
15 Antennentechnik im Bereich WLAN

Dipl.-Ing. Martin Heine



Dipl.-Ing Martin Heine ist freier Berater im IT-Bereich, spezialisiert auf die Nische Mensch-Maschine Interaktion, Web-Applikationen und alternative Automatisierungs- /Kommunikationstechnologien. Er arbeitete als freier Mitarbeiter in der Elektronikentwicklung an zahlreichen internationalen Forschungsprojekten an der Universität Stuttgart und der Deutschen Forschungsgesellschaft für Luft und Raumfahrt (DLR) mit. In seiner Tätigkeit als "Vice Präsident Engineering" in den USA entwickelte der „Otto-von-Guericke“-Preisträger Multifunktionsantennen und Mobilfunk-Kommunikationsschnittstellen für die Automobilbranche und erhielt fünf U.S. Patente. Heine ist einer der Gründer von Vision Alliance, die als Spin-Off der Hochschule Reutlingen ein Zusammenschluss von Unternehmen darstellt, welche in WLAN-Projekten kooperieren. www.lightartvision.de und www.visionalliance.de

15.1 Einführung

Die Antenne - Schnittstelle zwischen Hardware und Äther - Ausgangspunkt für die drahtlose Versendung von Daten, wird meist als fälschlicherweise als selbstverständliche Komponente angesehen. Dabei sie ist tatsächlich einer der wichtigsten Bestandteile bei der drahtlosen Datenübertragung. Insgesamt können Datenübertragungsbereiche oder -strecken sehr unterschiedlich und vielfältig sein: Angefangen von der lückenlosen Ausleuchtung eines bestimmten Raumes bis hin zur Überbrückung zweier entfernter Punkte mit Wireless LAN - es gibt eine Vielzahl von Anwendungen. Die unterschiedlichen Einsatzbereiche werden dabei kaum durch WLAN-Hardware determiniert - sondern durch die sich differenzierende Antennentechnik. Allein aufgrund von Antennen können Leistung, Abstrahlcharakteristika, Zelleneigenschaften und Abgrenzung der Wirkungsbereiche eines WLAN nicht nur bestimmt, sondern auch erweitert werden. Da die Sendeleistungen von WLAN-Komponenten im Bereich 10...100 mW begrenzt sind, ist die

Antenne die Variable, mittels derer eine Leistungssteigerung zu erreichen ist. Die unterschiedlichen Einsatzgebiete bedingen verschiedene Antennen. Dabei sind - unabhängig von Technologie und Aufbau - grundsätzlich zwei Arten von Antennen zu unterscheiden: Antennen mit *Rundstrahlcharakteristik* und Antennen mit *Richtwirkung*. Bei ersterer wird die, an der Antennen zur Verfügung stehende Sendeleistung gleichmäßig rund um die Antenne in den Raum abgestrahlt. Im Gegensatz dazu wird bei Richtantennen die zur Verfügung stehende Energie - mit unterschiedlichen Abstrahlwinkeln - gebündelt nur in eine bestimmte Richtung abgeben.

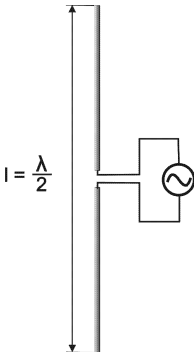


Bild 15.1: Halbwellendipol

15.2 Allgemeine Funktionsweise von Antennen

Unabhängig vom physikalischen Aufbau ist die Funktionsweise einer Antenne generell ähnlich. Vom Prinzip her mit einer Orgelflöte vergleichbar, bei der Luft zum Schwingen kommt und Schallwellen abstrahlt - ist bei Antennen auf einem Leiter eine elektromagnetische Schwingung in Resonanz und strahlt elektromagnetische Wellen ab. Dabei bestimmt die Länge des Leiters einer Antenne die Resonanzfrequenz der Schwingung. Das simpelste Antennen-Resonanzgebilde ist der so genannte Halbwellendipol - da er allgemein als Grundelement der meisten Antennenformen angesehen wird, ist er zum Verständnis der Funktionsweise einer Antenne unabdinglich. Darüber hinaus dient der Halbwellendipol auch als Bezugsantenne für die vergleichende Kennzeichnung des Antennengewinns.

Wie der Name schon sagt, entspricht die Länge des Halbwellendipols in etwa der Hälfte der Wellenlänge die der verwendeten Frequenz entspricht. So errechnet sich beispielsweise die Wellenlänge für den Aufbau eines Halb-

wellendipols für die WLAN Frequenz von 2.4 GHz wie folgt: $\lambda = c/f = \sim 300.000.000\text{m/s} / 2.4 \text{ GHz} = \sim 0,125 \text{ m}$. Damit ist die gesamte Länge ungefähr $0,125 \text{ m}/2$ (Halbwellendipol) = 6,25 cm, folgerichtig hat jedes der beiden Drahtstücke eine Länge von cirka 3,1 cm.

