

Funknetze: Wireless LAN

An ein drahtgebundenes Netz wird der sogenannte Access Point angeschlossen, der mittels Antenne eine Funkzelle mit einem Radius von etwa bis 100 Meter erzeugt. In dieser Zelle sollen sich dann – glaubt man den Angaben der Hersteller – je nach Funkstandard Daten mit ein bis 54 Megabyte pro Sekunde zwischen Sender und Empfänger hin und her schicken lassen.

In der Praxis und vor allem in Gebäuden relativieren sich diese Angaben erheblich. Verschiedene physikalische Phänomene wie Beugung, Reflexion, Interferenz und Absorption behindern nicht nur die Ausbreitung der Funkwellen, sondern sorgen durch die Verzögerung, Abschwächung und Auslöschung des Signals dafür, dass am Standort des Anwenders die Sende- und Empfangsverhältnisse nicht vorhersagbar sind. Das gilt für alle vier Funkfrequenzstandards, welche weiter unten im Script näher beschrieben werden.

Im Privatbereich und im Büro werden immer mehr Wireless LAN Router eingesetzt. Entsprechend dem Schnurlostelefon stellt der Router die Basisstation dar. Man sieht dies an den Antennen; eine zum Senden und eine zum Empfangen der Daten. Weiterhin hat er einen Eingang für das Internet und z. B. LAN-Leitungen zum PC und Drucker. Der drahtlose Router koordiniert den Netzverkehr und vergibt die IP-Adressen im lokalen Bereich. Hier gilt die 192.168.1.100 als Standard-IP.

Im Laufe der Entwicklung von Wireless LAN entstanden mehrere, zum Teil konkurrierende Verfahren:

- Das **alte** Frequenz-Hopping-Spread-Spectrum (FHSS) mit 1 und 2 MBit/s und
- das Direct-Sequence-Spread-Spectrum-Verfahren (DSSS) mit ebenfalls 11 Mbit/s.

Beide Funkübertragungstechniken arbeiten im lizenzenfreien 2,4 GHz Bereich, dem sogenannten ISM-Band (Industrial, Scientific, Medical).

2,4 GHz kann auf dem freien Feld im Idealfall 100 bis 150 Meter weit funkeln.

5GHz Wellen schaffen aus physikalischen Gründen maximal 30 bis 40 Meter. Dafür ist die Zahl der User pro Fläche bei 5 GHz wesentlich höher, da theoretisch bis zu **19** Kanäle bereitgestellt werden, im Gegensatz zu 2,4 GHz mit **drei** nicht überlappenden Kanälen.

Der ältere Standard 802.11b wird empfohlen, der zwar nur maximal elf Megabit pro Sekunde brutto transportiert, aber als eingeführtes Produkt sehr stabil ist und weitreichende Kompatibilität bietet.

Mit den 11 MBit/s des alten 802.11b Standards kann man in der Praxis gut leben, sofern man nicht über W-LAN fernsehen will. Seine Geschwindigkeit ist für den Normaluser **völlig ausreichend**. Dieser „alte“ Standard bietet mit seinen 2,4 GHz eine **größere Reichweite** und dieser Punkt ist für die meisten User entscheidend. Ein oder zwei Zimmer weiter kommt man mit den anderen Standards mit den höheren Frequenzen immer. Geht es aber um Stockwerke mit Bodenplatten, ausgestattet mit Stahlarmierung, oder die Anbindung des Gartenhäuschen an das W-LAN, dann kann sich ganz schnell Funkstille einstellen.

Der an sich schnellere Standard 802.11a läuft in Deutschland nur mit angezogener Handbremse, da der Gesetzgeber die Sendeleistung auf 30 Milliwatt **begrenzte**, um **Wechselwirkungen** mit Funkfeuern und militärischen Anwendungen zu vermeiden. Als 802.11h soll er eine auf deutsche Verhältnisse optimierte Anpassung erfahren. Experten erwarten jedoch, dass er selbst dann nur mit der Reichweite und Datenrate des Standards 802.11b mit elf Megabit pro Sekunde gleichziehen kann. Innerhalb von Gebäuden können Anwender sogar nur mit Reichweiten von zehn bis 15 Metern rechnen, da 802.11a im hohen 5,2-Gigahertz-Frequenzband arbeitet.

Allgemein ist zu beachten: Je höher die Trägerfrequenz ist, desto geringer ist die Durchdringung von Wänden. Als Faustregel gilt zudem, dass jede Wand die typische Reichweite halbiert. Die Praxis korrigiert diese Regel leider noch weiter nach unten, da in Geschäftsräumen sehr häufig massive Stein- und Betonwände mit Eisenarmierungen (Stahlmatten – Faradayscher Käfig) eingezogen sind.

