



LANCOM Outdoor Wireless Guide

LANCOM Outdoor Wireless Guide

© 2009 LANCOM Systems GmbH, Würselen (Germany). Alle Rechte vorbehalten.

Alle Angaben in dieser Dokumentation sind nach sorgfältiger Prüfung zusammengestellt worden, gelten jedoch nicht als Zusicherung von Produkteigenschaften. LANCOM Systems haftet ausschließlich in dem Umfang, der in den Verkaufs- und Lieferbedingungen festgelegt ist.

Weitergabe und Vervielfältigung der zu diesem Produkt gehörenden Dokumentation und Software und die Verwendung ihres Inhalts sind nur mit schriftlicher Erlaubnis von LANCOM Systems gestattet. Änderungen, die dem technischen Fortschritt dienen, bleiben vorbehalten.

Windows®, Windows Vista™, Windows NT® und Microsoft® sind eingetragene Marken von Microsoft, Corp.

Das LANCOM Systems-Logo, LCOS und die Bezeichnung LANCOM sind eingetragene Marken der LANCOM Systems GmbH. Alle übrigen verwendeten Namen und Bezeichnungen können Marken oder eingetragene Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein.

LANCOM Systems behält sich vor, die genannten Daten ohne Ankündigung zu ändern und übernimmt keine Gewähr für technische Ungenauigkeiten und/oder Auslassungen.

Produkte von LANCOM Systems enthalten Software, die vom „OpenSSL Project“ für die Verwendung im „OpenSSL Toolkit“ entwickelt wurde (<http://www.openssl.org/>).

Produkte von LANCOM Systems enthalten kryptographische Software, die von Eric Young (eay@cryptsoft.com) geschrieben wurde.

Produkte von LANCOM Systems enthalten Software, die von der NetBSD Foundation, Inc. und ihren Mitarbeitern entwickelt wurde.

Produkte von LANCOM Systems enthalten das LZMA SDK, das von Igor Pavlov entwickelt wurde.

LANCOM Systems GmbH

Adenauerstr. 20/B2

52146 Würselen

Deutschland

www.lancom.de

Würselen, Februar 2009

Ein Wort vorab

Die Vorteile von WLANs liegen auf der Hand – mehr Flexibilität, mehr Mobilität und Komfort bei gleichzeitig geringeren Kosten als bei kabelgebundenen Netzwerken. WLANs können ohne bauliche Veränderungen schnell installiert werden und eröffnen dem Netzwerkteilnehmer gegenüber verkabelten LANs neue Anwendungsmöglichkeiten. LANCOM Wireless Router und LANCOM Access Points eignen sich in Verbindung mit entsprechenden Antennen der AirLancer-Serie zum Aufbau von WLANs sowohl im Indoor- als auch im Outdoor-Bereich.

Die vorliegende Dokumentation gilt für alle LANCOM Wireless Router und LANCOM Access Points in Verbindung mit Antennen der AirLancer-Serie und stellt allgemeine Beispiele für den Outdoor-Einsatz von WLAN-Systemen vor. Hinweise zur konkreten Installation sowie Basiskonfiguration der einzelnen Wireless Router, Access Points und Antennen finden Sie in den jeweiligen Benutzerhandbüchern.

Das Referenzhandbuch befindet sich als Acrobat-Dokument (PDF-Datei) auf der Produkt-CD. Es ergänzt das Benutzerhandbuch und geht ausführlich auf Themen ein, die übergreifend für mehrere Modelle gelten.



Der Schutz der verwendeten Komponenten vor den Folgen von Blitzeinschlag oder anderen elektrostatischen Vorgängen ist einer der wichtigsten Aspekte bei der Auslegung und Installation von WLAN-Systemen im Outdoor-Einsatz. Bitte beachten Sie die entsprechenden Hinweise im Kapitel → 'Blitz- und Überspannungsschutz', da LANCOM Systems ansonsten keine Garantie für Schäden an den LANCOM- und AirLancer-Komponenten übernehmen kann!

LANCOM Wireless Router und LANCOM Access Points unterscheiden sich im Funktionsumfang und im Betrieb mit einem zentralen WLAN-Controller – für die vorliegende Dokumentation haben diese Unterschiede aber in der Regel keine Bedeutung, die Geräte werden daher unter dem Begriff „Access Point“ zusammengefasst.



Konkrete Sicherheitshinweise bzgl. der Montage und Installation der Komponenten eines WLAN-Systems finden Sie in den folgenden Kapiteln an den relevanten Stellen.

An der Erstellung dieser Dokumentation ...

... haben mehrere Mitarbeiter/innen aus verschiedenen Teilen des Unternehmens mitgewirkt, um Ihnen die bestmögliche Unterstützung bei der Nutzung Ihres LANCOM-Produktes anzubieten.

Sollten Sie einen Fehler finden oder einfach nur Kritik oder Anregung zu dieser Dokumentation äußern wollen, senden Sie bitte eine E-Mail direkt an:

info@lancom.de



Sollten Sie zu den in diesem Handbuch besprochenen Themen noch Fragen haben oder zusätzliche Hilfe benötigen, steht Ihnen unser Internet-Server www.lancom.de rund um die Uhr zur Verfügung. Hier finden Sie im Bereich 'Support' viele Antworten auf „häufig gestellte Fragen (‘FAQs’)“. Darüber hinaus bietet Ihnen die Wissensdatenbank einen großen Pool an Informationen. Aktuelle Treiber, Firmware, Tools und Dokumentation stehen für Sie jederzeit zum Download bereit. Außerdem steht Ihnen der LANCOM-Support zur Verfügung. Telefonnummern und Kontaktadressen des LANCOM-Supports finden Sie in einem separaten Beileger oder auf der LANCOM Systems-Homepage.

Hinweis-Symbole



Sehr wichtiger Hinweis, dessen Nichtbeachtung zu Schäden führen kann.



Wichtiger Hinweis, der beachtet werden sollte.



Zusätzliche Informationen, deren Beachtung hilfreich sein kann aber nicht erforderlich ist.

Inhalt

1	Einleitung	7
1.1	Anwendungsszenarien	7
1.1.1	Campus-Ausleuchtung	7
1.1.2	Hotspot	8
1.1.3	Datenübertragung zu bewegten Objekten im Industriebereich	8
1.1.4	Funkstrecke (Point-to-Point)	9
1.1.5	Wireless Distribution System (Point-to-Multipoint)	10
1.1.6	Funkstrecken im Relais-Betrieb	11
1.2	Komponenten des WLAN-Systems	11
1.2.1	Access Points und Wireless Router	11
1.2.2	Stromversorgung für den Access Point	12
1.2.3	Externe Antennen	12
1.2.4	Blitz- und Überspannungsschutzeinrichtungen	15
1.3	Auswahl des Frequenzbands	15
1.3.1	2,4- oder 5 GHz-Band	15
1.3.2	Besondere Vorschriften für das 5 GHz-Band	16
2	Aufbau von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen	21
2.1	Auswahl der Antennen mit dem LANCOM Antennen-Kalkulator	22
2.1.1	Datendurchsatz und Reichweite	23
2.1.2	Datendurchsatz: Brutto versus Netto	25
2.2	Geometrische Auslegung von Outdoor-Funknetz-Strecken	26
2.3	Ausrichten der Antennen für den P2P-Betrieb	28
2.4	Vermessung von Funkstrecken	30
3	Blitz- und Überspannungsschutz	32
3.1	Wie entstehen Blitzentladungen?	32
3.2	Äußerer Blitzschutz	34
3.3	Innerer Blitzschutz	34
3.3.1	Auswahl der Blitz- und Überspannungskomponenten	36
3.3.2	Anwendungsbeispiele	39

4 Installation	44
4.1 Sicherheitshinweise	44
4.2 Montage der Access Points	45
4.2.1 Wahl des Montageorts	45
4.2.2 Wandmontage	46
4.2.3 Pfostenmontage	47
4.2.4 Hutschienenmontage	48
4.3 Montage der Antennen	48
4.3.1 Wahl des Montageorts	49
4.3.2 Wandmontage	49
4.3.3 Mastmontage	49
4.4 Montage der Blitzfangstangen	50
4.4.1 Auslegung der Blitzfangstange	50
4.4.2 Abstand zu den gefährdeten Komponenten	50
4.4.3 Ableitung des Blitzstroms (Erdung)	51
5 Anhang	53
5.1 Antennengewinn, EIRP und Abstrahlcharakteristik einer Antenne	53
5.2 Troubleshooting	58
6 Index	61

1 Einleitung

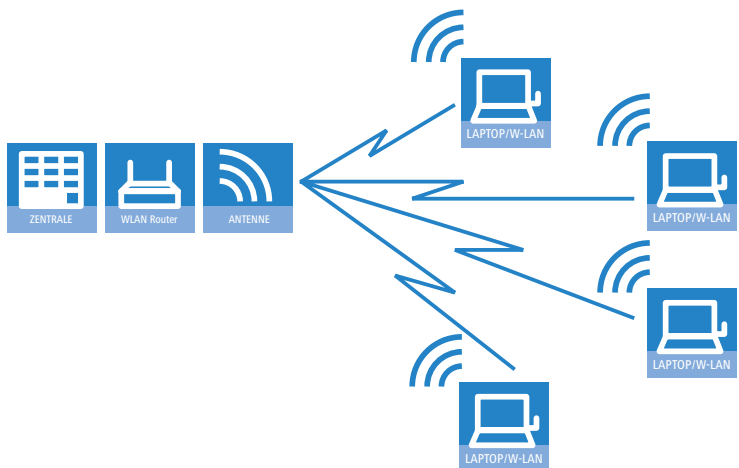
In diesem Kapitel stellen wir zunächst die grundlegenden Anwendungsszenarien von WLAN-Outdoor-Systemen vor. Dazu gehören z. B. die Campus-Ausleuchtung, Einsatzmöglichkeiten im Industriebereich oder Funkstrecken. Darüber hinaus zeigen wir die Komponenten auf, die zum Aufbau eines WLAN-Systems im Outdoor-Bereich benötigt werden.

1.1 Anwendungsszenarien

WLAN-Systeme eignen sich in vielen Bereichen als Ersatz für oder Ergänzung zu verkabelten Netzwerken. In manchen Fällen bieten WLANs sogar völlig neue Anwendungsmöglichkeiten, die einen enormen Fortschritt in der Organisation der Arbeit oder deutliche Einsparpotenziale bedeuten.

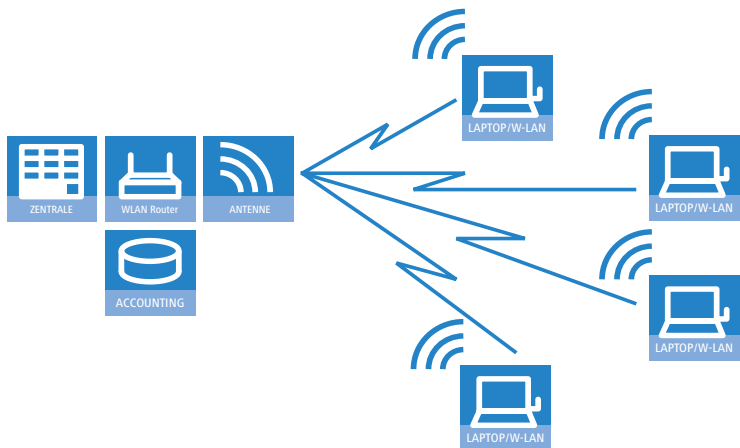
1.1.1 Campus-Ausleuchtung

Bei der Campus-Ausleuchtung werden die Antennen des WLAN-Systems an den Außenwänden von Gebäuden oder an speziellen Halterungen oder Masten montiert. Die Funkzellen breiten sich dann im Freifeld aus und bieten allen WLAN-Clients mit entsprechenden Rechten einen Zugang zum Netzwerk. Da diese Lösung in vielen Hochschulen und Universitäten eingesetzt wird, um den Studenten und wissenschaftlichen Mitarbeitern überall einen Netzwerkzugang zu ermöglichen, spricht man hier auch von „Campus-Ausleuchtung“.



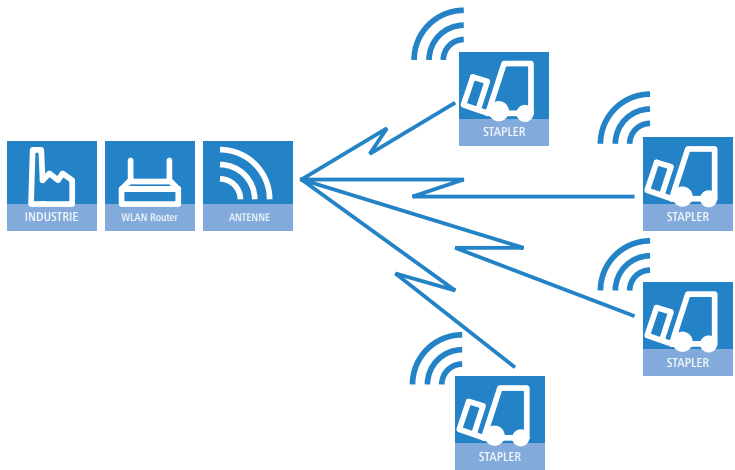
1.1.2 Hotspot

Bei einem Hotspot handelt es sich um eine spezielle Variante der zuvor beschriebenen Campus-Ausleuchtung. Während die Campus-Ausleuchtung nur den Mitgliedern einer geschlossenen Benutzergruppe einen – meist kostenlosen – Zugang zum Netzwerk mit allen erforderlichen Diensten erlaubt, bietet ein Hotspot gegen Zahlung einer entsprechenden Gebühr allen WLAN-Clients in Reichweite den Netzwerkzugang an (in der Regel beschränkt auf Internetnutzung). Neben den Unterschieden in der Konfiguration der Access Points werden für den Aufbau eines Hotspots Authentisierungs-, Autorisierungs- und Accountingfunktionen (AAA) benötigt, wie sie beispielsweise die Public Spot Optionen bereitstellen. Hotspots werden üblicherweise an öffentlichen Orten eingesetzt, an denen sich viele Personen mit Bedarf für einen vorübergehenden Internetzugang aufhalten, z. B. auf Flughäfen, in Cafés oder Hotels.



