranzahl</b>	128 ... 2.048	128 ... 2.048
<b>Subträgerabstand</b>	10,94 kHz	10,94 kHz
<b>Datenrate</b>	3,75 bit/Hz	2 bit/Hz
<b>(ohne MIMO)</b>	75 Mbit/s	40 Mbit/s
<b>Verbindung</b>	Sichtverbindung LOS	Nicht-Sichtverbindung, NLOS
<b>Übertragungsverfahren</b>	OFDMA	SOFDMA
<b>Modulation</b>	QPSK, 16QAM	QPSK, 16QAM 64QAM
<b>Standard</b>	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e-2005

Kenndaten von WiMax und Mobile-WiMAX

Downlink und 28 Mbit/s für den Uplink benutzt. Die Funkzellen sind mit einem Durchmesser von 1 km bis ca. 4 km ebenfalls wesentlich kleiner als die vom stationären WiMAX. Mobile-WiMAX, das auf dem Standard *802.16e-2005* basiert, benutzt für die Übertragung das skalierbare *OFDMA*, *SOFDMA*, mit 2.048 Subträgern. Als Modulationsverfahren schreibt IEEE 802.16e die Quadratur-

Phasenumtastung (QPKS) oder die Quadraturamplitudenmodulationen 16QAM und 64QAM vor. Letztere nur optional. Darüber hinaus nutzt Mobile-WiMAX *HARQ* für die Effizienzsteigerung und unterschiedliche Multiplexverfahren wie *Frequency Division Duplex* (FDD) oder *Time Division Duplex* (TDD).

Die Funkfrequenzen von Mobile-WiMAX liegen zwischen 2 GHz und 11 GHz.

## **Nicht-Sichtverbindung** NLOS, non line of sight

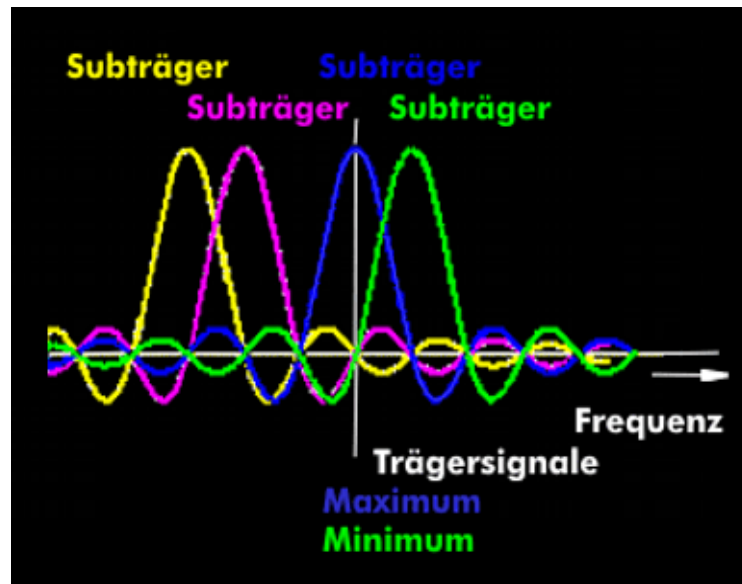
In diversen Standards wird neben der *Sichtverbindung* (LOS) auch das Übertragungsverhalten bei der Nicht-Sichtverbindung (NLOS) spezifiziert.

Übertragungstechnische Beeinträchtigungen durch eine nicht vorhandene Sichtverbindung (LOS) treten überall dort auf, wo eine optische Übertragungstrecke unterbrochen wird, wie bei der Freiraum-Übertragung oder in Infrarot-LANs, oder wo die Wellenausbreitung durch Umwelteinflüsse oder Gebäude beeinträchtigt wird. So bei der Satellitenübertragung, im Richtfunk oder im Mobilfunk.

## **OFDM, orthogonal frequency division multiplex**

Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM) ist ein äußerst Bandbreiten-effizientes Mehrträgerverfahren, das bei gleicher Übertragungsrage ein wesentlich geringeres Frequenzband benötigt als Frequenzmultiplex (FDM). Beim orthogonalen Frequenzmultiplex (OFDM) werden viele Unterträger mit einer relativ geringen Datenrate moduliert. Die Anzahl der Unterträger wird in tausend (k) angegeben, so hat beispielsweise ein OFDM 2k 2.096 Unterträger.