Größere Hoffnungen setzt die WLAN-Branche deshalb in den Standard 802.11g, der einen hohen Datendurchsatz im niedrigeren 2,4 GHz Frequenzband erreicht und abwärtskompatibel zu 802.11b sein wird.

Durch die Benutzung des tieferen Frequenzbandes erhöht sich auch innerhalb von Gebäuden die Reichweite auf etwa 20 bis 40 Meter.

Neu, aber momentan noch nicht ratifiziert, ist der Standard 802.11n, der Transferraten bis zu über 500 Mbit/s bieten soll. Noch hat der Normaluser keinen Bedarf für solch hohe Raten, aber hochauflösendes Video benötigt schnelle (Funk)netze. Aber 802.11n bietet noch einen weiteren wesentlichen Vorteil. Sogenannte **MiMo**-Router werden im neuen Multiple-In-Multiple-Out Verfahren unter 802.11n standardisiert. Damit ist eine deutlich höhere Reichweite möglich.

Setzt man drahtlose Signalwiederholer, **Repeater**, ein, die es nicht einmal für alle W-LAN Sender gibt, erweitert man zwar die Reichweite, verringert aber den Durchsatz.

Beim Einsatz eines Funknetzes muss neben der erzielbaren Reichweite ein weiterer Effekt beachtet werden:

Die Verbindungsqualität und damit die Datentransferrate sinkt mit zunehmender Distanz vom Access Point.

Während im Fünf-Meter-Umfeld eines Access Points nach 802.11g eine Datentransferrate von etwa drei Megabyte pro Sekunde zu erwarten ist, wird bei einem Abstand von 50 Metern nur noch ein Datendurchsatz von 0,1 bis 1,5 Megabyte pro Sekunde erzielt. Abhängig von der Anzahl der zwischen Sender und Empfänger liegenden Wände muss sogar mit Funklöchern gerechnet werden.

Angesichts der zahlreichen Randbedingungen sind Hotspots also nicht so einfach zu installieren. Das optimale Preis-Leistungs-Verhältnis zu finden, also die minimal benötigte Anzahl von Access Points bei maximalem Datendurchsatz, erfordert nicht nur entsprechende Messgeräte, sondern auch einiges an Erfahrung. In größeren Bürogebäuden sollten deshalb erfahrene Fachfirmen mit dem nötigen Mess- oder Kontrollgerät hinzugezogen werden.

Überblick über die Frequenzbänder

Es gibt mittlerweile mehrere WLAN-Frequenzbänder, die teilweise auf völlig unterschiedlichen Frequenzen arbeiten. Die Standardfamilie 802.11 hat mehrere Mitglieder:

Standard	Frequenzen	Kanäle
IEEE 802.11a	5,15 GHz bis 5,725 GHz	Kanäle: 19, alle überlappungsfrei, in Europa mit TPC und DFS nach 802.11h
IEEE 802.11b	2,4 GHz bis 2,4835 GHz	Kanäle: 11 in den USA / 13 in Europa / 14 in Japan. Maximal 3 Kanäle überlappungsfrei nutzbar.
IEEE 802.11g	2,4 GHz bis 2,4835 GHz	Kanäle: 11 in den USA / 13 in Europa / 14 in Japan. Maximal 3 Kanäle überlappungsfrei nutzbar.
IEEE 802.11n	2,4 GHz bis 5 GHz	MIMO Technik (s.u.)

Die Kanalbandbreite beträgt bei allen Standards zwischen 10 und 30 MHz.

Datenraten

IEEE 802.11	2 Mbps maximal
IEEE 802.11a	54 Mbps maximal (108 Mbps bei 40 MHz Bandbreite)
IEEE 802.11b	11 Mbps maximal (22 Mbps bei 40 MHz Bandbreite, 44 Mbps bei 60 MHz Bandbreite)
IEEE 802.11g	54 Mbps maximal (g+ =108 Mbps)
IEEE 802.11h	54 Mbps maximal (108 Mbps bei 40 MHz Bandbreite)
IEEE 802.11n	Theoretisch 540 Mbps max., Datenraten von 100 Mbps, (Entwurf: 2006, Verabschiedung des Standards durch IEEE voraussichtlich 2008)

Bei der Betrachtung der Datenraten ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich alle Geräte im Netz die Bandbreite teilen. Weiterhin sind die angegebenen Datenraten Bruttowerte, und selbst unter optimalen Bedingungen liegt die erreichbare Netto-Datenrate **nur wenig über der Hälfte** dieser Angaben.