1.1.3 Datenübertragung zu bewegten Objekten im Industriebereich

Völlig neue Anwendungen ermöglichen WLAN-Systeme im industriellen Bereich durch die Datenübertragung zu bewegten Objekten. So ist z. B. in der Logistik eine kontinuierliche Anbindung von Gabelstaplern über WLAN an das Firmennetzwerk möglich. Mit mobilen Barcode-Scannern ausgestattet können so alle Warenbewegungen in einem Lager in Echtzeit an das Warenwirtschaftssystem weitergegeben werden, sodass alle Mitarbeiter jederzeit auf einen aktuellen Lagerbestand zugreifen können.

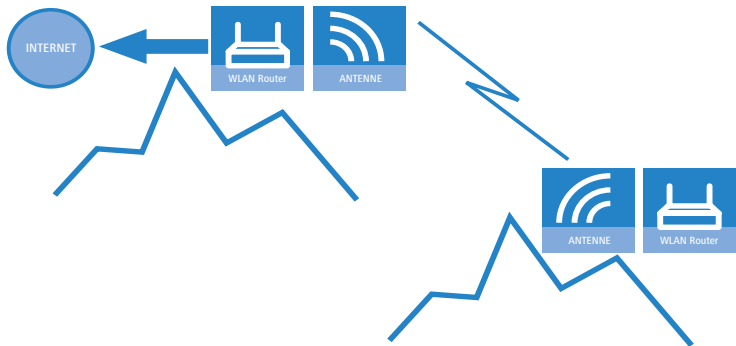


1.1.4 Funkstrecke (Point-to-Point)

Während es sich bei den bisher vorgestellten Anwendungsszenarien immer um die Anbindung von mehreren WLAN-Clients an einen Access Point handelt (Point-to-Multipoint), spielen die WLAN-Systeme gerade im Outdoor-Bereich ihre Stärken auch und vor allem bei der Verbindung von zwei Access Points aus (Point-to-Point). Mit der Einrichtung einer Funkstrecke zwischen zwei Access Points kann z. B. ein Produktionsgebäude auf einem weitläufigen Unternehmensgelände sehr einfach in das Netzwerk eingebunden werden.

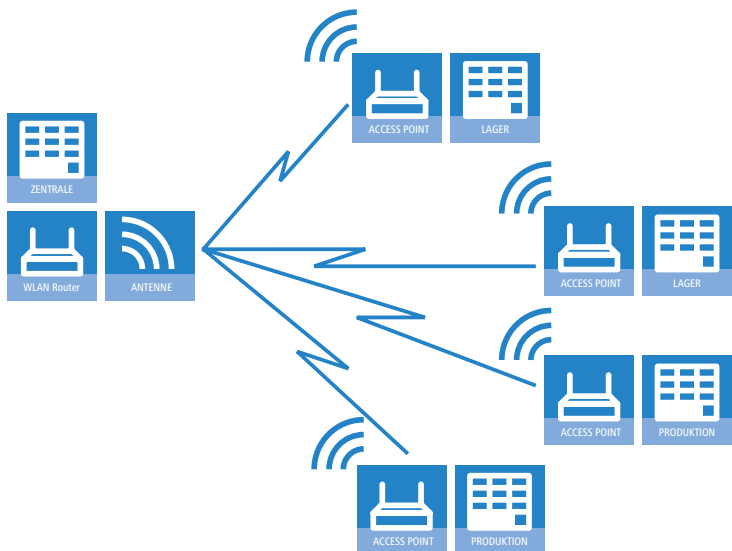


Mit einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung kann aber z. B. auch in schwierigem Gelände (z. B. in den Bergen oder auf einer Insel) ein Internetzugang an Orten bereitgestellt werden, an denen eine Verkabelung zu aufwendig wäre. Durch die dabei üblicherweise sehr guten Sichtbeziehungen zwischen den beiden Access Points können mit diesen Funkstrecken Distanzen von mehreren Kilometern überbrückt werden.



1.1.5 Wireless Distribution System (Point-to-Multipoint)

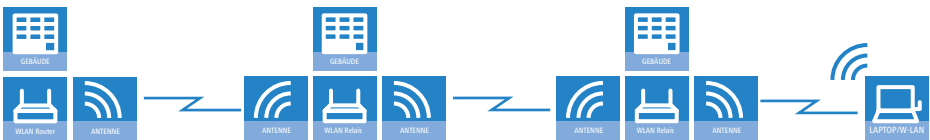
Eine besondere Variante der Funkstrecken ist die Anbindung von mehreren verteilten Access Points an eine zentrale Station – das Point-to-Multipoint-WLAN (P2MP) wird auch als Wireless Distribution System bezeichnet (WDS). In dieser Betriebsart werden z. B. mehrere Gebäude auf einem Betriebsgelände mit dem Verwaltungsgebäude verbunden. Der zentrale Access Point oder Wireless Router wird dabei als „Master“ konfiguriert, die WDS-Gegenstellen als „Slave“.



1.1.6 Funkstrecken im Relais-Betrieb

In manchen Fällen müssen größere Distanzen zwischen zwei Access Points überbrückt werden als es mit einer einfachen Funkstrecke möglich ist. Das ist z. B. dann der Fall, wenn die Distanz zwischen den Access Points über die tatsächliche Reichweite hinausgeht oder wenn Hindernisse zwischen den Access Points die direkte Funkübertragung stören oder verhindern.

In solchen Fällen kann durch eine Verkettung von mehreren Access Points mit jeweils zwei WLAN-Modulen eine Verbindung zwischen den beiden Endpunkten hergestellt werden. Da die Access Points an den Zwischenstationen in der Regel nur als Schaltstelle dienen, nennt man diese Betriebsart der Access Points auch „Relais-Modus“.



Obwohl LANCOM Access Points auch pro Radio-Modul neben WLAN-Clients auch noch mehrere P2P-Strecken gleichzeitig bedienen können, empfiehlt sich aus Performance-Gründen die Verwendung von LANCOM Access Points mit zwei Funkmodulen für die Relais-Stationen. Sollen Richtantennen zum Einsatz kommen, ist als Relais-Station immer ein Gerät mit 2 Funkmodulen erforderlich.

1.2 Komponenten des WLAN-Systems

Ein WLAN-System besteht in der Regel aus den folgenden Komponenten, von denen einige optional sind.

1.2.1 Access Points und Wireless Router

LANCOM Systems bietet Access Points und Wireless Router für verschiedene Anwendungszwecke an. Access Points sind in der Regel überwiegend für den Aufbau von WLAN-Netzwerken (SSIDs) oder Funkstrecken (P2P) geeignet, während Wireless Router darüber hinaus auch alle Funktionen eines Routers inklusive WAN-Schnittstelle und weiteren optionalen Funktionen wie VPN etc. beinhalten.

Neben der Unterteilung in Access Points und Wireless Router sind noch folgende Merkmale wichtig für den Einsatz der WLAN-Geräte:

■ Kapitel 1: Einleitung

- Umgebungsbedingungen: Die verschiedenen Modelle eignen sich z. B. nur für den Einsatz in Büroumgebungen, andere sind auch in rauen Umgebungen wie Lagerhallen etc. zu verwenden. Eine dritte Gruppe ist auch für extreme Wetterbedingungen gedacht, wasserdicht und teilweise für den Einsatz in einem sehr weiten Temperaturbereich.
- Unterstützte Standards: Die Access Points unterstützen je nach Modell die Standards IEEE 802.11a (5 GHz-Band), IEEE 802.11b bzw. IEEE 802.11g (2,4 GHz-Band) oder IEEE 802.11n (2,4 - und 5 GHz-Band). Insbesondere eignet sich das 5 GHz-Band aufgrund der hohen möglichen Leistungen sehr gut für Richtfunkverbindungen.



Weitere Informationen zu den Frequenzbändern und zur zulässigen Verwendung in unterschiedlichen Ländern finden Sie im Anhang dieser Dokumentation.

- Anzahl der WLAN-Module: Für den Einsatz als Relais in Richtfunkverbindungen, die über die Reichweite einer einzelnen P2P-Verbindung hinausgehen, müssen Geräte mit zwei WLAN-Modulen verwendet werden.

1.2.2 Stromversorgung für den Access Point

Die Stromversorgung für den Access Point kann alternativ über ein eigenes Netzteil oder Power over Ethernet (PoE) erfolgen. PoE-fähige Netzwerkgeräte können elegant über die LAN-Verkabelung mit Strom versorgt werden. Dadurch entfällt die Notwendigkeit eines eigenen Stromanschlusses für jede Basis-Station, wodurch der Installationsaufwand erheblich reduziert wird.

Die Stromeinspeisung in das LAN geschieht an zentraler Stelle, etwa über einen PoE-Injektor oder einen Powerhub/Powerswitch. Bei der LAN-Verkabelung ist zu beachten, dass alle acht Adern in den Kabeln durchgeführt werden.



Die im Markt verfügbaren PoE-Injektoren unterstützen je nach Modell unterschiedliche Standards bzw. technische Spezifikationen. Verwenden Sie ausschließlich den PoE-Injektor, der zum eingesetzten Access Point passt. Nicht für alle Geräte kann der PoE-Standard IEEE 802.3af eingesetzt werden!

1.2.3 Externe Antennen

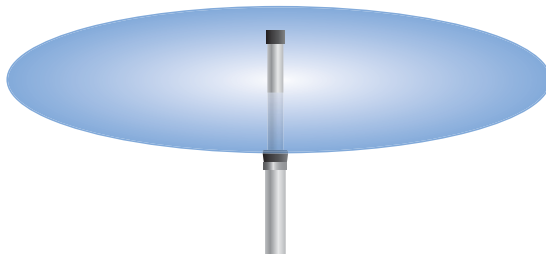
Die meisten LANCOM Access Points verfügen im Auslieferungszustand bereits über Antennen. In vielen Anwendungen im Outdoor-Bereich, der für die vorliegende Dokumentation relevant ist, sind jedoch zusätzliche, externe Anten-

nen notwendig, um die Anforderungen der gewünschten Anwendung zu erfüllen. Die folgenden Abschnitte stellen die verschiedenen Antennen-Typen kurz vor.

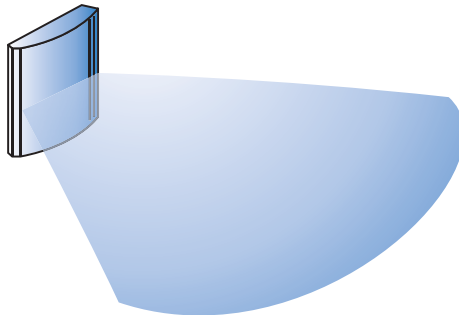


Weitere Informationen über die charakteristischen Merkmale Antennengewinn, EIRP und Abstrahlcharakteristik der Antennen finden Sie im Anhang zu dieser Dokumentation.

- Rundstrahlantennen strahlen in der horizontalen Ebene in alle Richtungen gleichmäßig ab. In der vertikalen Ebene haben sie eine sehr begrenzte Ausdehnung, die den Gewinn der Antenne bestimmt. Solche Antennen werden eingesetzt, um z. B. in einem größeren Büro oder einer Halle von der Mitte aus Clients gleichmäßig zu versorgen.

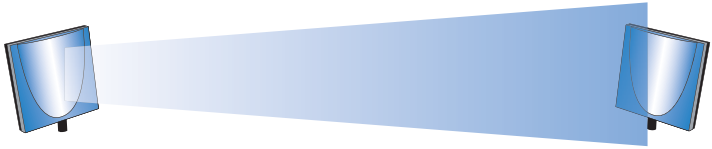


- Sektorantennen strahlen horizontal und vertikal in einem recht weiten Winkel von z. B. 60° bis 90° . Sektorantennen werden z. B. an einer Hauswand oder in der Ecke eines Raumes aufgehängt, um von dort aus eine gleichmäßige „Ausleuchtung“ zu erzielen – man spricht auch von „Campus-Ausleuchtung“.



- Richtantennen strahlen horizontal und vertikal in einem eher begrenzten Winkel von z. B. 9° . Richtantennen werden üblicherweise zur Installation

von Point-to-Point-Strecken auf Dächern oder Masten eingesetzt, mit denen Netzwerkabschnitte über große Distanzen verbunden werden.



■ Polarisations-Diversity-Antennen (Antenna Diversity)

Bei der Übertragung von Funksignalen kommt es z. B. durch Reflexion und Streuung des Signals zu starken Qualitätsverlusten. Die Überlagerungen der elektromagnetischen Wellen am Empfangsort können zur Reduzierung oder Auslöschung der Signale führen (Interferenz). Zur Verbesserung der Übertragungsqualität gelangen sogenannte "Diversity"-Verfahren zum Einsatz.