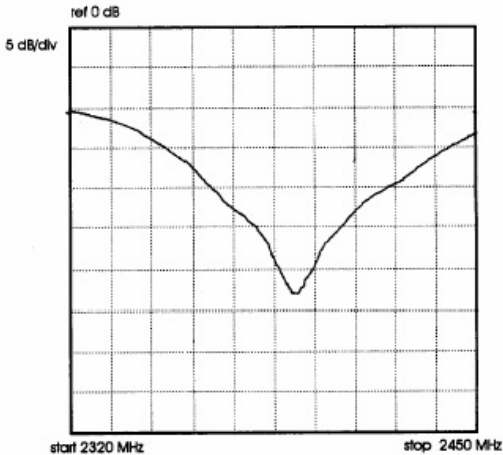


Bild 15.2: Typisches VSWR Diagramm einer WLAN Antenne

Bei der Einrichtung sollte beachtet werden, dass die Antenne möglichst exakt an den entsprechenden Sender angepasst wird. Mit Anpassung ist gemeint, dass die Ausgangsimpedanz des Transceivers ungefähr der Impedanz der Antenne entsprechen muss. Die Impedanz einer Antenne ergibt sich dadurch, dass elektromagnetische Wellen auf Antennen immer eine Kombination aus Strom und Spannung sind, wobei im Resonanzfall beim Dipol eine Verschiebung um 90 Grad stattfindet. So entsteht ein Scheinwiderstand oder auch Wellenwiderstand. Dieser liegt beim Halbwellendipol bei etwa 65Ω . Wenn der Antenneneingangswiderstand Z_A gleich dem Wellenwiderstand Z_L der Versorgungsleitung ist, nimmt die Antenne genau den Strom auf, den die Leitung bei der angelegten Spannung führt. In diesem Fall besteht eine Anpassung, jede Abweichung zwischen den beiden Widerständen hat eine Fehlanpassung zur Folge. Dann kann die Antenne den Strom beziehungsweise die Spannung nicht vollständig aufzehren, mit der Konsequenz, dass ein Teil davon in die Leitung zurückfließt. Ist die Leitung offen oder kurzgeschlossen, wird die elektromagnetische Welle am Ende vollständig reflektiert, eine so genannte Totalreflektion.

Ein Maß für die Anpassung ist der Welligkeitsfaktor s oder das Stehwellenverhältnis $VSWR$, das aus den Amplituden von hin- und rücklaufenden Wellen bestimmt wird. Im Idealfall ist das Stehwellenverhältnis 1:1.0 In der Praxis liegen typische Stehwellenverhältnisse zwischen 1:1.1 und 1:2.0.

15.3 Richtwirkung und Gewinn von Antennen

Antennen, die gleichmäßig exakt in alle Richtungen kugelförmig abstrahlen, nennt man *Kugelstrahler* oder auch *Isotropen Strahler*. In der Praxis ist es jedoch nicht realisierbar, dass ein Strahler sowohl mit gleicher *Intensität* als auch *Polarisation* rundum strahlt. Zwar hat generell jede Antenne eine bestimmte *Richtcharakteristik*, aber da die Abbildung dieser Richtcharakteristik von Antennen im dreidimensionalen Raum relativ schwierig und zudem auch selten notwendig ist, liegt allgemein eine Beschränkung auf die horizontalen oder vertikalen Ebenen vor. Die Richtcharakteristik und der so genannte Gewinn einer Antenne stehen in direkter Abhängigkeit: Wird eine Antenne zum Beispiel mit einem Reflektor betrieben (beispielsweise ein Parabolspiegel) erhöht sich die Abstrahlleistung. Die Wirkung ist vergleichbar mit einem Scheinwerfer, bei dem der Lichtstrahl - mit einem Parabolspiegel konzentriert - wesentlich heller scheint, als die gleiche Lampe ohne Reflektor. Dabei ist Leistungsflussdichte umso größer, je konzentrierter die Strahlung gebündelt wird.



Bild 15.3: Veranschaulichung von Omnidirektional- und Richtantennenwirkung

Der Gewinn zum Beispiel von einer Empfangsantenne ist theoretisch definiert durch das Verhältnis von verfügbarer Empfangsleistung sowie einer optimal im ebenen Wellenfeld orientierten Empfangsantenne (optimale Richtcharakteristik, optimale Polarisation) zur Empfangsleistung eines idealen Kugelstrahlers. Da es in der Praxis jedoch keine idealen Kugelstrahler beziehungsweise Isotropen Strahler gibt, wird zu Messzwecken hier oft der Halbwellendipol als Bezugsantenne genommen. Der Gewinn eines Halbwellendipols bezogen auf den Kugelstrahler ist definiert mit 2.15 dB und bezieht

sich üblicherweise auf Freiraumstrahler, also auf einen Bezugsstrahler im freien Raum. Da der Erdboden ebenfalls reflektiert, hätte ein idealer Halbwellendipol in einer Höhe von $\lambda/2$ vom Boden theoretisch einen absoluten Gewinn von $6 \text{ dB} + 2,15 \text{ dB} = 8,25 \text{ dBi}$. bei einem Erhebungswinkel (Elevationswinkel) von 30 Grad .