Die OFDM-Signale werden über eine inverse diskrete Fourier-Transformationen (IDFT) erzeugt. Die Besonderheit von OFDM liegt darin, dass die Frequenzen der einzelnen Subträger präzise aus der Symbolrate bestimmt werden, und zwar so, dass ein Subträger dann seine maximale Modulationsamplitude erreicht, wenn alle anderen Subträger einen Nulldurchgang haben. Die



*Unterträger in orthogonaler Zuordnung*

Blocklänge der IDFT entspricht dabei der Zahl der Subträger.

Die IDFT setzt voraus, dass alle Subträgerfrequenzen orthogonal zueinander stehen. Jeder dieser Subträger wird mit einem Teil der Daten moduliert. Da auf einem Subträger dadurch nur wenige Daten übertragen werden, ergeben sich lange Symbolraten. Diese sind unempfindlicher gegen Störungen und Echos als andere Modulationsverfahren und bieten daher besondere Vorteile bei stark beeinträchtigter terrestrischer Übertragung. Verzerrungen durch Reflektionen und

Laufzeitunterschiede, wie sie bei breitbandiger Übertragung als Verzögerungsstreuung auftreten, werden vermieden. Darüber hinaus benötigt diese Technik ein schmaleres Frequenzband als andere Mehrträger-Techniken, da zwischen den einzelnen Subträgerbändern kein Sicherheits-Frequenzband benötigt wird.

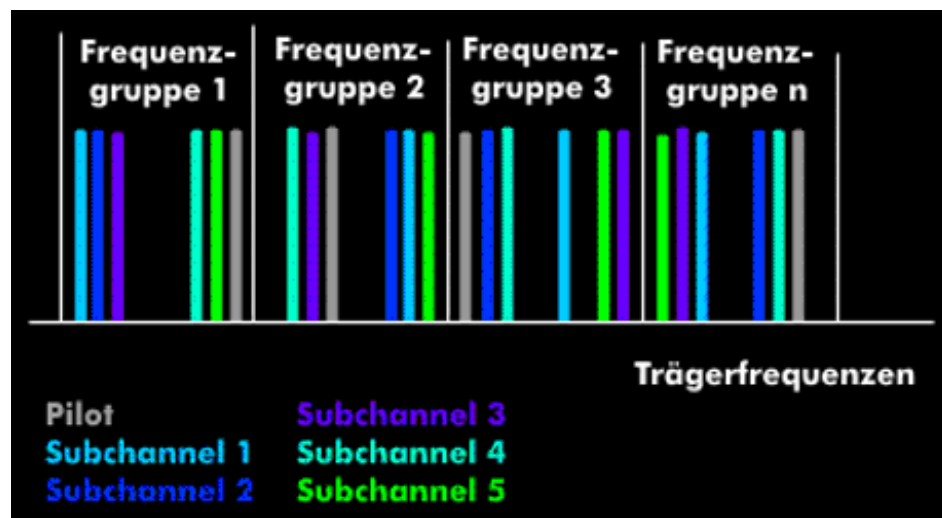
Soll also beispielsweise ein 1-Mbit/s-Signal mittels OFDM über zehn Trägerfrequenzen, die jeweils mit 100 kbit/s moduliert werden, übertragen werden, dann ist der optimale Abstand der Trägerfrequenzen 100 kHz. OFDM wird u.a. in terrestrischem Digital-TV (DVB-T), in Digitalaudio-Broadcast (DAB) und DRM-Radio eingesetzt, ebenso in WLANs nach IEEE 802.11a, bei Long Term Evolution (LTE) und in HiperLAN. In WiMAX wird OFDM mit der MIMO-Technik kombiniert und erreicht eine Spektraleffizienz von bis zu 8 bit/s/Hz.

## OFDMA, orthogonal frequency division multiplexing access

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) ist ein Zugangsverfahren für funktechnische Systeme, basierend auf der Mehrträgermodulation *OFDM* und erweitert um die Mehrfachzugangsverfahren FDMA und TDMA. Hierin besteht auch der Unterschied zu OFDM, das mit eindimensionalem Mehrfachzugang in Form von Zeitschlitzten arbeitet.

Durch die Mehrfachzugangsverfahren können einzelne oder mehrere orthogonale Subträger unterschiedlichen Nutzern zugewiesen werden. Über die zugewiesenen Zeitschlitzte von TDMA und die Unterkanäle von FDMA kann die Übertragungskapazität an die Nutzeranforderungen angepasst werden. So wird einem Teilnehmer der telefoniert, eine geringere Bandbreite zugewiesen als einem der Internetfernsehen anschaut.