Das Polarisations-Diversity-Verfahren nutzt die elektromagnetische Polarisation der Funkwellen. Die WLAN-Signale werden vom Sender als linear polarisierte Wellen mit einer festen Polarisationsrichtung ausgestrahlt. Durch Reflexionen und Beugungserscheinungen kann die Polarisation auf der Funkstrecke verändert werden, sodass beim Empfänger Signale unterschiedlicher Polarisierungen ankommen. Polarisations-Diversity-Antennen nutzen zwei Signale, deren Polarisation um 90° gedreht ist. Die beiden Antennensignale führen bei traditionellen Diversity-Empfängern zu einer effektiv besseren Performance, da das jeweils stärkere Signal verwendet werden kann.

Einen Schritt weiter geht die MIMO-Technologie (Multiple Input, Multiple Output) des WLAN-Standards 802.11n. Diese Mehrfach-Empfänger bzw. -Sender können die horizontal und vertikal polarisierten Wellen als unabhängige Übertragungswege nutzen und so auf einer Frequenz die doppelte Datenmenge übertragen.

Zum Empfang der beiden Signale werden zwei Antennen an die Main- und Aux-Anschlüsse der Access Points angeschlossen.



Weitere Informationen zum Thema 'Polarisations-Diversity-Antennen (Antenna Diversity)' finden Sie im LCOS Referenzhandbuch.

1.2.4 Blitz- und Überspannungsschutzeinrichtungen

Neben den zentralen Bestandteilen des WLAN-Systems (Access Point, Antenne und Stromversorgung) gehören die Komponenten für den Blitz- und Überspannungsschutz zu den wichtigsten Zubehörteilen. Blitze oder andere elektrostatische Vorgänge in der Atmosphäre können auf verschiedenen Wegen in das WLAN-System eindringen und dort Schäden für Menschen oder Geräte und Anlagen verursachen. Die Komponenten für den Blitz- und Überspannungsschutz verhindern die Auswirkungen der Entladungsvorgänge oder reduzieren die Überspannungen auf ein für Menschen und Anlagen ungefährliches Niveau.



Weitere Informationen zu den Blitz- und Überspannungsschutzeinrichtungen finden Sie im Kapitel → 'Blitz- und Überspannungsschutz'.

1.3 Auswahl des Frequenzbands

1.3.1 2,4- oder 5 GHz-Band

Einer der ersten Schritte bei der Planung eines WLAN-Systems ist die Festlegung des verwendeten Frequenzbandes. Bei der Abwägung können folgende Aspekte helfen:

- Vorteile im 2,4 GHz-Band
 - Einfache technische Realisierung ohne Funktionen wie TPC oder DFS.
 - Weite Verbreitung bei WLAN-Clients.
- Nachteile im 2,4 GHz-Band
 - Geteiltes Frequenzband mit Bluetooth, Mikrowellen etc., daher ggf. Störungen.
 - Nur drei nicht überlappende Kanäle, daher auch nur drei störungsfreie parallele Netzwerke.
- Vorteile im 5 GHz-Band
 - Wenig genutztes Frequenzband, dadurch wenig Störungen durch andere Anwendungen.
 - Je nach Regulierungsvorschriften i.d.R zwischen 16 und 21 nicht überlappende Kanäle, daher Kanalbündelung oder Betrieb mehrerer überlappender Funkzellen störungsfrei möglich.
 - Hohe Reichweite durch Leistungen bis zu 1000 mW.



Bis zu 4000 mW EIRP können bei Anwendungen im 'BFWA (broadband fixed wireless access)' → Seite 17 eingesetzt werden.

■ Nachteile im 5 GHz-Band

- Durch Regulierungen in Europa sind Verfahren wie DFS zur Kanalwahl und TPC zur Leistungssteuerung nötig.
- Geringe Verbreitung bei WLAN-Clients.



In vielen Fällen kann man davon ausgehen, dass sich WLAN-Systeme auf Basis des 2,4 GHz-Bandes besser eignen für Anwendungen, in denen WLAN-Clients in überschaubarer Reichweite an einen Access Point angebunden werden sollen (Campus-Ausleuchtungen, Hot-Spots, Datenübertragung zu bewegten Objekten). Das 5 GHz-Band spielt dagegen seine Stärken vor allem bei Point-to-Point-Systemen aus, bei denen mit zwei Access Points auf beiden Seiten der Funkstrecke größere Distanzen überwunden werden sollen.

1.3.2 Besondere Vorschriften für das 5 GHz-Band

Mit der Erweiterung 802.11h wurde im September 2003 die private Nutzung des 5 GHz-Bandes schließlich auch außerhalb geschlossener Räume ermöglicht. Dabei wurden zum Schutz der militärischen Anwendungen im 5 GHz-Band die Verfahren DFS (Dynamic Frequency Selection) und TPC (Transmission Power Control) vorgeschrieben. Allerdings können bei Nutzung von DFS und TPC mit maximal 1000 mW (bzw. für Netzbetreiber gemäß den "Broadband Fixed Wireless Access"-Regularien bis zu 4000 mW) deutlich höhere Sendeleistungen als in allen anderen bis dahin gültigen Standards erzielt werden.

■ Dynamic Frequency Selection – DFS

Möchte man im Outdoor-Bereich im 5 GHz-Spektrum die maximal erlaubte Leistung von 1 bzw. 4 Watt (BFWA) ausschöpfen, so sind bestimmte Auflagen zu beachten. Da in diesem Spektrum Radarsysteme (z.B. Wetter, Militär) aktiv sind, die nicht beeinträchtigt werden sollen, fordert die europäische Regulierungsbehörde ETSI für den Betrieb von WLAN-Geräten im 5 GHz-Band die Verwendung des Dynamic Frequency Selection (DFS) Mechanismus.

Dieses Verfahren sorgt für die störungsfreie Koexistenz von Radar und WLAN-Systemen sowie eine gleichmäßige Auslastung der verfügbaren Frequenzen. Beim Start einer WLAN Funkzelle muss der Access Point alle Kanäle auf die Anwesenheit von Radar-Systemen überprüfen. Für diese Überprüfung ist ein Zeitraum von einer Minute vorgeschrieben, in der die Funkzelle noch nicht genutzt werden kann. Als Ergebnis liegt dem Access Point eine Liste von

radarfreien Kanälen vor, die für 24 Stunden Ihre Gültigkeit behält. Der bestmögliche Kanal dieser Liste wird für den Betrieb ausgewählt. Zur Laufzeit wird der aktuelle Kanal kontinuierlich auf Radarfreiheit überwacht.

Wird zu einem späteren Zeitpunkt ein Radarsystem aktiv, muss der Kanal unverzüglich freigegeben werden. Hierfür wählt der Access Point den nächstbesten als frei markierten Kanal aus, teilt den anstehenden Wechsel den Teilnehmern der Funkzelle mit und führt den Kanalwechsel durch.



Der aktuell ausgewählte Kanal kann beliebig lange weiter genutzt werden, wenn keine Radarerkennungen auftreten oder bis die Funkzelle neu gestartet wird (z. B. bedingt durch Umkonfigurieren des Geräts, Firmware-Upload oder einen Neustart).



Soll das System auf einen Kanalwechsel ohne Zeitverzug reagieren können, muss die Überprüfung nach spätestens 24 Stunden inkl. einer Minute Unterbrechung wiederholt werden. Über den Parameter "DFS Rescan Hours" (im LCOS-Menübaum unter "Setup/Schnittstellen/WLAN/Radio") kann die Kanalüberprüfung auf eine bestimmte Stunde festgelegt werden, sofern die Uhrzeit (z.B. via NTP) verfügbar ist.

DFS ist für die Frequenzbereiche von 5250 - 5350 MHz und von 5470 - 5725 MHz sowie 5775 bis 5875 (BFWA) fest vorgeschrieben. Für den Frequenzbereich von 5150 - 5250 MHz ist es optional einsetzbar.

■ Transmission Power Control – TPC

Für eine Verminderung der funktechnischen Störungen sorgt eine automatische Anpassung der Sendeleistung.

Im Betrieb ohne DFS und TPC (bei 5150...5250 MHz) sind nur maximal 200 mW EIRP erlaubt. Unter Verwendung von DFS und TPC sind maximal 200 mW (5150 bis 5350 MHz) bzw. 1000 mW EIRP (5470 bis 5725 MHz) als Sendeleistung erlaubt (zum Vergleich: 100 mW bei 802.11 b/g, 2,4 GHz, DFS und TPC sind hier nicht nötig). Die höhere maximale Sendeleistung gleicht nicht nur die höhere Dämpfung der Luft für die 5 GHz-Funkwellen aus, sondern ermöglicht sogar deutlich größere Reichweiten als im 2,4 GHz-Bereich möglich sind.

■ BFWA (broadband fixed wireless access)

Die Bundesnetzagentur hat im Juli 2007 zusätzliche Frequenzen im 5 GHz-Band für "breitbandige, ortsfeste Funkstrecken" freigegeben. Diese zusätzlichen Frequenzen im Frequenzbereich 5.755 MHz - 5.875 MHz werden auch als Broadband Fixed Wireless Access (BFWA) bezeichnet.

net. Ziel der zusätzlichen Frequenzen ist der Aufbau vom Punkt-zu-Punkt (P2P) oder Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen (P2M) über große Entfernungen, mit denen von einem zentralen Netzknoten aus schnelle Internetzugänge für andere Teilnehmer angeboten werden können. Auf diese Weise soll die Versorgungslücke in ländlichen Gebieten mit bisher unzureichenden Internetzugängen geschlossen werden.

Der Betrieb von Funkstrecken nach BFWA ist gewerblichen Anbietern vorbehalten. Die Nutzung der Frequenzen ist kostenlos, muss aber bei der Bundesnetzagentur angemeldet werden. In dem 120 MHz breiten band-Band stehen 6 Kanäle mit einer Bandbreite von je 20 MHz zur Verfügung. Die maximale Sendeleistung liegt bei 36 dBm bzw. 4000 mW. Für BFWA-Funkstrecken ist der Einsatz von TPC und DFS erforderlich.

Nutzbare Kanäle im 5 GHz-Band

Im nutzbaren Frequenzraum von 5,13 bis 5,875 GHz stehen die folgenden Kanäle in Europa zur Verfügung, unterteilt in Frequenzbereiche, für die unterschiedliche Nutzungsbedingungen gelten können:

- 5150 - 5250 MHz (Kanäle 36, 40, 44 und 48)
- 5250 - 5350 MHz (Kanäle 52, 56, 60 und 64)
- 5470 - 5725 MHz (Kanäle 100, 104, 108, 112, 116, 132, 136 und 140)
- 5755 - 5875 MHz
 - Kanäle 151, 155, 159, 163, 167: In Deutschland nur mit DFS und nur für kommerzielle Nutzung freigegeben (BFWA).
 - Kanäle 149, 153, 157, 161, 165: Für den FCC-Betrieb in den USA ohne DFS freigegeben.

In der folgenden Übersicht sehen Sie, welche Kanäle in den verschiedenen Regionen verwendet werden dürfen:

Kanal	Frequenz	ETSI (EU)	FCC (US)
36	5,180 GHz	ja	ja
40	5,200 GHz	ja	ja
44	5,220 GHz	ja	ja
48	5,240 GHz	ja	ja
52	5,260 GHz	ja	ja
56	5,280 GHz	ja	ja
60	5,300 GHz	ja	ja

Kanal	Frequenz	ETSI (EU)	FCC (US)
64	5,320 GHz	ja	ja
100	5,500 GHz	ja	nein
104	5,520 GHz	ja	nein
108	5,540 GHz	ja	nein
112	5,560 GHz	ja	nein
116	5,580 GHz	ja	nein
132	5,660 GHz	ja	nein
136	5,680 GHz	ja	nein
140	5,700 GHz	ja	nein
147	5,735 GHz	ja *	nein
149	5,745 GHz	nein	ja
151	5,755 GHz	ja *	nein
153	5,765 GHz	nein	ja
155	5,775 GHz	ja *	nein
157	5,785 GHz	nein	ja
159	5,795 GHz	ja *	nein
161	5,805 GHz	nein	ja
163	5,815 GHz	ja *	nein
165	5,825 GHz	nein	ja
167	5,835 GHz	ja *	nein



* Hinweis: Bitte beachten Sie, dass die Frequenzbereiche und Funkkanäle aus Band 3 je nach Land bestimmten Restriktionen unterworfen sind (z.B. in Deutschland nur für öffentliche „Broadband Fixed Wireless Access“ Kommunikationsdienstleister zugelassen).

Frequenzbereiche für Indoor-/Outdoor-Verwendung im 5 GHz-Band

Der Einsatz der in ETSI 301 893 beschriebenen Verfahren zur Reduzierung der gegenseitigen Störungen im 5 GHz-Band TPC und DFS ist nicht für alle Einsatzbereiche vorgeschrieben. Die folgende Tabelle gibt Aufschluss über die

zulässige Verwendung und die zugehörigen Sendeleistungen innerhalb der EU:

Frequenz (GHz)	Sendeleistung (mW/dBm)	Verwendung	DFS	TPC
5,15-5,25	200/23	Indoor		
5,15-5,35	200/23	Indoor	✓	✓
5,470-5,725	1000/30	Indoor/Outdoor	✓	✓
5,755-5,875	4000/36	Outdoor (BFWA)	✓	✓



Beim Einsatz in anderen Ländern können ggf. andere Vorschriften gelten. Bitte informieren Sie sich über die aktuellen Funkregelungen des Landes, in dem Sie ein Funk-LAN-Gerät in Betrieb nehmen wollen, und stellen Sie in den WLAN-Einstellungen unbedingt das Land ein, in dem Sie das Gerät betreiben.

In den USA und in Asien werden vom europäischen Standard abweichende Frequenzbänder und maximale Signalstärken verwendet.