Bei Antennen gibt es je nach Betrachtungsweise und mathematischem Ansatz verschiedene Definitionen zum Antennengewinn:

- Absoluter Gewinn (oder Isotope Gewinn) [dBi]
- Relativer Gewinn [dB] bzw. [dBD]
- ERP (engl. effective radiated power) [W]
- EIRP (engl. effective isotropically radiated power) [W]

Von dem *Absoluten (isotropen) Gewinn* in einer gegebenen Richtung spricht man, wenn der Bezugsstrahler ein Kugelstrahler im freien Raum ist und von dem *Relativen Gewinn* einer Antenne in gegebener Richtung dann, wenn die Bezugsquelle ein verlustfreier Halbwellendipol im freien Raum ist. ERP ist die - der Antenne zugeführte - Sendeleistung multipliziert mit dem Antennengewinn in einer gegebenen Richtung, bezogen auf den Halbwellendipol. Dieser beträgt $2,15 \text{ dB}$, was dem Faktor $1,64$ entspricht.

EIRP entspricht im Grundsatz *ERP*, nur bezogen auf den Kugelstrahler und berechnet sich damit:

$$\mathbf{ERP = G * P = 10^{(g/10)} * P}$$

Hierbei sind:

- G: Antennengewinnfaktor
- g: Antennengewinn [dBi]
- P: Sendeleistung [W].

Beispiel: Bei einer üblichen Mobilfunk-Basisstationsantenne mit einem Gewinn von 17 dBi und einer Sendeleistung von 10 Watt berechnet sich eine EIRP von ca. 501 W .

Die Richtcharakteristik einer Antenne wird im Regelfall in der Kombination aus einem Horizontal- und Vertikalwinkeldiagramm dargestellt (vgl. Bild 15.4)

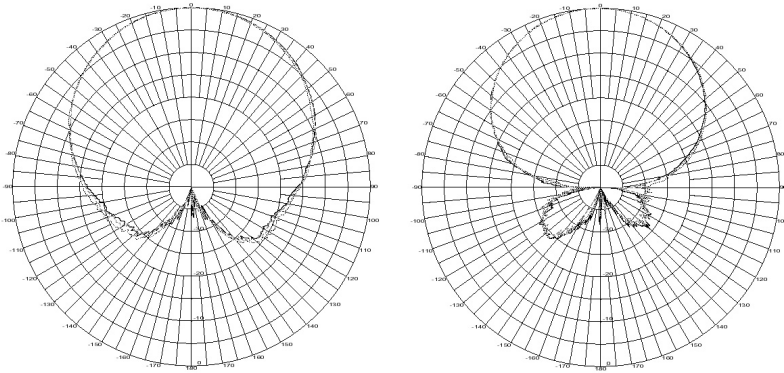


Bild 15.4: Typisches Horizontal- und Vertikalwinkeldiagramm einer Richtantenne

15.4 Bauformen von WLAN Antennen

Grundsätzlich gibt es keine bestimmte Antennen-Bauform, die für den Einsatz im Zusammenhang mit WLAN prädestiniert ist. Entsprechend groß ist die Bandbreite der eingesetzten Antennen - von der Miniatur Chip-Antenne bis hin zur großen Base Station-Richtantenne. Eine exakte Einteilung der verschiedenen Bauformen ist schwierig, da die Funktionsweisen oft ähnlich sind und sich zwischen den einzelnen Kategorien Überschneidungen ergeben. Allgemein ist jedoch neben der Richtwirkung (Rundstrahl- oder Richtantenne) eine weitere Unterscheidung zwischen Polarisationsrichtung (vertikale, horizontale oder zirkuläre Polarisierung), Bandbreite (schmalbandige beziehungsweise breitbandige Antennen) und Resonanz (resonante oder aperiodische Antennen) möglich. Aus den vorgenannten Bauformen kann das einzusetzende Medium frei gewählt werden, immer unter der Prämisse, dass Abstrahlung, Anpassung, VSWR und Frequenz übereinstimmen. Daneben gilt es bei der Auswahl des Antennen-Designs unbedingt zu beachten, dass eine kostengünstige Serienproduktion möglich ist. Antennenkonstruktionen, bei denen sich kleine Toleranzen in Material und Montage negativ auf Stehwelleneigenschaften und Antennenwiderstand auswirken, sind in der Produktion sehr kostenintensiv, da jede einzelne Antenne getestet und gegebenenfalls sogar kalibriert werden muss.