Am weitesten verbreitet ist bei uns 802.11b, das oft auch „Wi-Fi“ genannt wird. Mit 11 MBit/s ist Wi-Fi aber deutlich langsamer als die etablierten kabelgebundenen Fast Ethernets mit 100 MBit. Für DSL-Sharing reicht das locker - solange keine übermäßig großen Datenmengen von einem PC auf den anderen übertragen werden.

Schneller geht es mit 802.11g.

Mit bis zu 54 MBit/s ist das Funknetz fast fünf mal so schnell und kompatibel zu 802.11b. Beide Funknetze nutzen das 2,4 GHz Frequenzband. Es empfiehlt sich, nur zertifizierte Produkte zu kaufen!!!

Bei einer Frequenz von 5 GHz ist 802.11a angesiedelt, ist aber in Deutschland wenig verbreitet. Dieser Bereich wurde erst 2002 für die zivile Nutzung freigegeben und folglich versteht er sich mit den anderen Mitgliedern nicht. In den USA wird er seit 1999 angeboten und ist heute entsprechend weit verbreitet. 802.11a Geräte sind teurer, erreichen aber technologiebedingt Reichweiten von bis zu 6 Kilometern – auch unter ungünstigen Bedingungen. Im 5 GHz-Bereich tummeln sich nicht so viele andere Geräte und es wird weniger „dazwischen gefunkt“.

Wasser hat eine Eigenfrequenz von 2,455 GHz und kann die Strahlung der 2,4 GHZ g-Modelle absorbierten.

802.11g unterstützt mehr Kanäle als 802.11b.

Acht (8) Kanäle mit je 54 MBit/s reichen zusammen zu theoretischen 432 MBit/s und würden 512 Benutzer gleichzeitig verkraften – ein beeindruckender Wert, zumindest theoretisch.

Als Modulationstechnik kommt **OFDM** (Orthogonal Frequency Devision Multiplexing) schon zum Einsatz.

Die praktische Übertragungsrate liegt auf jeden Fall deutlich tiefer.

Sicherheitshalber sollte man sein privates Netz **WEP**-verschlüsseln. Das reicht für „Gelegenheitsdiebe“. Professionell: Nur bestimmte Mac-Adressen werden zugelassen, wodurch aber das System unflexibel wird.

Durch eine Verschlüsselung mit 64 oder 128 Bit steigt zwar die Sicherheit, aber die reale praktisch verwertbare Übertragungsrate fällt noch tiefer.

11a bietet gegenüber 11b/g den Vorteil von **acht überlappungsfreien Kanälen im unteren Band**, d.h. acht voneinander unabhängig operierende Kanäle anstelle von drei bei 802.11b. Nimmt man noch das obere, von der RegTp freigegebene zweite Band von 5470 MHz bis 5745 MHz mit **elf überlappungsfreien Kanälen** hin zu, dann stehen sogar **19 Kanäle insgesamt** zur Verfügung.

Mit 11g zieht das 2,4-GHz-Band dem 5-GHz-Band in der Bandbreite gleich.

Die physikalisch bedingte schlechtere Ausbreitungscharakteristik höherer Frequenzen führt ohne erhöhte Sendeleistung zu drastisch schlechteren Reichweiten bei 802.11a-Produkten im Gegensatz zu solchen, die 802.11b einsetzen.

Dieser Effekt wurde auch im Test von Fachzeitschriften problemlos nachgewiesen.

803.11n benutzt **MIMO** (Multiple Input Multiple Output) und ist ein Verfahren beim Funknetzwerk (Wireless LAN, WLAN), das die Übertragungsgeschwindigkeit optimiert. MIMO benutzt anstelle einer leistungsstarken einzelnen Antenne, welche sehr hohe Strahlungsemissionen hätte, eine Gruppe von Antennen, ein sogenanntes Antennen-Array (z. B. in einem Access Point oder einem Router). Es werden viele Signalpfade benutzt.

Die Antennengruppe tastet gleichzeitig im gleichen Frequenzspektrum die Umgebung ständig nach physikalischen Hindernissen ab, ohne sich dabei gegenseitig zu stören. Empfangsseitig treffen die gleichen Funkfrequenzen zu verschiedenen Zeiten ein, da sie an Wänden oder anderen Objekten und Gegenständen reflektiert werden. Durch diese Streuung wird eine Funkwelle in mehrere schwächere aufgeteilt. Diese unterschiedlichen Signallaufzeiten nutzt MIMO bei den einzelnen Sendern als charakteristisches Merkmal, um die einzelnen Antennen stärker oder schwächer zu betreiben und so stets eine hohe Übertragungsrate zu gewährleisten. Diese Technik kann sowohl beim Empfang als auch beim Senden genutzt werden.