In den USA werden für Funknetze im 5 GHz-Band drei je 100 MHz breite Unterbänder verwendet. Das „Lower Band“ reicht von 5150 - 5250 MHz, das „Middle Band“ von 5250 - 5350 MHz und das „Upper Band“ von 5725 - 5825 MHz. Im Lower Band ist eine maximale mittlere EIRP von 50 mW, im Middle Band von 250 mW sowie im Upper Band von 1 W zugelassen.

In Japan ist die Nutzung des 5 GHz-Bandes bisher nur sehr eingeschränkt möglich: Hier ist nur das untere Band von 5150 - 5250 MHz für die private Nutzung freigegeben.

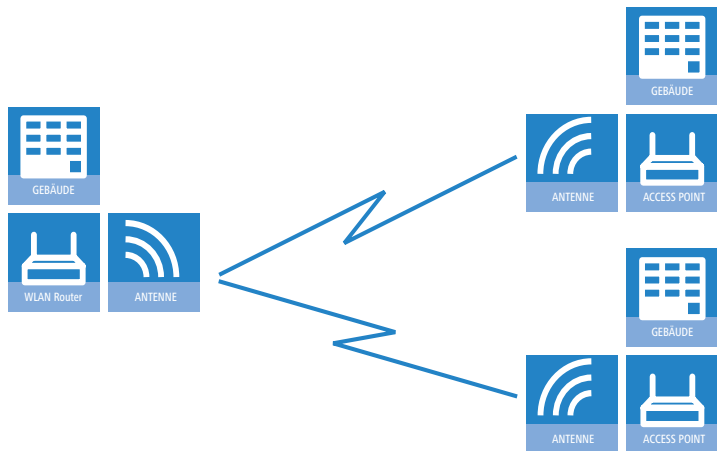
2 Aufbau von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen

Dieses Kapitel stellt die Grundlagen zur Auslegung von Point-to-Point-Strecken vor und gibt Hinweise zur Ausrichtung der Antennen.

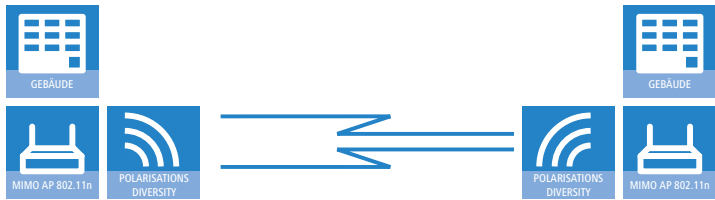


Informationen über die verwendeten Frequenzbereiche finden Sie im Anhang. Hinweise zur Konfiguration der Access Points finden Sie in der entsprechenden Geräte-Dokumentation bzw. im LCOS Referenzhandbuch.

LANCOM Access Points können nicht nur als zentrale Station in einem Funknetzwerk arbeiten, sie können im Punkt-zu-Punkt-Betrieb auch Funkstrecken über größere Distanzen bilden. So können z. B. zwei Netzwerke über mehrere Kilometer hinweg sicher verbunden werden – ohne direkte Verkabelungen oder teure Standleitungen.



Bei der Verwendung von Access Points und entsprechend polarisierten Antennen nach IEEE 802.11n können gleichzeitig zwei Übertragungskanäle ('spatial streams') zwischen den Endpunkten einer P2P-Verbindung aufgebaut werden. Damit können deutliche höhere Datenraten erzielt oder größere Entfernungen überwunden werden als beim Einsatz der anderen Standards.



2.1 Auswahl der Antennen mit dem LANCOM Antennen-Kalkulator

Zur Berechnung der Ausgangsleistungen in den Access Points sowie der erreichbaren Distanzen und Datenraten können Sie den LANCOM Antennen-Kalkulator verwenden, den Sie zum Download auf unserer Webseite unter www.lancom.de finden.

Nach Auswahl der verwendeten Komponenten (Access Points, Antennen, Blitzschutz und Kabel) berechnet der Kalkulator neben Datenraten und Distanzen auch den Antennen-Gewinn, der in den Access Points eingestellt werden muss.

■ Kapitel 2: Aufbau von Punkt- zu- Punkt- Verbindungen

LANCOM Antennen-Distanz-Kalkulator

Version 1.22

Punkt A | Punkt B

Access Point/Client Adapter: LANCOM G4P-32dgn Wireless

WLAN Chipsatz: AR9360/AR9326

WLAN Standard: 802.11a/n (5 GHz)

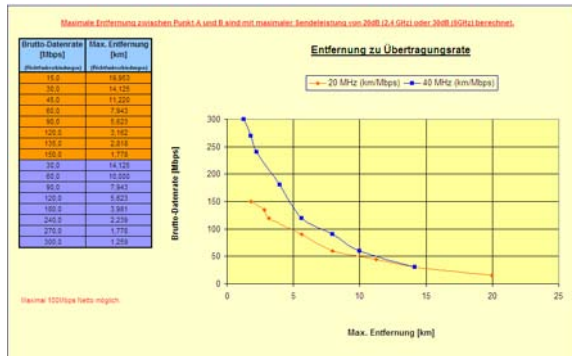
Antenne: AiLancom Extender O-01a

Kabel 1: GAP-Cable 1 m

Überspannungsschutz: Ja

Kabel 2: Kein zweites Kabel

10 dB Schlechtwetter Reserve: Ja



2.1.1 Datendurchsatz und Reichweite

Je nachdem, welcher Access Point, welcher WLAN-Standard und welche WLAN-Antenne verwendet wird, können unterschiedliche Werte für den Datendurchsatz erzielt werden. Die folgenden Diagramme zeigen Beispiele aus dem LANCOM Antennen-Kalkulator:

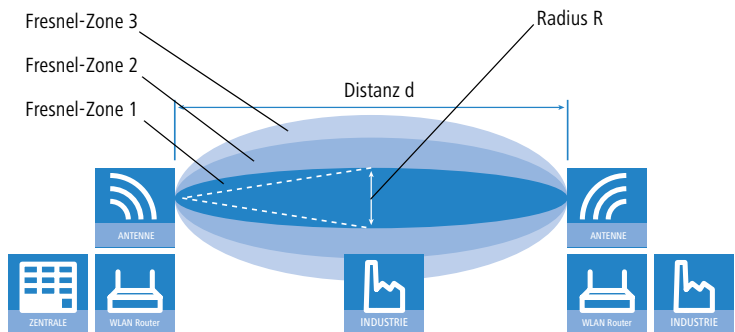
2.2 Geometrische Auslegung von Outdoor-Funknetz-Strecken

Bei der Auslegung der Funkstrecken sind im Wesentlichen folgende Fragen zu beantworten:

- Welche Antennen müssen für die gewünschte Anwendung eingesetzt werden? Bei der Beantwortung dieser Frage hilft der LANCOM Antennen-Kalkulator ('Auswahl der Antennen mit dem LANCOM Antennen-Kalkulator' → Seite 22).
- Wie müssen die Antennen positioniert werden, um eine einwandfreie Verbindung herzustellen?
- Welche Leistungen müssen die eingesetzten Antennen aufweisen, um einen ausreichenden Datendurchsatz innerhalb der gesetzlichen Grenzen zu gewährleisten?

Positionierung der Antennen

Die Antennen strahlen ihre Leistung nicht linear, sondern in einem modellabhängigen Winkel ab. Durch die kugelförmige Ausbreitung der Wellen kommt es in bestimmten Abständen von der direkten Verbindung zwischen Sender und Empfänger zur Verstärkung oder zu Auslöschungen der effektiven Leistung. Die Bereiche, in denen sich die Wellen verstärken oder auslöschen, werden als Fresnel-Zonen bezeichnet.



Um die von der Antenne abgestrahlte Leistung möglichst vollständig auf die empfangende Antenne abzubilden, muss die Fresnel-Zone 1 frei bleiben. Jedes störende Element, das in diese Zone hineinragt, beeinträchtigt die effektiv übertragene Leistung deutlich. Dabei schirmt das Objekt nicht nur einen Teil der Fresnel-Zone ab, sondern führt durch Reflexionen zusätzlich zu einer deutlichen Reduzierung der empfangenen Strahlung.

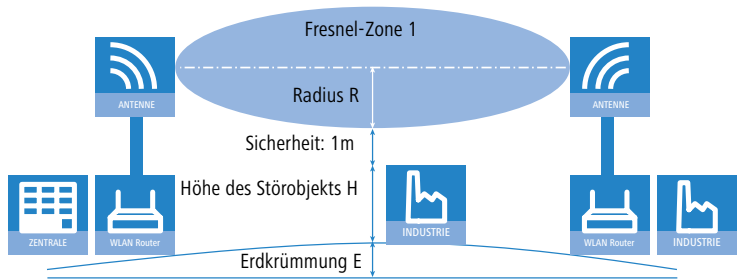
Der Radius (R) der Fresnel-Zone 1 berechnet sich bei gegebener Wellenlänge der Strahlung (λ) und der Distanz zwischen Sender und Empfänger (d) nach folgender Formel:

$$R = 0,5 * \sqrt{\lambda * d}$$

Die Wellenlänge beträgt im 2,4 GHz-Band ca. 0,125 m, im 5 GHz-Band ca. 0,05 m.

Beispiel: Bei einer Distanz zwischen den beiden Antennen von 4 km ergibt sich im 2,4 GHz-Band der Radius der Fresnel-Zone 1 zu **11 m**, im 5 GHz-Band nur zu **7 m**.

Damit die Fresnel-Zone 1 frei und ungestört ist, müssen die Antennen das höchste Störobjekt um diesen Radius überragen. Die gesamte erforderliche Masthöhe (M) der Antennen ergibt sich nach folgendem Bild zu:



$$M = R + 1\text{m} + H + E \text{ (Erdkrümmung)}$$

Die Höhe der Erdkrümmung (E) ergibt sich bei einer Distanz (d) zu $E = d^2 * 0,0147$ – bei einer Distanz von 8 km also immerhin schon fast 1m!

Beispiel: Bei einer Distanz zwischen den beiden Antennen von 8 km ergibt sich im 2,4 GHz-Band die Masthöhe über dem höchsten Störobjekt von ca. **13 m**, im 5 GHz-Band zu **9 m**.



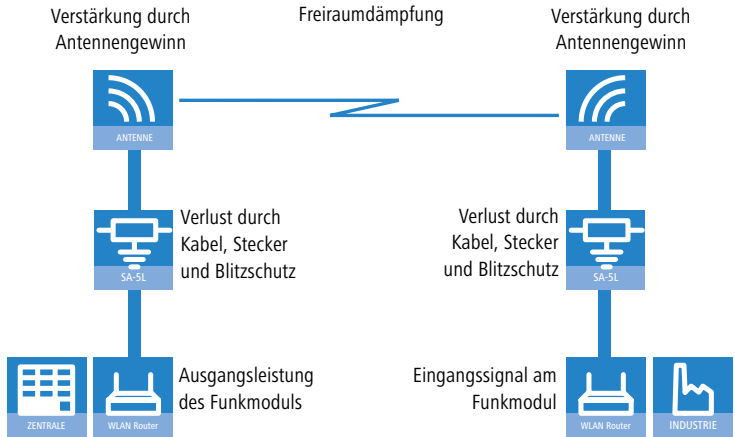
Die notwendigen Masthöhen können komfortable mit dem LANCOM Antennen-Kalkulator (→ Seite 22) berechnet werden.

Antennen-Leistungen

Die Leistungen der eingesetzten Antennen müssen so ausgelegt sein, dass eine ausreichende Datenübertragungsrate erreicht wird. Auf der anderen Seite dürfen die länderspezifischen gesetzlichen Vorgaben für die maximal abgestrahlten Leistungen nicht überschritten werden.

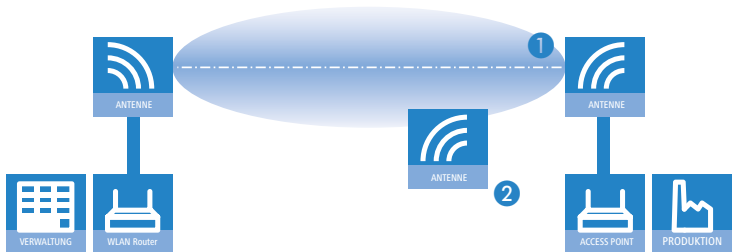
Die Berechnung der effektiven Leistungen führt dabei vom Funkmodul im sendenden Access Point bis zum Funkmodul im empfangenden Access Point. Dazwischen liegen dämpfende Elemente wie die Kabel, Steckverbindungen

oder einfach die übertragende Luft und verstärkende Elemente wie die externen Antennen.



2.3 Ausrichten der Antennen für den P2P-Betrieb

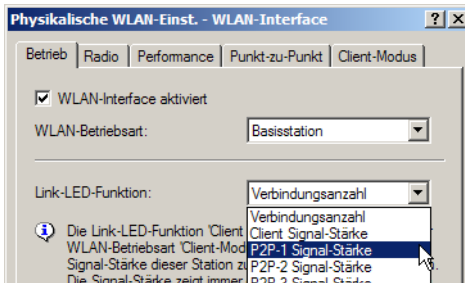
Beim Aufbau von P2P-Strecken kommt der genauen Ausrichtung der Antennen eine große Bedeutung zu. Je besser die empfangende Antenne in der „Ideallinie“ der sendenden Antenne liegt, desto besser ist die tatsächliche Leistung und damit die nutzbare Bandbreite **1**. Liegt die empfangende Antenne jedoch deutlich neben dem idealen Bereich, sind erhebliche Leistungsverluste zu erwarten **2**.