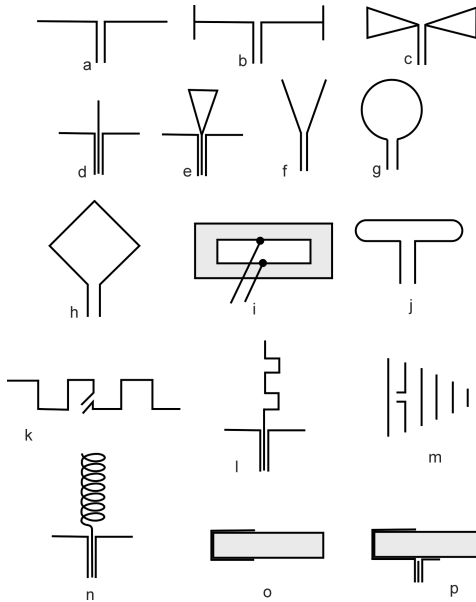


Bild 15.5: Beispiele einiger Antennen Topologien:

a - Dipol, b - Hertzscher Dipol c - Kegeldipol d - Monopol e - Konusantenne f - Winkeldipol g - kleine Schleife h - Quadantenne i - Langschlitz j - Faldipol k - Bruce Antenne l - Franklin Antenne m - Yagi-Oda Antenne n - Wendelantennen o - Nahfeldlinse p - Polyrod-antenne

15.4.1 Radial-Antennen

Die kleinsten Antennen kommen in PCMCIA oder Kompakt-Flash-Sized WLAN-Karten vor. Diese Miniatur-Antennen sind so genannte Patch-, Chip- oder Leiterbahn-Antennen; die Abmessung dieser Antennen beträgt oft nur ein paar Zentimeter, in der Regel handelt es sich um Keramik-Chips oder gefaltete Dipole.

Omnidirektionale Antennen, die zum Beispiel an Masten befestigt werden können, sind gut geeignet für die Abdeckung von Industriegeländen, Freiflächen oder auch Messgeländen. Die Bauformen sind unterschiedlich.

Solche Rundstrahl-Antennen können als Halbwelldipole aufgebaut sein, die wiederum je nach Hersteller und Herstellungsverfahren unterschiedliche mechanische Variationen zulassen. Eine beliebte Bauform, die sich relativ unempfindlich gegenüber Herstellungstoleranzen verhält und zudem verhält-

nismäßig einfach in Serie produziert werden kann, ist der iSleeve-Dipol oder auch Koaxialantenne genannt.

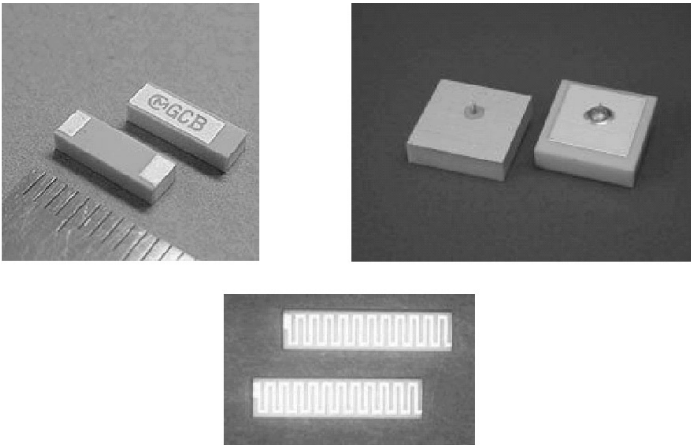


Bild 15.6: Patch Antennen für 2.4 GHz (Quelle: NTK)



Bild 15.7: Omnidirektionale Antenne für 2.4 GHz (Quelle: AirLAN)

Die Länge des Metallrohrs (zum Beispiel Kupfer oder Aluminium) sowie die Länge des herausstehenden Innenleiters des Koaxkabels entsprechen wie beim Halbwellendipol jeweils $1/4$ der Wellenlänge. Das Metallrohr hat bei dieser Antenne sogar eine Doppelfunktion. Es ist strahlende Dipolhälfte und

bildet gleichzeitig zusammen mit dem durchgeführten Koaxkabel einen Viertelwellensperrtopf. Dadurch werden ungewünschte Mantelwellen auf dem Kabel unterbunden.

Eine andere verbreitete Bauform ist die vertikal polarisierte Kurzwellenantenne. Dies ist wohl die mechanisch einfachste Antenne - sie besteht lediglich aus einem Stück Draht. Da mit einem Stück Draht allein kein Dipol zu realisieren ist, muss ein sogenanntes Gegengewicht angebracht werden; bei Fahrzeugantennen beispielsweise stellt dieses Gegengewicht das Fahrzeug selber dar.