Bei OFDMA bildet der Sender die zu übertragenden seriellen Bitströme auf diversen Subträgern ab. Die Anzahl an Subträgern hängt von der Kanalbreite ab. Die einzelnen Subträger werden



OFDMA mit Frequenzgruppen und mehreren Subchannels

parallel über die zur Verfügung stehende Bandbreite des Funkkanals übertragen. Je mehr Subchannels für die Übertragung genutzt werden, desto niedriger wird die Symbolrate, die sich in den Frequenzänderungen des Sendesignals zeigt. Was die Orthogonalität betrifft, so wird das Verhältnis der zur Verfügung stehenden Bandbreite zur Symbolrate so gewählt, dass das Maximum eines

Subträgerspektrums in den Minima seiner Nachbarn liegt.

OFDMA kennt drei verschiedene Subcarrier: den

- Data Subcarrier für die Datenübertragung,
- den Pilot Subcarrier für die Synchronisation und
- den Null Subcarrier ohne Übertragungsfunktion. Diese dienen zur Bereitstellung der Schutzzonen.

Das in *WiMAX* benutzte OFDMA hat gegenüber OFDM eine flexible Anzahl an Trägerfrequenzen. Sind es bei der OFDM-Technik 256, so können es bei OFDMA 128, 512, 1.024 oder 2.048 sein. Die Codierung, Modulation und Amplitude werden je nach den Kanalbedingungen für jeden Subchannel separat eingestellt. Das bedeutet, dass die Sendeleistung optimal an unterschiedliche Übertragungsbedingungen angepasst werden kann.

OFDMA sorgt für die Zuordnung der mehr oder weniger vielen Subträger eines Funknetzes zu den unterschiedlichen Radio Network Terminations (RNT). Mit dieser Funktion werden Interferenzen der Symbolrate und die Frequenzabweichungen der Lokaloszillatoren (LO) kompensiert. Da die Frequenzen der Lokaloszillatoren, bedingt durch Alterung und Temperatur, erheblich schwanken können, wird mit der OFDMA-Funktion der Bezug zu einem Subträger sichergestellt.

OFDMA wird vorwiegend in Hochgeschwindigkeits-Mobilfunknetzen wie 802.16m, Ultra Mobile Broadband (UMB), Long Term Evolution (LTE), *WiBro* und *Mobile-WiMAX* eingesetzt.

## Sichtverbindung

LOS, line of sight

Die Sichtverbindung (LOS) zwischen Sender und Empfänger spielt überall dort eine wesentliche Rolle, wo die Wellenausbreitung nur dann sichergestellt ist, wenn zwischen Sender und Empfänger eine unbeeinträchtigte Streckenverbindung besteht. Bei hohen Frequenzen im Mikrowellenbereich wird die Wellenausbreitung durch eine fehlende

Sichtverbindung beeinträchtigt; im Extremfall ist kein Empfang möglich. Beispiele hierfür sind die Satellitenkommunikation, der Richtfunk und der Mobilfunk. Typische Erscheinungen für eine fehlende Sichtverbindung beim Mobilfunk sind der Funkschatten oder das Funkloch. Die Funkübertragung über Sichtverbindungen ist durch die Freiraumdämpfung beeinträchtigt. Diese nimmt mit der Frequenz und der Entfernung quadratisch zu. In manchen Anwendungen, wie bei der Freiraumübertragung mit Licht oder der Satellitenübertragung, ist eine Sichtverbindung zwingend erforderlich. Es gibt diverse Standards in denen die Sichtverbindung ebenso wie die *Nicht-Sichtverbindung* (NLOS) im Definitionsumfang enthalten sind.

## SOFDMA, scalable orthogonal frequency division multiplex access

Scalable *Orthogonal Frequency Division Multiplex Access* (SOFDMA) und *OFDMA* unterscheiden sich durch die Skalierbarkeit der Subbänder. SOFDMA wurde für Wibro entwickelt und später in *Mobile-WiMAX* übernommen. Das funktechnische Übertragungsverfahren arbeitet mit konstantem Subträgerabstand und weist die Subbänder dynamisch zu. Je nach Bandbreite der Funkkanäle arbeitet ein solches Übertragungssystem mit mehr oder weniger Subträger. Bei *Mobile-WiMAX* nach *802.16e* hat sich ein Subträgerabstand von 10,94 kHz als optimal erwiesen. Bedingt durch die variablen Funkkanalbreiten kann *WiMax* mit 128 bis 2.048 Subträgern übertragen. Bei einer Funkkanalbreite von 10 MHz verwendet der Downlink 1.024 Subträger, in denen die Synchronisationssignale und Daten übertragen werden. Dadurch, dass SOFDMA mit konstanter Subchannelbreite arbeitet, vereinfacht sich die Systemkomplexität und bei höheren Kanalbandbreiten verbessern sich die Leistungsdaten. Durch SOFDMA-Technik werden Beeinträchtigungen der Funkkanäle durch Dopplereffekte oder der Schwund bei der *Mehrwegeausbreitung* vermieden. Daher eignet sich diese Technik besonders für die mobile funktechnische Übertragung.