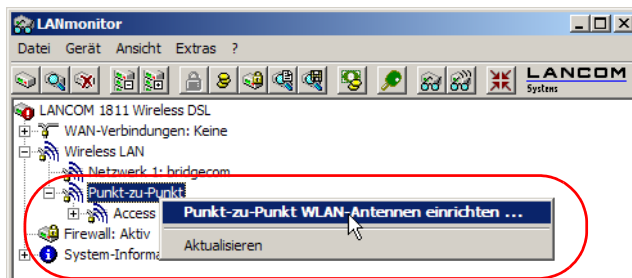
Weitere Informationen zur geometrischen Auslegung von Funkstrecken und zur Ausrichtung der Antennen mit Hilfe der LANCOM-Software finden Sie im LCOS-Referenzhandbuch.

Um die Antennen möglichst gut ausrichten zu können, kann die aktuelle Signalqualität von P2P-Verbindungen über die LEDs des Gerätes oder im LANmonitor angezeigt werden.

Die Anzeige der Signalqualität über die LEDs muss für die physikalische WLAN-Schnittstelle aktiviert werden (LANconfig: **Wireless LAN ► Allgemein ► Physikalische WLAN-Einstellungen ► Betrieb**). Je schneller die LED blinkt, umso besser ist die Verbindung (eine Blinkfrequenz von 1 Hz steht für eine Signalqualität von 10 dB, eine Verdoppelung der Frequenz zeigt die jeweils doppelte Signalstärke).



Im LANmonitor kann die Anzeige der Verbindungsqualität über das Kontext-Menü geöffnet werden. Ein Klick mit der rechten Maustaste auf den Eintrag 'Punkt-zu-Punkt' erlaubt den Aufruf 'Punkt-zu-Punkt WLAN-Antennen einrichten ...'

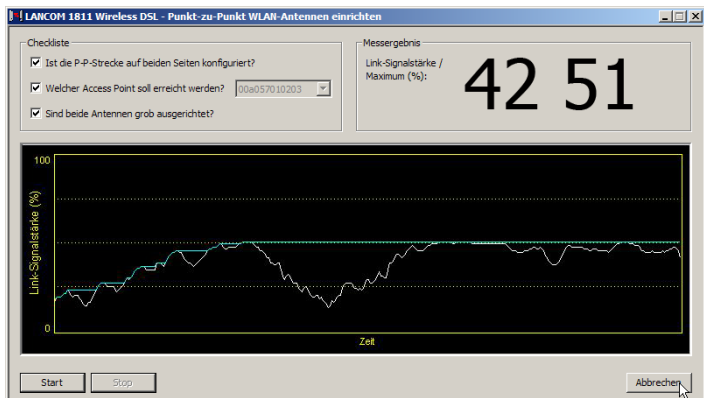


Der Eintrag 'Punkt-zu-Punkt' ist im LANmonitor nur sichtbar, wenn in dem überwachten Gerät mindestens eine Basisstation als Gegenstelle für eine P2P-Verbindung eingerichtet ist (LANconfig: **Wireless LAN ► Allgemein ► Physikalische WLAN-Einstellungen ► Punkt-zu-Punkt**).

Im Dialog zur Einrichtung der Punkt-zu-Punkt-Verbindung fragt der LANmonitor die Voraussetzungen für den P2P-Verbindungsaufbau ab:

- Ist die P2P-Strecke auf beiden Seiten konfiguriert (gegenüberliegende Basisstation mit MAC-Adresse oder Stations-Namen definiert)?
- Ist die Punkt-zu-Punkt-Betriebsart aktiviert?
- Welcher Access Point soll überwacht werden? Hier können alle im jeweiligen Gerät als P2P-Gegenstelle eingetragenen Basis-Stationen ausgewählt werden.
- Sind beide Antennen grob ausgerichtet? Die Verbindung über die P2P-Strecke sollte schon grundsätzlich funktionieren, bevor die Einrichtung mit Hilfe des LANmonitors gestartet wird.

Der P2P-Dialog zeigt nach dem Start der Signalüberwachung jeweils die absoluten Werte für die aktuelle Signalstärke sowie den Maximalwert seit dem Start der Messung. Zusätzlich wird der zeitliche Verlauf mit dem Maximalwert in einem Diagramm angezeigt.



Bewegen Sie zunächst nur eine der beiden Antennen, bis sie den Maximalwert erreicht haben. Stellen Sie dann die erste Antenne fest und bewegen Sie auch die zweite Antenne in die Position, bei der Sie die höchste Signalqualität erzielen.

2.4 Vermessung von Funkstrecken

Nach der Planung und Einrichtung kann die Funkstrecke mit externen Benchmark-Programmen (z.B. iPerf) vermessen werden, um den tatsächlichen

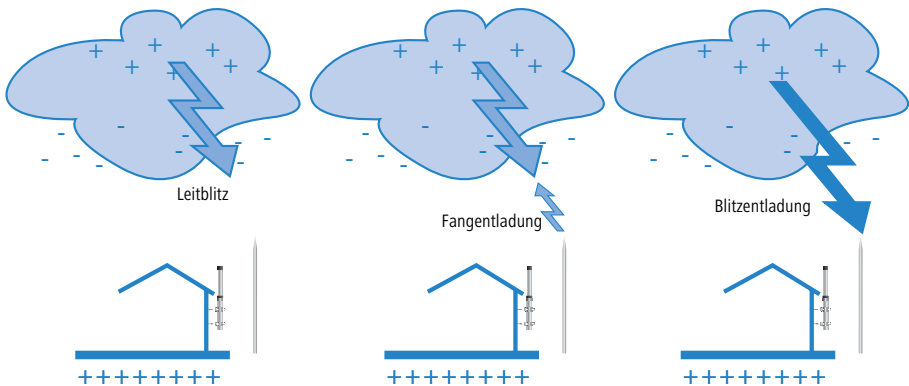
■ *Kapitel 2: Aufbau von Punkt- zu- Punkt- Verbindungen*

Datendurchsatz zu bestimmen. Weitere Informationen finden Sie im LANCOM Techpaper "WLAN Outdoor Performance" als Download auf www.lancom.de.

3 Blitz- und Überspannungsschutz

3.1 Wie entstehen Blitzentladungen?

Blitze sind elektromagnetische Entladungen, die durch unterschiedliche Ladungspotenziale hervorgerufen werden. Bei den Wetterbewegungen in der Atmosphäre werden die Wasserteilchen durch Reibung aufgeladen. Dabei steigen die überwiegend positiv geladenen Teilchen nach oben, die negativ geladenen Teilchen bleiben eher unten. Durch diese ungleiche Ladungsverteilung kann es innerhalb der Wolken zu Entladungen kommen, die man als „Wetterleuchten“ beobachten kann.



Da die Erde überwiegend positiv geladen ist, entsteht aber auch zwischen der Wolke und der Erde eine Ladungsdifferenz. Sobald diese Ladungsdifferenz groß genug ist, entstehen auch Blitze in Richtung Erde.

Direkter Blitzeinschlag

Der häufigste Blitztyp ist der negative Wolke-Erde-Blitz. Dabei wächst aus einem negativen Ladungszentrum einer Gewitterwolke ein sogenannter Leitblitz heraus. Wenn sich der Leitblitz der Erde bis auf einige 10 m bis wenige 100 m genähert hat, erhöht sich dort an exponierten Stellen – beispielsweise dem Giebel eines Gebäudes, der Spitze eines Baumes oder eben auch der Spitze einer Antenne – die elektrische Feldstärke so stark, dass von dort dem Leitblitz ähnliche Entladungen entgegenwachsen, die sogenannten Fangentladungen. Eine von möglicherweise vielen Fangentladungen trifft am schnellsten auf den Leitblitz und „erdet“ diesen; damit ist die Einschlagstelle des Blitzes festgelegt.

Schlägt ein Blitz direkt in eine Antenne ein, so wird die plötzlich ansteigende Spannung über das Koaxial-Kabel in die nachfolgenden Geräte – bei einem WLAN-System also in den Access Point – weitergeleitet, was in der Regel zur Zerstörung der Geräte führt. Zusätzlich kann es zwischen nicht geerdeten Teilen des WLAN-Systems und geerdeten metallischen Teilen im Gebäude zu einem Funkensprung oder Lichtbogen kommen.

Teilentladungen

Startet eine Fangentladung von einer Antenne, muss dadurch nicht zwangsläufig der Blitzeinschlag in die Antenne erfolgen. Um die Fangentladung der Antenne zu speisen, fließt jedoch über die Antennenstruktur ein kurzzeitiger, impulsförmiger Strom – man spricht von einer Teilentladung. Eine Teilentladung ist also eine Fangentladung, die nicht zu einem direkten Blitzeinschlag führt. Auch diese Teilentladungen können ohne Schutzmaßnahmen zu Schäden in angeschlossenen elektronischen Geräten wie den Access Points führen.



Selbst wenn es nicht zu sichtbaren Phänomenen wie Gewitter oder einem unmittelbaren Blitzeinschlag kommt, so können auch unsichtbare Entladungen aus der Atmosphäre zur Zerstörung oder Beschädigung der empfindlichen WLAN-Module oder anderer elektronischer Geräte führen.

Gefährdung der Antennen

Die Antennen in einem WLAN-System sind für Blitzeinschläge besonders gefährdet, da sie meist an exponierter Stelle montiert werden und aufgrund ihres Verwendungszweckes eine hohe elektrische Leitfähigkeit aufweisen.

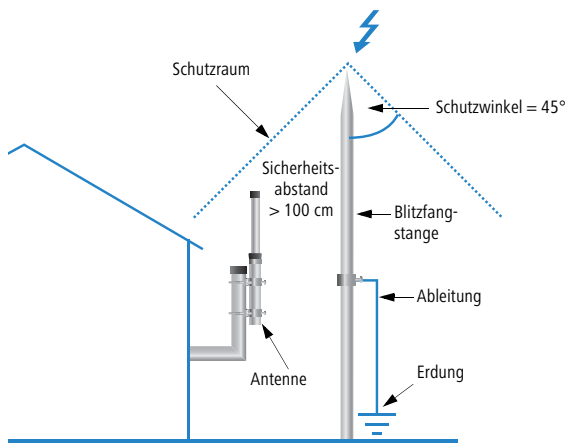
Je spitzer, nadelförmiger und exponierter Antennen sind, desto größer ist die Gefahr, dass von ihnen eine Fangentladung ausgeht, die zu direktem Blitzeinschlag oder zu Teilentladungen führt.



Bitte beachten Sie, dass sich die Ausführungen zum Thema Blitzschutz in dieser Dokumentation jeweils nur auf den Schutz der WLAN-Systeme beziehen. Der Schutz der Gebäude selbst und anderer Einrichtungen sowie der verbundenen Netze (LAN) muss gegebenenfalls separat geplant und installiert werden.

3.2 Äußerer Blitzschutz

Der äußere Blitzschutz umfasst alle Maßnahmen, mit denen ein **direkter** Blitzeinschlag in die zu schützenden Anlagen verhindert werden soll, dazu gehören z. B. Fangeinrichtungen wie Blitzfangstangen etc., mit denen den Entladungsvorgängen bewusst ein exponiertes Ziel angeboten wird. Der in diese Fangeinrichtung einschlagende Blitz wird auf dem kürzesten Weg über eine Ableitung in die Erdungsanlage geleitet. Mit diesem gezielten „Einfangen“ der Blitze erzeugen die Fangeinrichtungen einen Schutzraum, in dem kein direkter Blitzeinschlag möglich ist. Die tatsächliche Ausführung des äußeren Blitzschutzes ist dabei jeweils von den baulichen Gegebenheiten abhängig.

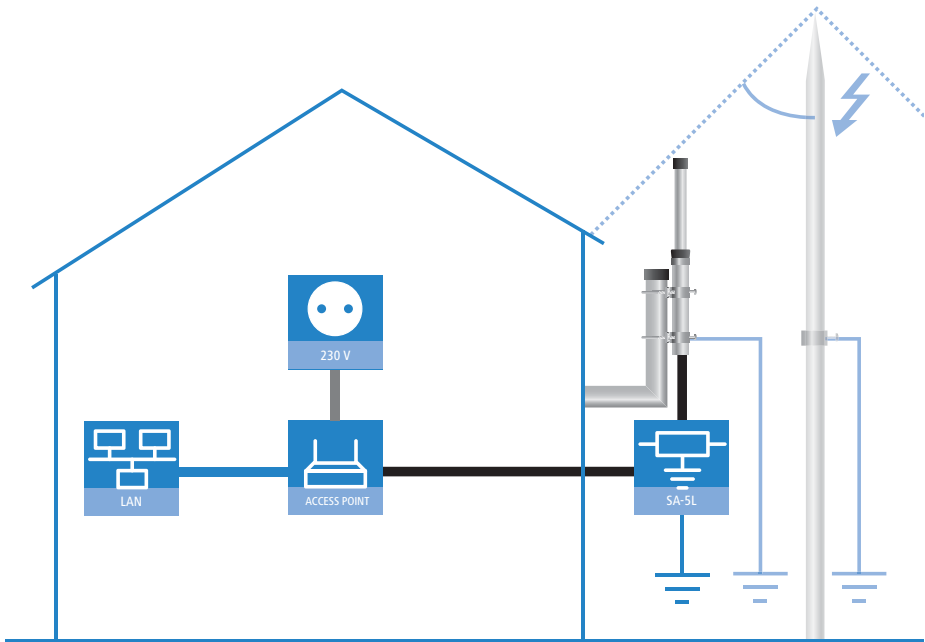


3.3 Innerer Blitzschutz

Der innere Blitzschutz bezeichnet die Maßnahmen gegen die Auswirkungen von Blitzströmen und Überspannungen, die trotz der äußeren Blitzschutzmaßnahmen auftreten. Diese Störungen können z. B. bei einem weiter entfernten Blitzeinschlag durch die anschließende Ausbreitung über das Stromnetz ausgelöst werden oder durch Entladungen in der Atmosphäre, bei denen keine sichtbaren Blitze auftreten.