Höhere Anforderungen sind bei der Montage zum Beispiel an einen Masten oder auf einer Leiterplatte zu erfüllen, hier muss das Gegengewicht durch so genannte Radials oder einer Groundplane - einer relativ großen Massefläche - nachgebildet werden.

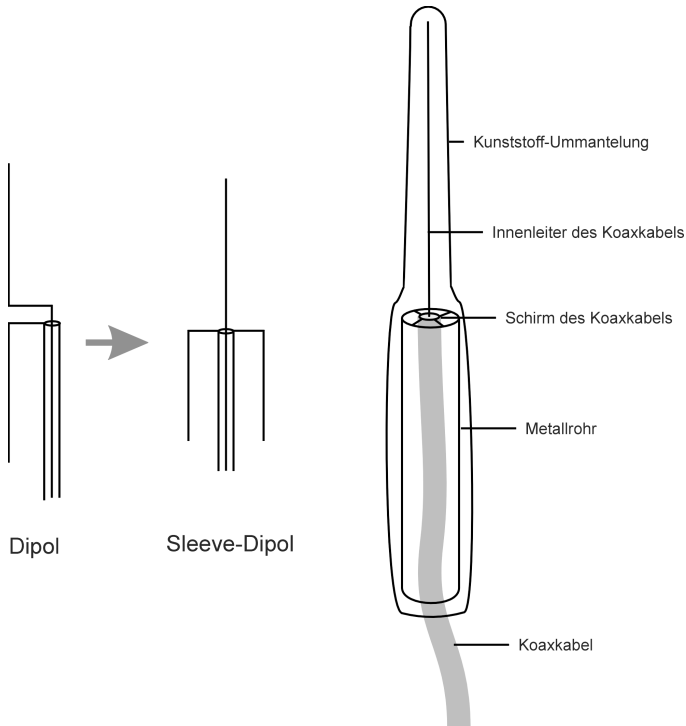


Bild 15.8: Sleeve-Antenne.



Bild 15.9: Vertikalantenne (Quelle: Avaya)

15.4.2 Richt-Antennen

Bauformen von Richt-Antennen sind hauptsächlich Yagi- oder Parabol-Antennen.

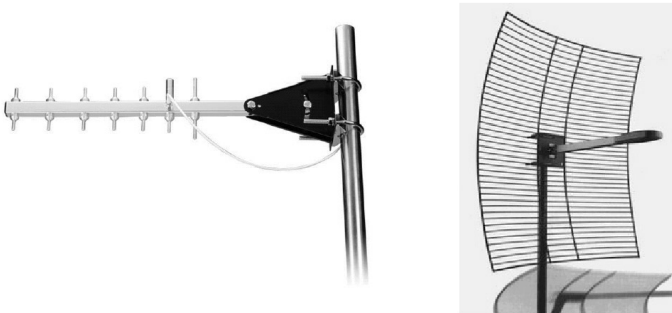


Bild 15.10: Yagi- und Parabol-Richt-Antennen für 2,4 GHz (Quelle: Micronet, AirLAN)

Yagi-Richt-Antennen können je nach Ausführung Gewinne zwischen 5 und 16 dB erzielen. Die genaue Wirkungsweise einer Yagi-Antenne war lange Zeit nicht bestimmbar. Grundlegende experimentelle Arbeiten wurden 1959 bei einer Messfrequenz von 9 GHz mit homogenen Yagi-Strukturen durchgeführt (homogen = alle Direktoren haben gleiche Längen, Durchmesser und Abstände). Der Gewinn einer Yagi-Antenne kann somit folgendermaßen

spezifiziert werden: Betrachtet man die laufende Welle bei einer Yagi-Antenne als Oberflächenwelle, die durch die Elemente der Yagi-Antenne verzögert wird, so ergibt sich gegenüber der Lichtgeschwindigkeit eine etwas verzögerte Phasengeschwindigkeit. Diese Phasengeschwindigkeit ist das Kriterium für den Gewinn. Durch das Anbringen eines Reflektors an der Rückseite einer Yagi- Antenne kann der Gewinn zusätzlich noch minimal vergrößert werden, da sich die Richtcharakteristik verbessert.

Eine Parabolantenne macht aus einem - im Brennpunkt befindlichen - Erreger einer punktförmigen Strahlungsquelle eine nahezu parallele Strahlung. Als Erreger (bei WLAN-Frequenzen) werden zum Beispiel Kreuzdipol oder Dipole mit Ringreflektor verwendet.