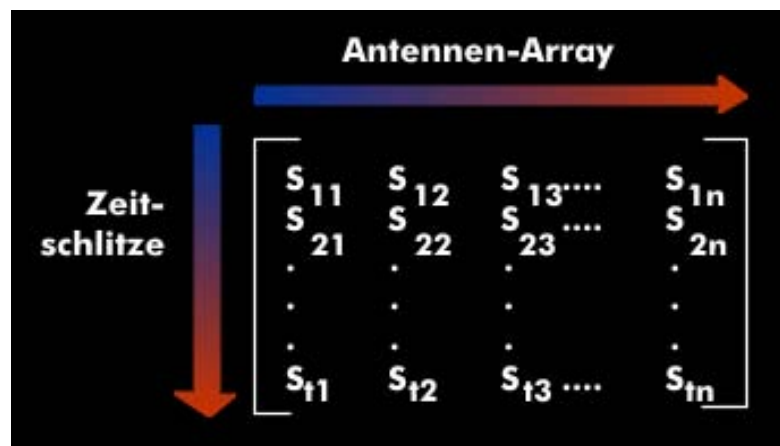
## STBC, space time block coding

### STBC-Codierung

Die Raum-Zeit Block Codierung (STBC) ist ein Übertragungsverfahren von Funknetzen, bei dem die zeitliche, die spektrale und auch die räumliche Dimension der Übertragungstrecke ausgenutzt werden.

Bei der STBC-Codierung wird der Datenstrom zur Übertragung in Datenblöcke codiert. Diese werden über räumlich verteilte Antennen zeitlich verteilt übertragen. Bei dem Verfahren werden senderseitig Antennen-Arrays eingesetzt, empfangsseitig sind keine erforderlich, allerdings trägt ein empfangsseitiges Antennen-Array zur Verbesserung der Empfangsbedingungen bei. Dieses Übertragungsverfahren, bei dem vielfältige Kopien der Daten empfangen werden, ist auch bekannt als Raumdiversität und ist die Strategie des *MIMO*-Verfahrens.

Die STBC-Codierung wird gewöhnlich als Matrix dargestellt. Jede Reihe repräsentiert einen Zeitschlitz und jede Spalte die Übertragung von einer Antenne. In dieser Notation stellt „S“ das modulierte Symbol dar, das im Zeitschlitz „y“ von der Antenne „x“ übertragen wird.



Übertragung bei der STBC-Codierung

Beim Space Time Block Coding (STBC) unterscheidet man zwischen orthogonalen Raum-Zeit-Block-Codes (*OSTBC*) und nicht-orthogonalen Raum-Zeit-Block-Codes (*NOSTBC*). Zu letzteren gehört *QSTBC* (Quasi-orthogonal). Mit *OSTBC* wird bei MIMO mit zwei Antennen die volle Datenrate und Diversität erzielt. Haben MIMO-Systeme mehr als zwei Antennen, dann kann die volle Datenrate nur mit *QSTBC* erzielt werden, allerdings mit

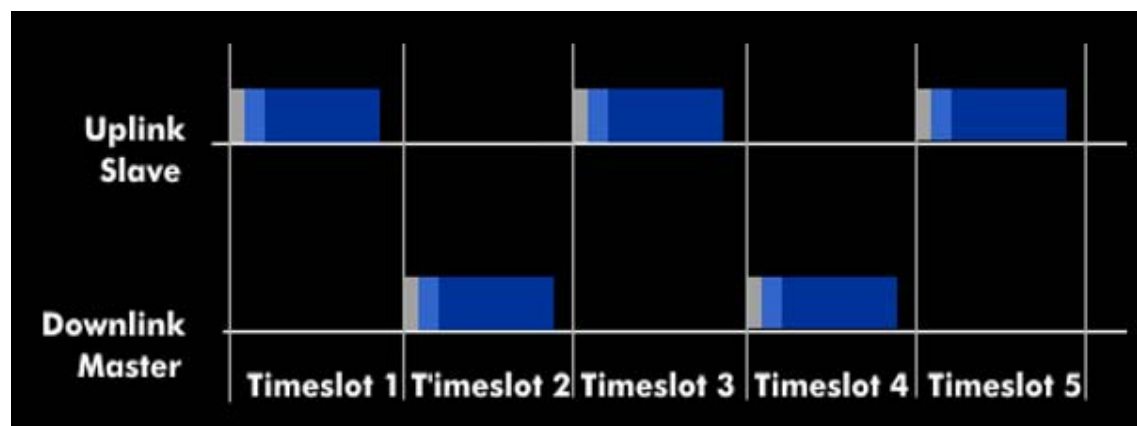
eingeschränkter Diversität.