Über zwei Wege können diese Überspannungen in ein Gebäude eindringen und sich darin ausbreiten: Über den Anschluss an das öffentliche Stromnetz oder über Kabeleinführungen z. B. von Antennen an der Außenseite des Gebäudes.

Nachfolgend wird der Schutz des Systems von der Antennenseite aus beschrieben. Der Schutz der an das Stromnetz angeschlossenen Geräte vor Überspannungen aus dem Stromnetz muss von einem ausgebildeten Elektrofachmann geplant und umgesetzt werden.

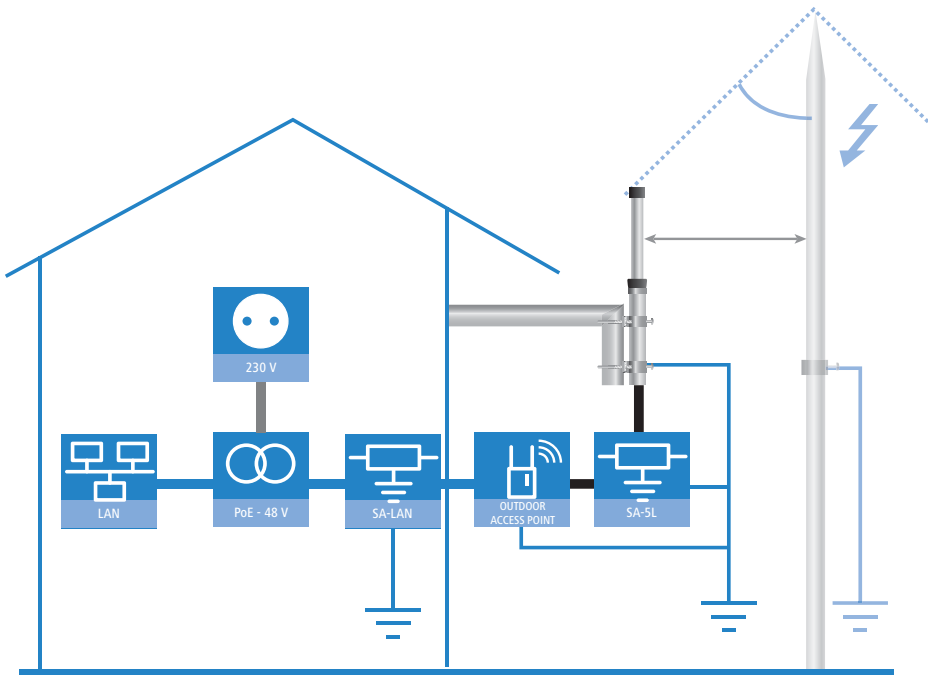


DE

Die zentrale Komponente für den inneren Blitzschutz ist der Überspannungsadapter AirLancer Extender SA-5L. Der Einsatz des AirLancer Extender SA-5L ist **immer erforderlich** – er reduziert die Überspannungen, die trotz äußerer Blitzschutzmaßnahmen z.B. auch bei Teilentladungen übertragen werden und die empfindlichen WLAN-Module beschädigen können.

Der AirLancer Extender SA-5L wird dabei immer zwischen dem Access Point und der Antenne montiert, dabei möglichst nah am Access Point, so dass er sich hinter dem gefährdeten Bereich des Antennenkabels an einem geeigneten Ort mit Masseanschluss befindet. Bei der Outdoor-Montage des Access Points wird dessen Erdung und die Erdung des AirLancer Extender SA-5L mit der Ableitung der Antenne verbunden, z. B. über die Befestigungsschellen an der Antennenhalterung.

Zusätzlich kann ein Überspannungsadapter AirLancer Extender SA-LAN eingesetzt werden, der mögliche Überspannungen im Ethernet- oder PoE-Kabel reduziert.



3.3.1 Auswahl der Blitz- und Überspannungskomponenten

Klassifizierung von Überspannungsschutzgeräten

Zum Schutz von elektrischen und elektronischen Anlagen und Geräten in Gebäuden werden sogenannte Überspannungsschutzgeräte (Surge Protective Devices – SPD) eingesetzt, die je nach Anwendungszweck in verschiedene Klassen eingeteilt werden:

- **Gebäude:** Die größte Gefahr durch die Auswirkungen von Blitzschlägen besteht bei der Übertragung von hohen Blitzströmen über die Leitungen, die von exponierten Gegenständen wie den Antennen direkt in das Gebäude führen. Gegen diese Blitzströme schützen sogenannte Blitzstrom-Ableiter (Typ 1), die an den entsprechenden Leitungen direkt am Eintritt in das Gebäude angebracht werden. Mit diesen Blitzschutzeinrich-

tungen wird das Eindringen des Blitzstroms über die geschützten Leitungen verhindert – es können aber dennoch Überspannungen auftreten, die durch weitere Überspannungsschutzadapter (z. B. AirLancer Extender SA-5L) verhindert werden müssen.

- **Netzanschluss:** Auch über das Stromnetz können Überspannungen in das Gebäude eingeleitet werden und damit elektronische Geräte gefährden. Gegen diese Überspannungen können Überspannungs-Ableiter (Typ 2) eingesetzt werden, welche die Spannungsspitzen auf ein ausreichend niedriges Niveau absenken. Diese Adapter vom Typ 2 werden z. B. im Schaltschrank eingesetzt.
- **Geräte:** Die letzte Stufe in der Überspannungsschutzkette stellt der direkte Schutz der Endgeräte dar. Hier werden Überspannungsschutzgeräte vom Typ 3 z. B. in Form eines Steckdosenadapters verwendet. Diese SPDs senken die auftretenden Überspannungen so weit ab, dass auch hochempfindliche Geräte keinen Schaden nehmen.

Die Risikoabschätzung und darauf basierende Auslegung eines geeigneten Blitzschutzsystems ist immer abhängig von den jeweiligen Gegebenheiten (u. a. Häufigkeit des zu erwartenden Blitzeinschlags am Montageort) und sollte idealerweise von ausgebildeten Experten durchgeführt werden.



Bitte beachten Sie, dass über die Ausführungen zum Blitzschutz der WLAN-Systeme hinaus der Schutz der Gebäude selbst und anderer Einrichtungen separat geplant und installiert werden muss.

Für die Auslegung der verwendeten Komponenten dienen die folgende Hinweise:

Äußerer Blitzschutz

- **Blitzfangstange**
 - **Wann?** Erforderlich, wenn die Antenne oder ein anderes Element des WLAN-Systems an exponierter Stelle positioniert ist.
 - **Wo?** Sicherheitsabstand zur Antenne oder anderen leitenden Elementen des WLAN-Systems mindestens 50 cm, besser mehr als 100 cm.
 - **Ableitung?** Ableitung über Potenzial-Ausgleichs-Leitung (PAL, 16 mm² Cu) immer erforderlich.



Wenn der Sicherheitsabstand weniger als 100 cm beträgt, muss die Ableitung der Blitzfangstange mit der Ableitung der Antenne verbunden sein!

■ Kapitel 3: Blitz- und Überspannungsschutz

- Potenzialausgleich der Antenne
 - **Separate Ableitung:** Über separate Potenzial-Ausgleichs-Leitung (PAL, 16 mm² Cu), wenn keine Blitzfangstange vorhanden ist (Antenne nicht an exponierter Stelle installiert).
 - **Separate Ableitung:** Über separate Potenzial-Ausgleichs-Leitung (PAL, 16 mm² Cu), wenn der Sicherheitsabstand der Blitzfangstange zur Antenne mehr als 100 cm beträgt.
 - **Über Ableitung der Blitzfangstange:** Ableitung über die vorhandene Potenzial-Ausgleichs-Leitung der Blitzfangstange, wenn der Sicherheitsabstand der Blitzfangstange zur Antenne oder anderen leitenden Elementen des WLAN-Systems zwar mehr als 50 cm, aber weniger als 100 cm beträgt.

Innerer Blitzschutz

- Überspannungsschutzadapter AirLancer Extender SA-5L
 - **Wann? Immer und zwingend erforderlich.** Schützt auch vor Teilentladungen ohne direkten Blitzschlag, welche die empfindlichen WLAN-Module beschädigen können.
 - **Wo?** Möglichst nah am Antenneneingang des Access Point platzieren.
 - **Ableitung?** Potenzialausgleich über Gebäude-Erdung mithilfe einer PE-Leitung (Protective Earth, Schutzleiter – 1,5 mm² Cu).



LANCOM Systems übernimmt nur dann Garantieleistungen für die angeschlossenen WLAN-Geräte, wenn ein AirLancer Extender SA-5L als Überspannungsschutzadapter verwendet wird. Dieser Blitzschutz ist explizit auf die WLAN-Module in LANCOM-Geräten abgestimmt. Bei der Verwendung von anderen Überspannungsschutzadaptern werden keine Garantieleistungen übernommen.

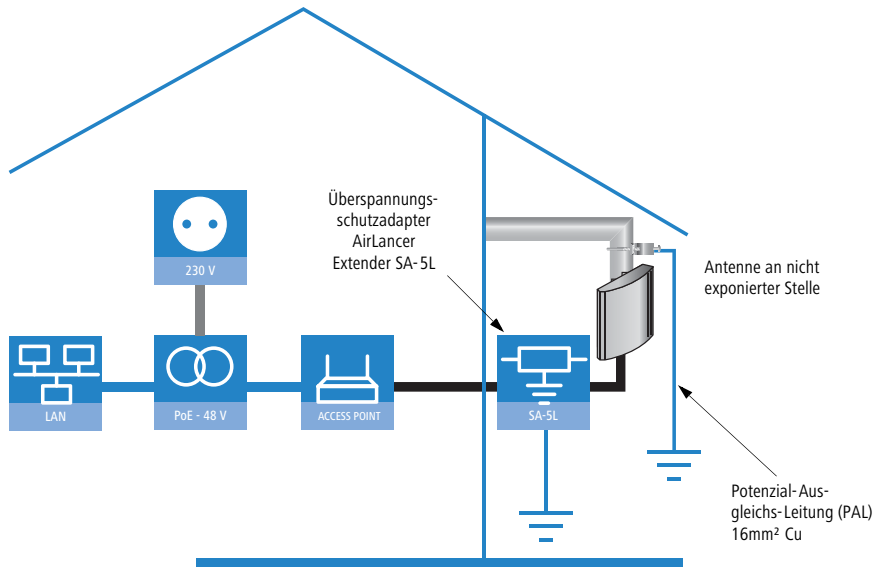
- Überspannungsschutzadapter AirLancer Extender SA-LAN
 - **Wann?** Je nach individueller Schutzanforderung und Gefährdungspotential erforderlich zum Schutz der Kabel und Geräte im LAN, z.B. bei Outdoor-Geräten mit integrierter Antenne.
 - **Wo?** Möglichst nahe an der ETH-Buchse des Access Point platzieren.
 - **Ableitung?** Potenzialausgleich über Gebäude-Erdung mithilfe einer PE-Leitung (Protective Earth, Schutzleiter – 1,5 mm² Cu).

3.3.2 Anwendungsbeispiele

Je nach Platzierung von Access Points und Antennen sowie der Blitzfangstangen ergeben sich zahlreiche Kombinationen für die konkrete Auswahl der Komponenten zum Blitz- und Überspannungsschutz. Die folgenden Darstellungen zeigen einige Beispielszenarien, wie sie in der Praxis recht häufig anzutreffen sind. Mit diesem Verständnis als Basis können Sie auch für andere Konstellationen die erforderlichen Komponenten zusammenstellen.

Szenario 1

Antenne an nicht exponierter Stelle.

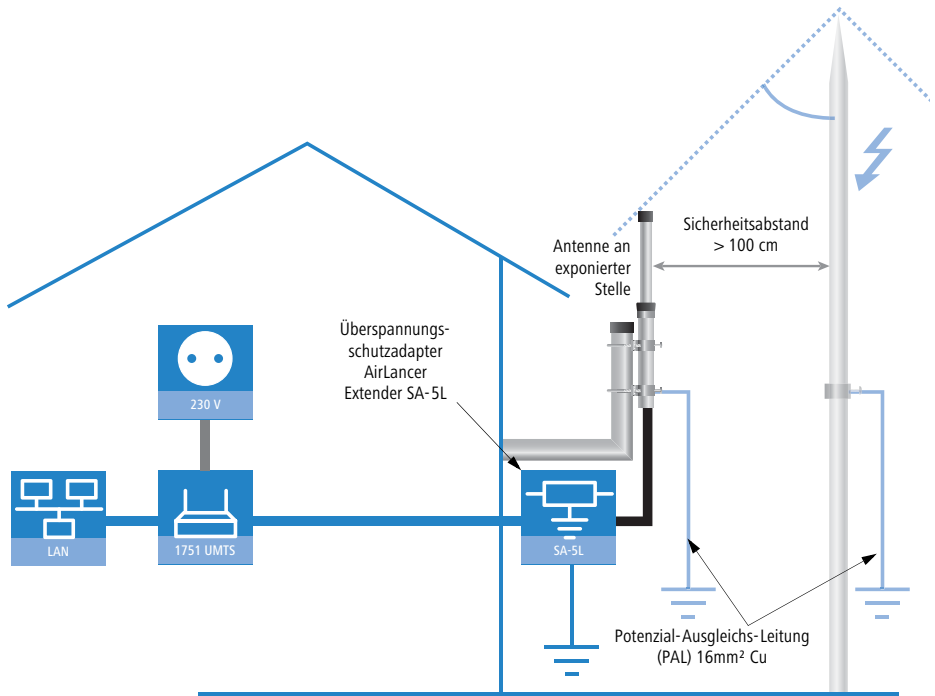


Die Ausgangslage zeigt eine Anwendung, in der die Antenne nicht an exponierter Stelle platziert ist – hier besteht also nicht die Gefahr eines direkten Blitzeinschlags.