Die volle MIMO-Unterstützung wird nur nutzbar, wenn sowohl Sender als auch Empfänger das MIMO-Verfahren beherrschen. Nutzt nur eine Seite MIMO-Technologie, so steigert sich die Leistung von normalen 802.11g-Komponenten um ca. 50 Prozent.

Die ersten MIMO-Geräte bieten eine wesentlich höhere Funkabdeckungen im Vergleich zum normalen 802.11g Standard.

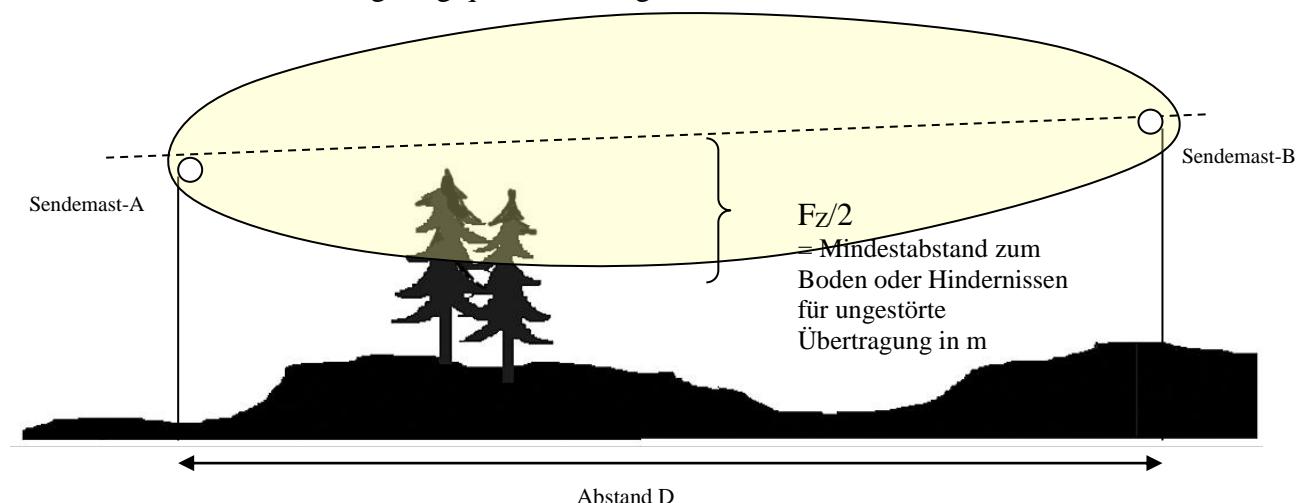
Die MIMO Technik wurde im Frühjahr 2005 von verschiedenen Herstellern eingeführt. Ob diese wirklich untereinander kompatibel sind, ist fraglich, da gleichzeitig das Standardisierungsverfahren für den künftigen WLAN-Standard 802.11n läuft und voraussichtlich erst 2008 nach offizieller Einführung durch die Normierungsorganisation IEEE verabschiedet werden wird (laut: network computing, Ausgabe 13. September 2006).

Störungen bei WLAN können sein:

- Chip Komponenten
- Netzwerkkomponenten
- Netzwerkadministration
- Sicherheit. Wie beeinflusst die Implementierung von Sicherheitsrelevanten Mechanismen im MAC- und auch auf höheren Netzwerkebenen die Netzwerkleistungsfähigkeit?
- Hotspot-Billing (viele Hotspots – Problem der Bezahlung, kein übergreifendes System)
- Zellen-Roaming (viele Hotspots – Problem des Einloggens, kein übergreifendes System)
- Interferenzen (Störungen durch Signalüberlagerungen mit anderen Funkwellen)