Die STBC-Codierung wird u.a. vom Enhanced Wireless Consortium (EWC) für 802.11n vorgeschlagen.

## TDD, time division duplex

Beim Time Division Duplex (TDD) handelt es sich um ein Zeitmultiplex (TDM) für Funkübertragungen. Mit dieser Funktechnik werden die Funkkanäle von Uplink und Downlink zwischen Empfangs- und Basisstation getrennt. Beim TDD-Verfahren benutzen der Uplink und der Downlink die gleichen Übertragungsfrequenzen im Zeitmultiplex mit periodischer Umschaltung. Damit der Uplink- und Downlink-Verkehr sauber getrennt werden, werden sowohl zwischen den einzelnen Rahmen als auch zwischen den Sende- und Empfangsdaten Schutzzonen eingerichtet.

Bei TDD kann die zur Verfügung stehende Bandbreite effizient genutzt, allein dadurch, dass die Datenrate während des Betriebs im zeitlichen Übertragungsrahmen variiert werden kann.



TDD-Betrieb mit Zeitmultiplex in einem Übertragungskanal

Dadurch können dem Up- und Downstream Bandbreiten zugeordnet werden. TDD kann somit symmetrisch und auch asymmetrisch betrieben werden. Das TDD-Verfahren

# WiMAX

wird u.a. bei der schnurlosen Telefonie (CT), bei UMTS und Bluetooth angewendet. Das Alternativ-Verfahren für den Duplex-Betrieb von Funkkanälen ist das *FDD-Verfahren* mit Frequenzmultiplex.

## WiBro, wireless broadband

Wireless Broadband (WiBro) ist eine Alternative zu *WiMAX*. Es wurde in Südkorea entwickelt und auch dort von der Telecommunications Technology Association (TTA) von Korea standardisiert. Da WiBro den gleichen mobilen Ansatz wie *IEEE 802.16* verfolgt und einen Entwicklungsvorsprung hatte, hat das IEEE-Gremium das WiBro-Projekt mit in die Entwicklungsarbeiten für *802.16e* eingebunden. Dadurch flossen bestimmte Entwicklungen in das *Mobile WiMAX* ein, insbesondere die Übertragungstechnik *SOFDMA*.

In *802.16e* wird ein Funkdienst für einen breitbandigen, mobilen Zugang definiert, quasi für das mobile, drahtlose Internet.

<b>Frequenzbereich</b>	<b>2,3 GHz bis 2,4 GHz</b>
<b>Kanalbreite</b>	<b>9 MHz</b>
<b>Zugangstechnik</b>	<b>OFDMA mit 2.048 Subträgern</b>
<b>Modulation</b>	<b>QPSK, 16QAM, 64QAM</b>
<b>Reichweite einer Funkzelle</b>	<b>bis 1 km</b>
<b>Datenrate</b>	<b>20 Mbit/s, 50 Mbit/s</b>
<b>Mobilität</b>	<b>100 km/h</b>

Spezifikationen von WiBro

WiBro unterstützt mit seinen Datenraten zwischen 20 Mbit/s und 50 Mbit/s diese Dienste. Es zeichnet sich aus durch Handover und kann bei Fahrgeschwindigkeiten von über 100 km/h empfangen werden. Die WiBro-Funkzellen haben einen Radius von einem bis zu fünf Kilometern. Als Übertragungsfrequenzen nutzen die Koreaner und Japaner ein 100-MHz-Band bei 2,3 GHz. Übertragungstechnisch arbeitet WiBro mit skalierbarem SOFDMA mit 2.048

Subträgern.

WiBro bietet Dienstgüte (QoS), wodurch es auch für Streaming-Media und VoIP interessant ist. In Verbindung mit dem Handover kann es auch als Alternative zu den Mobilfunktechniken der 3. Generation (3G) wie UMTS in Betracht gezogen werden.

Damit die drahtlosen Breitband-Technologien WiBro und WiMAX später untereinander kompatibel sind, haben sich namhafte Chiphersteller und koreanische Firmen, die das WiBro-Projekt entwickelt haben, auf Kompatibilitätsfragen verständigt.