- Für den äußeren Blitzschutz reicht daher eine ausreichend dimensionierte Potenzial-Ausgleichs-Leitung für die Antenne aus.
- Beim inneren Blitzschutz wird auf jeden Fall der Access Point mit einem AirLancer Extender SA-5L geschützt.

Szenario 2

Antenne an exponierter Stelle, Sicherheitsabstand der Fangeinrichtung eingehalten.

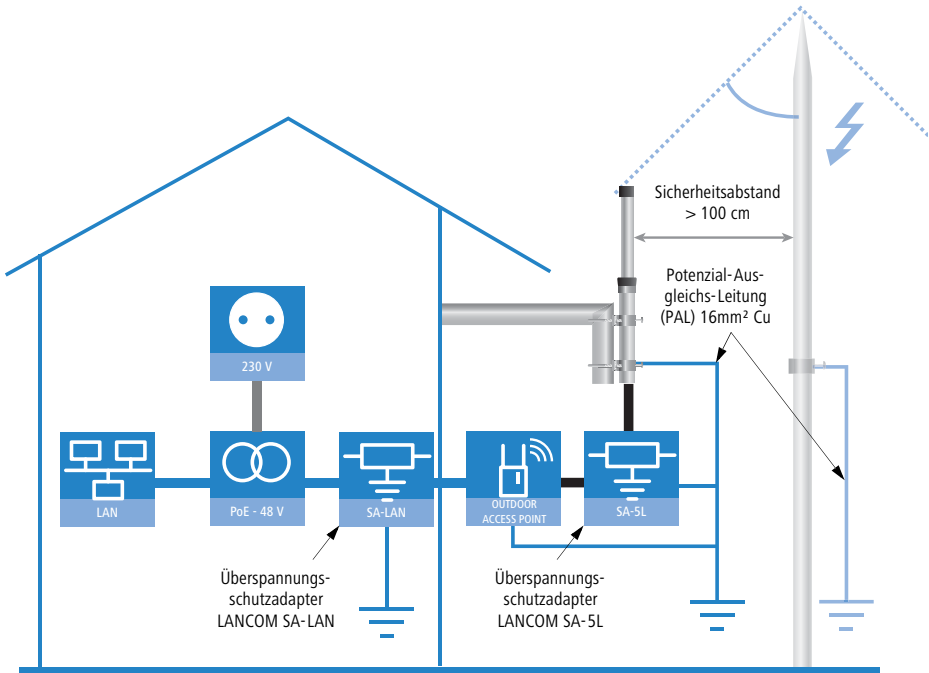


In diesem Beispiel ist die Antenne so angebracht, dass ein direkter Blitzeinschlag möglich ist. Als Schutzmaßnahme wird eine Blitzfangstange mit einem ausreichenden Sicherheitsabstand von mehr als 100 cm installiert.

- Beim äußeren Blitzschutz werden hier sowohl die Antenne als auch die Blitzfangstange jeweils separat mit einer eigenen Potenzial-Ausgleichs-Leitung geerdet.
- Für den inneren Blitzschutz ergeben sich hier keine anderen Aspekte.

Szenario 3

Access Point ist nicht im Gebäude, sondern „outdoor“ z. B. direkt an der Antenne installiert, um die Kabelstrecke zwischen Antenne und Access Point zu reduzieren.



Der Überspannungsschutzadapter AirLancer Extender SA-5L wird hier zwischen Access Point und Antenne platziert und z. B. über die Potenzial-Ausgleichs-Leitung der Antenne geerdet.



Wenn anstelle einer externen Antenne bei den LANCOM OAP-Modellen die mitgelieferten Stabantennen verwendet werden, kann der Blitzschutzadapter AirLancer Extender SA-5L aufgrund der Stecker nicht verwendet werden. In diesem Fall **muss zwingend** eine Blitzfangstange verwendet werden!

- Bei der Outdoor-Montage des Access Points werden dessen Erdung und die Erdung des AirLancer Extender SA-5L mit der Ableitung der Antenne

verbunden, z. B. über die Befestigungsschellen an der Antennenhalterung.

- Der AirLancer Extender SA-5L kann je nach Modell des Access Points direkt an ein kurzes Adapterstück (Gender Changer) am Antennenausgang montiert werden.

4 Installation

4.1 Sicherheitshinweise



Führen Sie keine Montagearbeiten von Access Points oder Antennen durch, wenn aufgrund der Wetterlage Blitze zu erwarten sind.

Klemmen Sie in Zeiten solcher Wetterlagen auch keine Kabel an oder ab.

Selbst bei unauffälligen Wetterbedingungen kann es in den Komponenten der WLAN-Struktur zu Ladungsunterschieden kommen. Führen Sie alle Arbeiten mit der gebotenen Vorsicht aus!



Access Points, Antennen und die verwendeten Montageeinrichtungen wie Masten etc. müssen für den Einsatz im Outdoor-Bereich geerdet sein. Arbeiten Sie niemals mit Access Points und Antennen, wenn die korrekte Erdung nicht sichergestellt ist. Ziehen Sie einen entsprechend ausgebildeten Elektriker zurate, um die Erdung zu klären.

Die Installation und Montage der Access Points und Antennen sollte nur von erfahrenem IT-Personal und ausgebildeten Elektrikern durchgeführt werden. Bitte beachten Sie die folgenden Hinweise zum Schutz vor Unfällen:

- 1 Führen Sie die Arbeiten niemals alleine, sondern immer mit mindestens zwei Personen durch. So können Sie schnell Hilfe bekommen, falls trotz aller Vorsichtsmaßnahmen ein Unfall eintritt.
- 2 Verwenden Sie nur Leitern mit ausreichenden Isolierungen.
- 3 Arbeiten Sie nicht bei nassem oder windigem Wetter. Verwenden Sie ggf. ein Gurtgeschirr o. ä. zur Absicherung.
- 4 Tragen Sie geeignete Kleidung bei der Arbeit, z. B. eng anliegende Kleidung und Sicherheitsschuhe mit rutschfesten Sohlen.
- 5 Wenn bei der Montage Teile der Antennen oder die Befestigungseinrichtungen zu fallen drohen, lassen Sie die entsprechenden Teile zu Boden fallen und versuchen Sie nicht, die fallenden Teile aufzufangen. Antennen, Masten oder Kabel können beim Fallen mit Strom führenden Teilen in Verbindung kommen und einen Stromschlag verursachen.
- 6 Der Montageort sollte gut zugänglich sein, auch um spätere Wartungsarbeiten oder die Kontrolle von Kabelverbindungen etc. durchzuführen.

- 7 Prüfen Sie vor dem Beginn der Montage, ob Sie alle benötigten Werkzeuge und Zubehörteile verfügbar haben. Führen Sie außerdem vor der Montage die notwendigen Arbeiten für die Durchbrüche aus, durch welche die Koaxial- oder Ethernet-Kabel in das Gebäude eingeführt werden können.



Zu Ihrer eigenen Sicherheit dürfen Antennen, Masten und das Erdungssystem nur von erfahrenen Elektromonteuren installiert werden, die mit den lokalen Gegebenheiten des Gebäudes und den landesspezifischen Sicherheitsbestimmungen vertraut sind. Beachten Sie außerdem die Hinweise im Abschnitt → 'Überspannungs- und Blitzschutz' und stellen Sie sicher, dass das Erdungssystem den Anforderungen entspricht.

4.2 Montage der Access Points

Die Montage der Access Points ist abhängig von der Bauform der jeweiligen Modelle. Dieser Abschnitt stellt die verschiedenen Montagevarianten nur anhand von Beispielen vor. Konkrete Anleitungen entnehmen Sie bitte der Dokumentation der jeweiligen Access Points.



Bitte beachten Sie bei der Montage folgende Hinweise:

Access Points im Außenbereich können **nur** durch eine Blitzfangstange mit einem Sicherheitsabstand von **mehr als 100 cm** gegen direkten Blitzeinschlag geschützt werden!

Access Points im Außenbereich müssen über eine ausreichend dimensionierte Potenzial-Ausgleichs-Leitung (PAL) mit einem Querschnitt von mindestens 16 mm² CU geerdet werden.

Zum Schutz der empfindlichen WLAN-Module **muss** ein Überspannungsschutz AirLancer Extender SA-5L eingesetzt werden!

4.2.1 Wahl des Montageorts

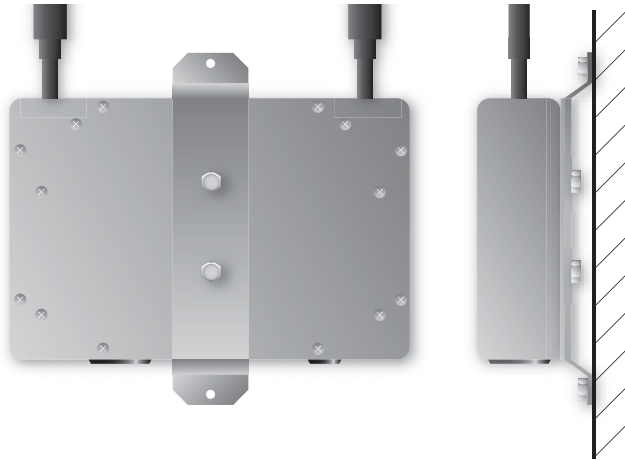
Wählen Sie für die Montage der Access Points einen geeigneten Ort, der die folgenden Aspekte so gut wie möglich erfüllt:

- Die Access Points dürfen nicht abgedeckt werden, um störungsfreies Senden und Empfangen zu gewährleisten und Hitzestaus etc. zu vermeiden.

- Wählen Sie einen Montageort möglichst in der Nähe der benötigten Anschlüsse wie z. B. LAN-Schnittstellen oder Steckdosen.
- Platzieren Sie die Access Points möglichst nah bei den Antennen. Die Länge der Koaxial-Kabel zwischen Access Point und Antenne hat einen erheblichen Einfluss auf die Dämpfung des gesamten WLAN-Systems und damit z. B. auf die Reichweiten bzw. möglichen Datenraten.
- Auch für den Abstand zwischen Access Point und PoE-Injektor können maximale Abstände wichtig sein. Manche Access Points haben z. B. einen erhöhten Strombedarf, der nur eine bestimmte Länge der Stromversorgung über Ethernetkabel erlaubt. Konkrete Hinweise finden Sie in der Dokumentation des Access Points oder des PoE-Injektors.
- Der Montageort der Komponenten, die außen am Gebäude angebracht werden, sollte sich möglichst nahe an der Einführungsstelle der verwendeten Koaxial- oder Ethernet-Kabel befinden. Unnötig lange Kabelführungen im Außenbereich verstärken die Gefahren durch Blitzeinwirkungen.
- Vermeiden Sie Montageorte mit sehr starker Staubbelastung.
- Vermeiden Sie im Außenbereich Montageorte in der Nähe von freiliegenden metallischen Leitern wie Regenrinnen etc.

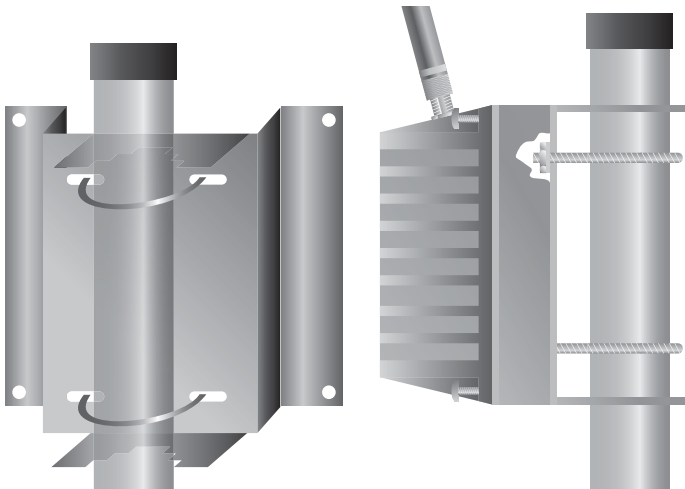
4.2.2 Wandmontage

Die Wandmontage ist bei allen Access Points möglich und eignet sich immer dann, wenn die verwendeten Antennen nicht zu weit vom Access Point entfernt angebracht werden.