Signalüberlagerung

Bei den 2,4 GHz und den 5 GHz WLAN Frequenzen, sie liegen im Mikrowellenbereich, spielen nicht nur entfernungs- und hindernisbedingte Signalabschwächungen eine Rolle, sondern vor allem so genannte **Multipath Effekte**. Ein Signal wird mehrmals reflektiert, geht somit mehrere Wege, um dann zu unterschiedlichen Zeiten beim Empfänger anzukommen. Beim Empfänger überlagern sich die zeitverschobenen Signale (Interferenzen) und stören sich oder schwächen sich ab oder löschen sich vollständig aus, wenn der Laufzeitunterschied zwischen zwei Signalen 180° beträgt. Daher kann es passieren, dass ein AP (Access Point) nur wenige Meter in ein und demselben Raum vom WLAN-NIC-Client (Wireless LAN Network Interface Card), also dem User entfernt steht, aber eine LAN Verbindung trotzdem nicht zustande kommt. Auch bei WLAN Richtfunkstrecken kann dies passieren. In diesem Fall werden LANs, welche in zwei voneinander getrennten Gebäuden stehen, drahtlos gekoppelt. Dies sind allerdings keine reflexionsbedingte Multipath Effekte, sondern signalverzögerungsbedingte Interferenzen. Diese entstehen durch Hindernisse, die zu einem gewissen Maß in die Richtfunkstrecke hineinragen. Für die ungestörte Übertragung muss nicht nur eine direkte Sichtverbindung herrschen, sondern ein ganz bestimmter Raum zwischen Sender und Empfänger vollkommen frei von Hindernissen aller Art sein. Dieser Raum wird nach dem französischen Ingenieur Augustine Jean Fresnel „**Fresnelsche Zone**“ genannt. Hersteller von Richtfunkhardware geben einen Grenzwert an, ab dem sie eine Verbindung sicherstellen. Mit Hilfe der Fresnel-Zonen lässt sich der Einfluss von Hindernissen im Ausbreitungsweg quantitativ angeben.



Beispiel:

Eine Entfernung von 2 km soll überbrückt werden und dabei mindestens 60 Prozent der Fresnelzone frei bleiben. Dann muss sicher sein, dass nach einem Kilometer von der Sichtverbindungslinie zwischen den beiden Antennen mindestens 6 bis 8 Meter Abstand bis zum nächsten Hindernis oder zum Boden (bei 2,4 GHz Wellen) besteht. Gegebenfalls muss der Antennenmast verschoben werden.

$$F_{Zone}/2 = 0,5 * \text{Wurzel aus } [\lambda * D]$$

wobei: $\lambda = c/f$

$F_{Zone}/2$ = Mindestabstand zum Boden oder Hindernissen für ungestörte Übertragung in Meter

λ = Wellenlänge

D = Abstand zwischen zwei Sendemasten in Meter

c = Lichtgeschwindigkeit ($300\ 000\ 000\ \text{ms}^{-1}$)

f = Frequenz in Hz ($2\ 400\ 000\ 000\ \text{s}^{-1}$)

Beispielaufgabe:

$$\begin{aligned} F_{Zone}/2 &= 0,5 * \text{Wurzel aus } [(\lambda * D) / (c/f)] \\ F_{Zone}/2 &= 0,5 * \text{Wurzel aus } [(300\,000\,000 \text{ ms}^{-1} / 2\,400\,000\,000 \text{ Hz}) * 2000 \text{ m}] \\ F_{Zone}/2 &\sim 8 \text{ m} \end{aligned}$$

Gefahren

Funknetze sind abhörgefährdet und Schutzmechanismen werden häufig nur ungenügend eingesetzt:

Suchwerkzeuge: AirSnort für Linux, WEPcrack, Network Stumpler ==> „War Driving“

WiMAX

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) ist der **stationäre** Richtfunkstandard 802.16d (IEEE). Er wurde für MANs, mit immobilen Endgeräten, entwickelt und erreicht mit einer **Bandbreite von 75 Mbit/s** eine erstaunliche **Reichweite von bis zu 50 km**.

Ursprünglich sollte der Bereich von 10 bis 66 GHz genutzt werden. Dafür ist aber eine klare Sichtverbindung erforderlich, die nicht immer gegeben ist. Heute funk Wimax im Bereich von 2 bis 11 GHz. Beide Standards sind im so genannten „**Wimax-Fixed**“ zusammengefasst.

Für den **mobilen** Einsatz gibt es das Protokoll 802.16e mit einer Datenrate von 15 Mbit/s. Die Reichweite verringert sich auf 1,5 bis 5 km.

Seit Dezember 2005 ist die mobile 802,16e Variante ratifiziert.

Das oben erwähnte WiFi arbeitet weltweit in nicht lizenzierten Frequenzbändern mit der Protokollstruktur CSMA.

Bei WiMAX ist der Kontrollmechanismus strenger und bei der mobilen Variante ist der sogenannte Handoff, also die **Übergabe, ähnlich wie das Handover bei den Mobilfunknetzen**. Bei höheren Geschwindigkeiten ist ein unterbrechungsfreier Breitbandzugang möglich. Die unterstützen **Protokolle sind AT, Ethernet und IP**.

Ausblick:

Die Funknetze, dazu gehören GMS, UMTS, Wimax, und WLAN wachsen zusammen.

Triple-Play, d.h. Telefon, Internet und TV ist möglich, stellen aber hohe Anforderungen an die Funknetztechnologie! (Test von der FH Stralsund)