Der Gewinn einer Parabolantenne berechnet sich wie folgt:

Daneben gibt es zahlreiche Sonderformen, wie zum Beispiel Deckenstrahler für Bürogebäude, so genannte «Rabbit-Ear»-Antennen mit Richtwirkung, hemisphärische Patch-Antennen oder Niedrig-Profil-Vertikal-Antennen. Mittlerweile sind sogar Antennen-Bausätze für den Selbstbau inklusive Anleitungen für WLAN im Markt erhältlich.

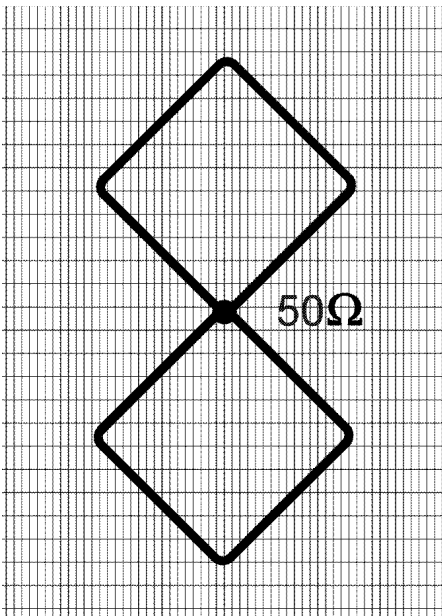


Bild 15.11: Doppelquadrant-Richtstrahler mit horizontaler Strahlungscharakteristik

15.4.3 Richt-Antennen für WLAN

Eine beliebte Bauform für eine WLAN-Richtantenne, die auch relativ problemlos im Eigenbau angefertigt werden kann, ist der Doppelquad-Richtstrahler. Er besteht im Prinzip aus zwei parallel geschalteten Ganzwellenschleifen, die in einem definierten Abstand vor einem Reflektor angebracht sind. Die unsymmetrische Speiseleitung ist dabei direkt mit den beiden Schleifen verbunden. Die Parallelschaltung dieser beiden Schleifen ergibt unter Berücksichtigung des Abstandes zum Reflektor einen Speisepunktwiderstand von circa 50Ω .

Die Besonderheit der - in Bild 15.11 dargestellten - Doppelquad-Antenne ist, dass sie sich durch ihre flache Bauform von anderen Richtantennen, zum Beispiel Yagi-Antennen, abhebt. Trotz der geringen Ausmaße erzielt die Doppelquad jedoch einen Gewinn von circa 9 dBD; der Öffnungswinkel beträgt 65 Grad in der horizontalen sowie 50 Grad in der vertikalen Ebene. Eine weitere Besonderheit der Doppelquad-Antenne ist die relativ hohe Bandbreite; dies prädestiniert sie für den Einsatz im Bereich WLAN, da hier Antennen mit hoher Bandbreite erforderlich sind. Für WLAN ist nach dem Standard IEEE 802.11b der Frequenzbereich 2,4 bis 2,4835 GHz bestimmt. Das entspricht einer Bandbreite von 83.5 MHz - mit einer YAGI-Antenne ließe sich diese Bandbreite nicht ohne Kompromisse erzielen. Auch für die Aufteilung eines Raumes in verschiedene Zellen ist der Doppelquad-Richtstrahler bei seinem Öffnungswinkel von 65 Grad sehr gut geeignet.

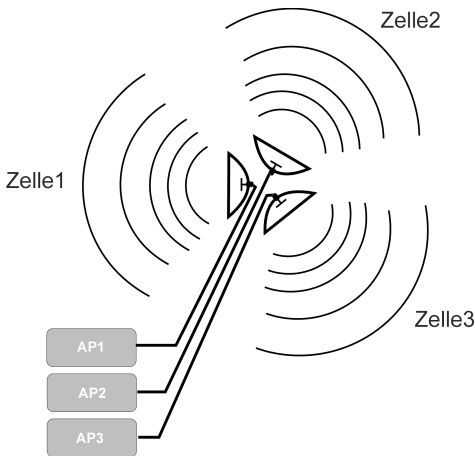


Bild 15.12: Aufteilung eines WLAN Raumes in verschiedene Zellen

15.5 WLAN Richtfunkstrecken

Unter einer Richtfunkstrecke versteht man in der Regel eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen zwei Partnern, generell sollen stets zwei Knoten über eine Funkstrecke miteinander verbunden werden. Insbesondere hier sind Richtfunk-Antennen sinnvoll einsetzbar: Aufgrund der Tatsache, dass die gesamte Sendeleistung nur in eine bestimmte Richtung gebündelt wird und somit die gesamte verfügbare Sendeleistung zum Empfänger hinstrahlt, erhöht sich die effektive Strahlungsleistung des Senders in der Vorzugsrichtung. So sind mittels Richtfunk-Antennen um mehrfach größere Entfernungen überbrückbar als mit omnidirektionalen Antennen.