## WiMAX, worldwide interoperability for microwave access

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) ist eine High-Speed-Funktechnologie für breitbandige, bidirektionale Hochgeschwindigkeitsübertragungen im *Zugangsnetz*. Diese Hochgeschwindigkeitstechnik eignet sich für stationäre und mobile Endgeräte und kann ganze Stadtteile eines *Wireless Metropolitan Area Networks* (WMAN) versorgen. Der stationäre Betrieb arbeitet mit *Sichtverbindungen* (LOS) und zeichnet sich gegenüber dem mobilen WiMAX, *Mobile-WiMAX*, durch größere Funkzellen und höhere Datenraten aus. Mobile-WiMAX benötigt für die Übertragung allerdings keine Sichtverbindung.

Die Datenraten von WiMAX sind relativ hoch und hängen ab von den Bandbreiten des Funkkanals, die zwischen 1,25 MHz und 20 MHz liegen können. Beim stationären WiMax wird über einen 20 MHz breiten Funkkanal ohne *MIMO-Verfahren* (Multiple Input Multiple Output) eine Datenrate von ca. 75 Mbit/s erzielt. Dieser Wert ergibt sich aus der Übertragungsspezifikation von 3,75 bit/Hz bei Sichtverbindungen. Bei Mobile-WiMAX reduziert sich dieser Wert auf 2 bit/Hz, und erreicht mit MIMO über einen 10-MHz-Funkkanal ca. 90 Mbit/s, die für das Downlink und das Uplink aufgeteilt werden.

WiMAX ist eine Weiterentwicklung der Funk-LANs, basierend auf der A-Version des Standards 802.16 Broadband Wireless Access (*BWA*). 802.16 weist Übertragungsfrequenzen zwischen 10

# WiMAX

GHz und 66 GHz aus, die A-Version definiert Frequenzen zwischen 2 GHz und 11 GHz und die B-Version zwischen 5 GHz und 6 GHz.

Das *WiMAX-Forum* will die Standardisierung für alle 802.16-Versionen vorantreiben, wobei vorerst WiMax für den Frequenzbereich zwischen 2 GHz und 11 GHz ausgelegt ist und dabei speziell für die Frequenzen von 2,500 GHz bis 2,690 GHz, 3,400 GHz bis 3,600 GHz und 5,725 GHz bis 5,850 GHz. In Deutschland hat die Bundesnetzagentur (BNetzA) den Frequenzbereich zwischen 3,410 GHz und 3,594 GHz an mehrere Anbieter vergeben. Die Sendeleistung beträgt in Deutschland 3,2 W.

Der Breitband-Funk WiMAX benutzt als Modulationsverfahren *OFDM* mit 2.048 Unterträgern, das, kombiniert mit der MIMO-Technik, die hohen Datenraten ermöglicht.

Als Standard-basierte Technologie können über ein *WiMAX-Netz* drahtlose Breitbanddienste

WiMAX-Bänder	Bandbreite	Anwendungen
2,3-GHz-Band	30 MHz	
2,4-GHz-Band	83,5 MHz	Übertragungen mit max. 100 mW EIRP
2,6-GHz-Band	180 MHz	Funkzugang, später UMTS
3,5-GHz-Band	170 MHz ... 250 MHz	Lizenzfrei, Blöcke von 14 MHz bis 30 MHz
5,8-GHz-Band	300 MHz ... 475 MHz	Freiraum-Übertragung, max. 1 W EIRP

Die für WiMAX reservierten Frequenzbänder in Europa

bereitgestellt werden, sowohl für stationäre Anschlüsse als auch für portable und mobile Endgeräte, und das ohne Sichtverbindung zur Basisstation. Ein wesentlicher Aspekt ist die Dienstgüte. Da WiMAX verbindungsorientiert arbeitet, können für bestimmte Anwendungen Dienstgüten (QoS) vereinbart werden.

Der Betrieb mit stationären

Antennen basiert auf dem Standard *IEEE 802.16-2004*, der für Mobile-WiMAX auf *802.16e-2005*. Die letztgenannte Technik ist in Verbindung mit DSRC eine interessante Alternative für telematische und sicherheitsrelevante Dienste in der Automotive-Technik.

Zu den Einsatzszenarien von WiMAX gehören Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen im Richtfunk, Mesh-Netze mit Subscriber-zu-Subscriber-Kommunikation sowie die Anbindung von WLANs zur Erweiterung der Funkzellen von 802.11a auf bis zu 50 km. WiMAX könnte mittelfristig sogar WLANs und UMTS ersetzen und als breitbandige Zugangstechnik mit xDSL konkurrieren.

In Korea wurde mit *WiBro* eine der WiMAX-Technik vergleichbare Breitbandtechnik entwickelt, die in asiatischen Ländern eingesetzt wird. Teile dieser Entwicklung fließen in das Mobile-WiMAX nach IEEE 802.16e ein.