Die wichtigste Bedingung für den Aufbau einer Richtfunkverbindung ist eine freie Sicht. Entgegengesetzt zu Kurzwellenverbindungen sind bei Wellenlängen im cm-Bereich nur Verbindungen in Sichtweite möglich. Das heißt bei Strecken von mehr als 100 Metern reicht ein einziges Gebäude aus, um eine Funkverbindung zu unterbrechen. Grundvoraussetzung ist, dass eine uneingeschränkte Sicht von einer Antenne zu anderen gegeben ist. Zweckmäßigerweise wird bei der Planung einer Richtfunkstrecke ein sogenannter Geländeschnitt erstellt, um die Brauchbarkeit der definierten Strecke zu testen.

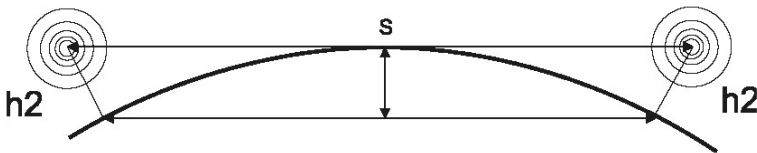
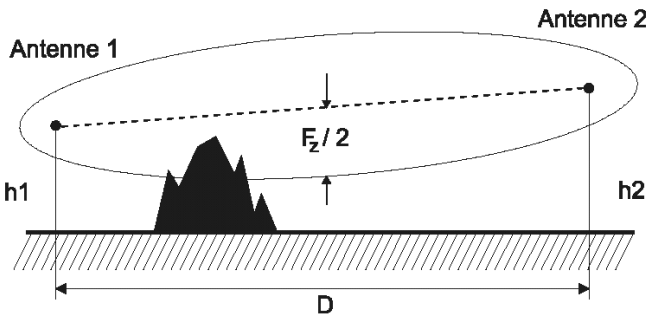


Bild 15.13: Sichtbehinderung durch Erdkrümmung

Schon die Erdkrümmung sorgt bei einigen Kilometern Entfernung dafür, dass eine Sicht zwischen zwei Antennen nicht mehr vorhanden ist. Darum gilt stets, je höher die Antennen, desto besser. Nach einer Faustformel ist die Überhöhung auf der Mitte der Strecke.

$$ht = \frac{d^2}{68}$$

Bild 15.14: Höhe in m, d in km.



$$\frac{F_z}{2} = 0.5 \sqrt{\lambda D}$$

Bild 15.15:Fresnel Bereich

Gelegentlich kann es jedoch vorkommen, dass trotz direkter Sichtverbindung eine Funkverbindung nicht möglich ist.

Für eine ungestörte Übertragung muss nicht nur direkte Sichtverbindung herrschen, sondern ein ganz bestimmter Raum zwischen Sender und Empfänger frei von Hindernissen aller Art sein. Dieser Raum wird nach dem französischen Ingenieur Augustine Jean Fresnel die Fresnel'sche Zone benannt. Ist dies nicht gegeben, können sich Interferenzen zwischen den direkten Wellen und den, von einem Hindernis reflektierten, Wellen ergeben. Hersteller von Richtfunk-Hardware geben hierbei einen Grenzwert an, bei dem eine Verbindung definitiv sicher gestellt ist. Mit Hilfe der Fresnel-Zonen lässt sich der Einfluss von Hindernissen im Ausbreitungsweg quantitativ angeben. Sollen zum Beispiel mindestens 60 Prozent der Fresnel-Zone frei bleiben und eine Bridgeverbindung von zwei Kilometer Entfernung aufgebaut werden, muss sichergestellt sein, dass in der Mitte der Verbindung, also nach einem Kilometer mindestens sechs Meter zum nächsten Hindernis ungebaut sind. Anderenfalls muss der Antennenmast umplatziert oder erhöht werden. Ein weiterer Störfaktor bei der Übertragung von Funkwellen können Gebäude oder Berge sein, die sich hinter den Antennen befinden; diese können als Reflexionsherd Unterbrechungen verursachen. Durch Laufzeitunterschiede zwischen dem direkten und dem, über den Reflexionspunkt erzeugten Funkstrahl ergeben sich Phasenverschiebungen, die eine Auslöschung zur Folge haben können.

15.6 Blitzschutz von Antennensystemen

Für den Schutz von Antennen gegen Blitzentladungen und statische atmosphärische Entladungen auf Dächern oder Masten gibt es eine einschlägige Normenreihe; diese wird unter VDE 0185 [1] bis [3] behandelt. Das Antennensystem muss - gemäß der Definition dieser Normenreihe - einem Blitzstoßstrom von 100 kA (Stirnzeit $T_1 = 10$ ms, Rücken-Halbwertzeit $T_2 = 350$ ms) entsprechend der Schutzklasse III, definiert in der Normenreihe VDE 0185 [4] bzw. [5], standhalten. Zwingend notwendig dabei ist auch die Einbeziehung des Antennen-Systems in den Potenzialausgleich des Gebäudes.