<http://www.wimaxforum.org>

## WiMAX-Forum

Das *WiMAX*-Forum fördert den Einsatz von breitbandigen, drahtlosen *Zugangsnetzen*, die auf der unter *IEEE 802.16* standardisierten Technologie basieren. So will das WiMAX-Forum den weltweit ersten universellen Freiraum-Telekommunikations-Standard schaffen, mit den IEEE 802.16a *WMAN* und den ETSI HiperMAN zusammenarbeiten und in einem Entfernungsbereich von über 50 km einen Durchsatz von 108 Mbit/s bieten. Neben einer flexiblen Dienstgüte (QoS) sollen strenge Sicherheitsbedingungen erfüllt und eine Migration zu den unter *802.16e-2005* definierten mobilen Anwendungen bereitgestellt werden.

Zu den Aufgaben des Forums gehört die Zertifizierung der Produkte in Bezug auf deren Interoperabilität. Die dem WiMAX-Forum angehörenden Unternehmen wollen den technischen Standard 802.16 im Frequenzbereich zwischen 10 GHz und 66 GHz und dessen A-Version mit spezifizierten Frequenzen zwischen 2 GHz und 11 GHz weltweit fördern und die Entwicklung von kostengünstigen Stadtnetzen vorantreiben. Das WiMAX-Forum arbeitet gemeinsam mit

der ETSI Testpläne für den ebenfalls auf 802.16 basierenden europäischen Wireless-MAN-Standard aus.

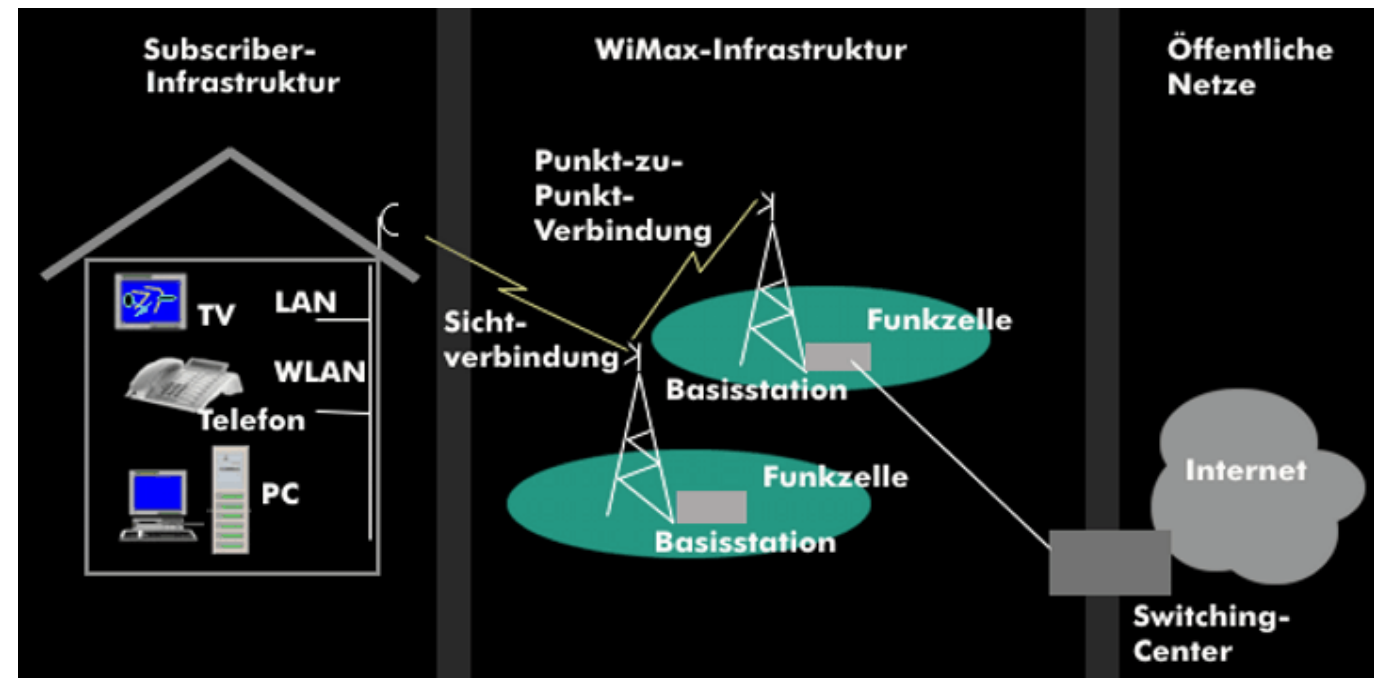
Zu den über 350 Mitgliedern des WiMAX-Forums gehören Netzbetreiber, Internet Service Provider, Hersteller von Komponenten, Mobilfunkeinrichtungen und Chips wie Intel, das die WiMAX-Aktivitäten durch Chipentwicklungen vorantreibt.

<http://www.wimaxforum.org>

## WiMAX-Netz

WiMAX network

Ein *WiMAX*-Netz ist ein zellulares Netz, vergleichbar dem GSM-Netz, allerdings mit einer



Infrastruktur eines WiMAX-Netzes

flacheren Netzstruktur. Die Kommunikation in einem solchen Netz arbeitet mit dem IP-Protokoll, wodurch die Dienste eine definierte Dienstgüte (QoS) haben. Außerdem können alle bekannten IP-Komponenten benutzt werden.

Die drei wesentlichen Komponenten eines WiMAX-Netzes sind der Subscriber, also der Dienst-Teilnehmer, die Basisstation und das Switching-Center.

Beim Subscriber kann es sich um eine ortsfeste aber auch mobile Station handeln. Die ortsfesten und mobilen Stationen sind über *Sichtverbindungen* mit den Basisstationen (BS) verbunden und können Dienste anfordern. Die lokale Verteilung der Dienste innerhalb des Gebäudes obliegt dem Subscriber. Diese kann über drahtlos über WLANs oder über die gebäudeinterne Verkabelung erfolgen.

Die Basisstation empfängt die Sende-Anforderungen der Subscriber und sendet diese an das Switching-Center. Sie sorgt für die funktechnische Abdeckung eines bestimmten Bereichs. Bei Fixed-WiMAX mit Sichtverbindung kann die Funkzelle eine Größe von bis zu 30 km haben, bei *Mobile-WiMAX* liegt der Funkzellendurchmesser zwischen 1 km und 4 km. Die Basisstation bildet den Übergang hin zu globalen Netzen, dem Internet oder dem Fernsprechnet. Das Switching-Center stellt den Dienst für den Subscriber bereit, der dann über die Basisstation an diesen übertragen wird.

## WMAN, wireless metropolitan area network

Wireless Metropolitan Area Network (WMAN) ist eine drahtlose Alternative zu den leitungsgebundenen Übertragungstechniken in der *Last Mile*. Technisch realisiert werden solche drahtlosen Stadtnetze mit *WiMAX*, einer funktechnischen Hochgeschwindigkeitstechnologie basierend auf *IEEE 802.16-2004*. WiMax ist ein High-Speed-Datenfunk mit dem ganze Stadtteile funktechnisch abgedeckt werden können. Die WiMAX-Technik bietet neben dem festen WiMAX (Fixed-WiMAX), auch das *Mobile-WiMAX*, das auf

## WiMAX

*IEEE 802.16e* basiert und nicht mit dem vorher genannten kompatibel ist.

Fixed-WiMAX arbeitet mit *Sichtverbindungen* und Funkzellen von bis zu 30 km Durchmesser. Bei Mobile-WiMAX, das ohne Sichtverbindung arbeitet, sind die Funkzellen kleiner. Ihre Größe liegt zwischen 1 km und 4 km.

WMANs, die mit dieser Technik arbeiten, erreichen bei stationärer Technik nach 802.16-2004 Datenraten von bis zu 100 Mbit/s und können ganze Stadtteile funktechnisch abdecken. Bei der mobilen WiMAX-Technik sollen die 802.16e-Clients zwischen verschiedenen Funkzellen wechseln können, bekannt als Roaming.

## Herausgeber

Klaus Lipinski  
Datacom-Buchverlag GmbH  
84378 Dietersburg

ISBN: 978-3-89238-215-7

## WiMAX

Copyright 2011  
Alle Rechte vorbehalten.  
Keine Haftung für die angegebenen Informationen.



reative Commons

amensnennung- Keine

ommerzielle Nutzung - Keine

earbeitung 3.0 Deutschland

**inweis** — Im Falle einer Verbreitung müssen Sie anderen alle  
Lizenzbedingungen mitteilen, die für dieses Werk gelten.  
Das E-Book darf nur dann auf fremde Webseiten gestellt werden,  
wenn ein Backlink auf [www.itwissen.info](http://www.itwissen.info) gesetzt ist.

Produktion: [www.media-schmid.de](http://www.media-schmid.de)

Bild: © Ronen - Fotolia.com

Weitere Informationen unter [www.itwissen.info](http://www.itwissen.info)<sub>1</sub>