Zur Vermeidung der Beschädigung von Access Points, Rechnern oder Netzwerken durch Blitzschlag oder statischen Entladungen sollten Überspannungsschutz-Komponenten eingesetzt werden. Die Einkopplung von Überspannungen kann galvanisch, induktiv oder kapazitiv erfolgen; durch geeignete Sperren ist die Abblockung oder Ableitung von Einkopplungen möglich. In der Praxis findet man oft eine Kombination aus beiden Methoden.

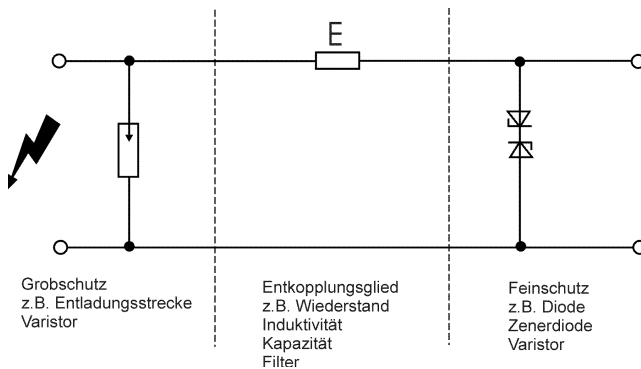


Bild 15.16: Überspannungsschutzmassnahmen



Bild 15.17: Blitz- und Überspannungsschutz (Quelle: Lancom)

Zum Einsatz kommen hierbei Bauelemente wie Trennfunkstrecken, Überspannungsableiter und Varistoren als Feinschutz. Trennfunkstrecken sind gekapselte Luftfunkenstrecken; ist eine Überspannung am Eingang (zum Beispiel Blitzschlag in die Antenne), stellt diese bei Überschreitung einer bestimmten Zündspannung einen Kurzschluss dar. Das Zünd- und Löschverhalten dieser Bauelemente wird maßgeblich bestimmt durch Elektrodenform und Abstand der Elektroden. Überspannungsableiter sind, mit einem Edelgas (Argon oder Neon) gefüllte, Keramik- oder Glasröhrchen mit zwei Elektroden. Bei Überspannung ergibt sich ein ionisierter Kanal, der die Überspannung ableitet. Ein Varistor ist ein spannungsabhängiger Widerstand mit einer stark ausgeprägten Spannungs-/Strom- Kennlinie. Bei Überschreitung der Knickspannung - die Spannung, bei der die Stromkennlinie rapide ansteigt - bricht der Widerstand in kurzer Zeit vom Megaohm-Bereich auf kleiner als 1 Ohm zusammen. Varistoren werden häufig auch zum Schutz vieler Geräte parallel zum Netzspannungseingang eingebaut. Speziell zur Absicherung von WLAN Accesspoints haben verschiedene Hersteller Blitzschutzkomponenten speziell für WLAN-Frequenzbereiche entwickelt.

15.7 Fazit

Im Hinblick auf die Auswahl einer Antenne können keine allgemeingültigen Empfehlungen ausgesprochen werden; wichtigste Auswahlkriterien sind letztendlich die entsprechende Anwendung sowie das Preis-Leistungs-Verhältnis. So sind omnidirektionale Antennen beispielsweise wesentlich günstiger, bieten jedoch nicht die Reichweite in eine bestimmte Richtung wie eine Yagi- oder Parabol-Antenne. Bei hohen Anforderungen an die Leistung - wie zum Beispiel beim Aufbau von Zellen - ist es daher nahezu unabdingbar, Antennen mit qualitativ hoher abgrenzender Richtwirkung einzusetzen. Für den Selbstbau eignen sich bei omnidirektionaler Anwendung Sleeve-Antennen oder Vertikalstrahler, bei Richtfunkstrecken bieten sich Doppelquad-Richtstrahler oder auch - beispielsweise in Kaffeedosen eingebaute - Viertelwellen-Dipole an. Im Internet sind zahlreiche Bauanleitungen zu den verschiedenen Antennen-Formen zu finden.

15.8 Verwendete Abkürzungen

EIRP	effective isotropically radiated power
ERP	effective radiated power
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers

IT	Informationstechnologie
IVT	Institut für Textil- und Verfahrenstechnik, Denkendorf
LAN	Local Area Network
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
WLAN	Wireless LAN

15.9 Schriftum:

- [1] Rothammels Antennenbuch, Dipl.-Ing. Alois Krischke
- [2] Mobile Antenna Systems Handbook, K. Fujimoto, J.R. James
- [3] ABB Merkblatt Blitzschutz von Antennen-Systemen in und auf Gebäuden
- [4] Ausschuss Blitzschutz und Blitzforschung (ABB) des VDE