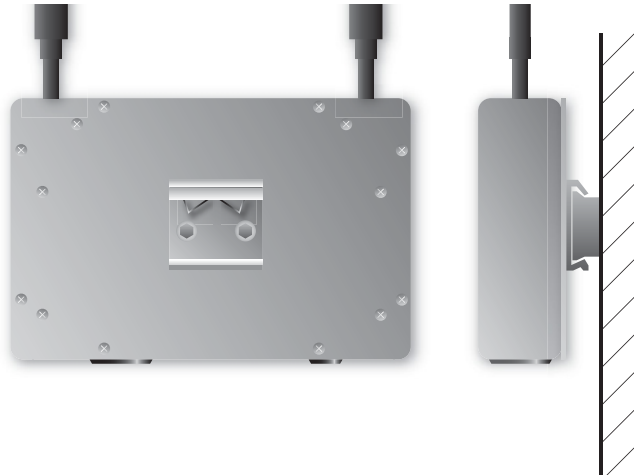
4.2.3 Pfostenmontage

Falls der Abstand zwischen Access Point und Antennen bei einer Wandmontage zu groß würde, kann der Access Point auch in unmittelbarer Nähe der Antennen z. B. an einem Mast oder einer ähnlichen Vorrichtung befestigt werden.



4.2.4 Hutschienenmontage

Für den Einsatz in Schaltschränken in Produktionshallen etc. bieten manche Access Points die Möglichkeit einer einer Hutschienen-Montage.



4.3 Montage der Antennen

Die Montage der Antennen ist abhängig von der Bauform der jeweiligen Modelle. Dieser Abschnitt stellt die verschiedenen Montagevarianten nur anhand von Beispielen vor. Konkrete Anleitungen entnehmen Sie bitte der Dokumentation der jeweiligen Antenne.



Bitte beachten Sie bei der Montage folgende Hinweise:

Antennen im Außenbereich an einer exponierten Stelle, an der direkte Blitzschläge auftreten können, **müssen** durch eine Blitzfangstange mit einem Sicherheitsabstand von **mindestens 100 cm** geschützt werden!

Antennen im Außenbereich müssen über eine ausreichend dimensionierte Potenzial-Ausgleichs-Leitung (PAL) mit einem Querschnitt von mindestens 16 mm² CU geerdet werden.

Zum Schutz der empfindlichen WLAN-Module **muss** ein Überspannungsschutz AirLancer Extender SA-5L eingesetzt werden!

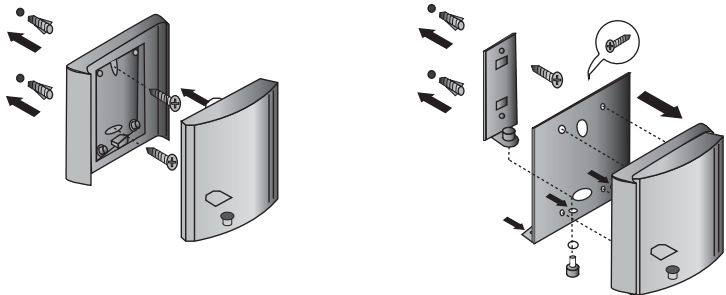
4.3.1 Wahl des Montageorts

Wählen Sie für die Montage der Antennen einen geeigneten Ort, der die folgenden Aspekte so gut wie möglich erfüllt:

- Platzieren Sie die Antennen an einem Ort, der ein gutes Freifeld für die Datenübertragung zu mobilen WLAN-Clients oder P2P-Gegenstellen bietet. Hinweise zum Ausrichten der Antennen im P2P-Betrieb finden Sie im Kapitel → 'Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (P2P-Modus)'.
- Platzieren Sie die Antennen möglichst nah bei den Access Points. Die Länge der Koaxial-Kabel zwischen Access Point und Antenne hat einen erheblichen Einfluss auf die Dämpfung des gesamten WLAN-Systems und damit z. B. auf die Reichweiten bzw. möglichen Datenraten.
- Der Montageort der Komponenten, die außen am Gebäude angebracht werden, sollte sich möglichst nahe an der Einführungsstelle der verwendeten Koaxial- oder Ethernet-Kabel befinden. Unnötig lange Kabelführungen im Außenbereich verstärken die Gefahren durch Blitzeinwirkungen.
- Vermeiden Sie im Außenbereich Montageorte in der Nähe von freiliegenden metallischen Leitern wie Regenrinnen etc.

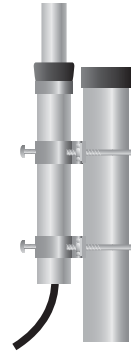
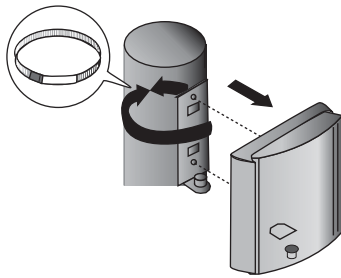
4.3.2 Wandmontage

Die Montage kann für feste Installationen direkt auf der Wand oder für flexible Einstellung mithilfe der Schwenkvorrichtung erfolgen.



4.3.3 Mastmontage

Die Montage kann alternativ auch direkt an einem Mast o. ä. erfolgen, um die Antennen an besonders exponierten Stellen zu platzieren.



4.4 Montage der Blitzfangstangen

Blitzfangstangen spannen einen Schutzraum auf, der Komponenten eines WLAN-Systems wie z. B. Antennen oder Access Points gegen einen direkten Blitzeinschlag schützen sollen.

Für die Wahl des Montageortes sind folgende Aspekte zu beachten:

- Auslegung der Blitzfangstange
- Vertikaler und horizontaler Abstand zu den gefährdeten Komponenten
- Erdung der Blitzfangstange



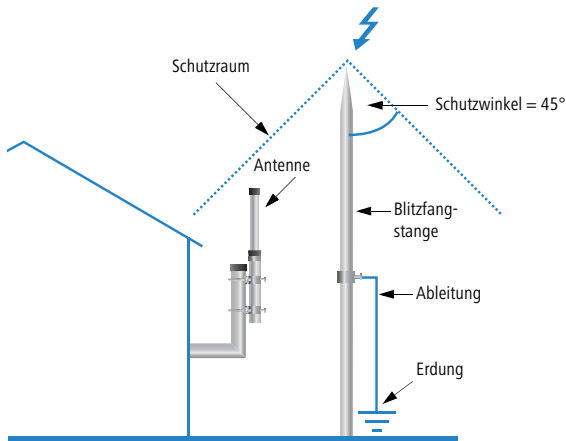
Die Auslegung, Installation und Erdung der Blitzfangstangen sollte nur von ausgebildeten Elektrikern durchgeführt werden.

4.4.1 Auslegung der Blitzfangstange

Die Blitzfangstange muss den Strom eines einschlagenden Blitzes vollständig ableiten können. Dazu werden Stangen aus gut leitenden Metallen gewählt, z. B. Kupferlegierungen oder Stahl. Der Querschnitt der Stangen muss so gewählt sein, dass die Stange durch die Ableitung des Blitzstroms nicht beschädigt wird, in der Regel mit einem Durchmesser zwischen 10 und 16 mm.

4.4.2 Abstand zu den gefährdeten Komponenten

Zur Dimensionierung der Blitzfangstangen für einen ausreichend großen Schutzraum werden der Sicherheitsabstand der Fangstange von der zu schützenden Einrichtung (z. B. Antenne) sowie die Höhe der Fangstange bestimmt.



- Abstand der Fangstange von der Antenne: Der geeignete Abstand der Fangstange von der Antenne verhindert ein direktes Überspringen des abgeleiteten Blitzstroms von der Ableitung auf die Antenne oder andere leitende Bauteile. Dieser Abstand kann in Abhängigkeit verschiedener Faktoren genau berechnet werden, in der Praxis reicht jedoch meistens ein pauschaler Sicherheitsabstand von mehr als 100 cm aus.



Der Abstand der Blitzfangstange zur Antenne hat einen direkten Einfluss auf die notwendige Erdung der Komponenten! Bitte beachten Sie dazu die Hinweise zur Erdung der Blitzfangstange sowie zur Erdung von Antennen und Access Points.

- Höhe der Fangstange: Die Fangstange muss ausreichend hoch sein, damit sich die zu schützenden Bauteile wie die Antennen innerhalb des aufgespannten Schutzraums befinden. Auch hier steht neben dem genauen Blitzkugelverfahren zur Bestimmung der gefährdeten Bereiche mit dem Schutzwinkelverfahren eine einfachere Methode zur Verfügung, mit welcher der Schutzraum einer Fangstange angenähert werden kann. Dazu wird ein Bereich von 45° unter der Fangstange als sicher gegen direkten Blitzeinschlag angenommen.

4.4.3 Ableitung des Blitzstroms (Erdung)

Blitzfangstangen müssen immer über eine separate, ausreichend dimensionierte Potenzial-Ausgleichs-Leitung (PAL) mit einem Querschnitt von mindes-

tens 16 mm² CU geerdet werden. Die Verbindung zur Erdungsanlage muss dabei auf dem kürzesten Weg hergestellt werden.



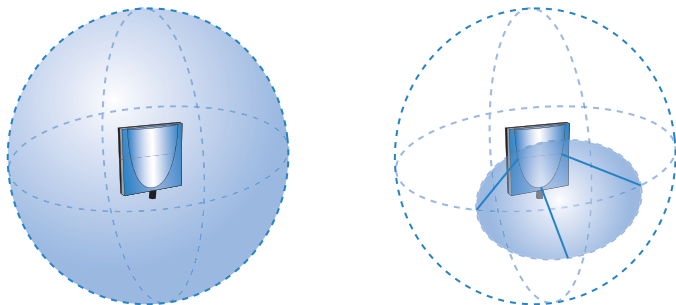
Wenn die Blitzfangstange mit der Antenne an einem gemeinsamen Mast montiert wird und der Abstand zur Antenne mehr als 100 cm beträgt, muss die Blitzfangstange gegenüber dem Mast ausreichend isoliert werden, da Blitzfangstange und Antenne in diesem Fall separat geerdet werden müssen.

5 Anhang

5.1 Antennengewinn, EIRP und Abstrahlcharakteristik einer Antenne

Um eine Aussage über die Eignung einer Antenne für eine bestimmte Anwendung machen zu können, werden bei den technischen Daten u. a. der Antennengewinn, die Abstrahlleistung (EIRP), der Öffnungswinkel und die Abstrahlcharakteristik der Antenne angegeben.

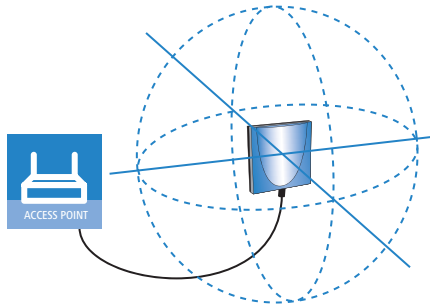
In der Praxis strahlen Antennen vorzugsweise in bestimmte, je nach Modell weniger oder stärker fokussierte Bereiche ab. Zur Berücksichtigung dieser „geometrischen“ Abstrahleigenschaften der Antennen wird die effektive isotrope Strahlungsleistung (engl. Equivalent Isotropic Radiated Power – EIRP) angegeben. Zur Ermittlung der EIRP betrachtet man eine Antenne in der Theorie als Kugelstrahler, der in alle Richtungen die gleiche Leistung abstrahlt. Die EIRP gibt dann an, mit welcher Leistung man den idealen Kugelstrahler versorgen müsste, um in einer gewissen Entfernung von der Antenne in deren Hauptstrahlungsrichtung die gleiche Strahlungsdichte zu erhalten wie bei Einsatz der realen Antenne.



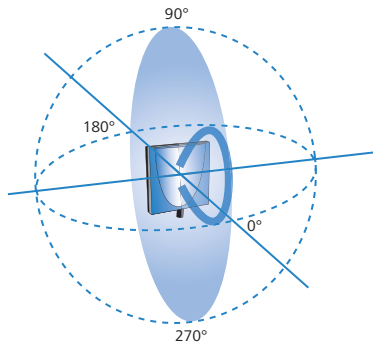
Die von der Antenne aufgenommene Leistung wird durch die Fokussierung auf eine Hauptstrahlrichtung verstärkt – diese Verstärkung wird als „Gewinn“ der Antenne bezeichnet. Je größer die Fokussierung, desto höher ist auch der Antennengewinn.

Die geometrischen Abstrahleigenschaften der Antennen werden durch den Öffnungswinkel und die sogenannte Abstrahlcharakteristik beschrieben.

Dabei stellt die Abstrahlcharakteristik die räumliche Verteilung der abgestrahlten Leistung dar.

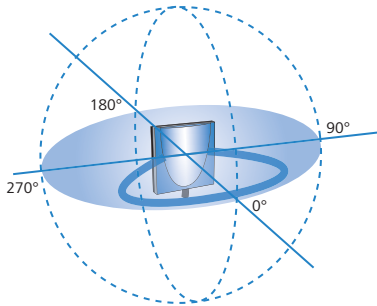


Da die dreidimensionale Darstellung der Leistungsverteilung recht „unhandlich“ ist, legt man zwei Ebenen (horizontal, also parallel zur Erdoberfläche und vertikal, senkrecht zur Erdoberfläche) durch die Antenne und trägt die auf diesen Ebenen in verschiedenen Richtungen gemessenen Leistungen auf.

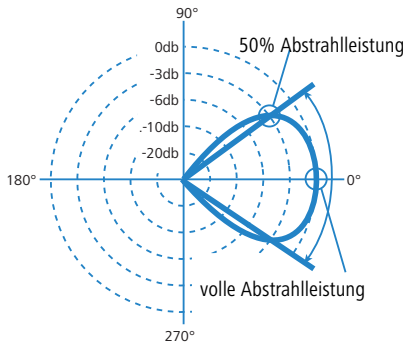


Die kräftige Linie zeigt an, welche Leistung in einer bestimmten Richtung gemessen wurde. Erreicht diese Linie den äußeren Rand der „idealen Strahlungskugel“, so wird in dieser Abstrahlrichtung die maximale Antennenleistung

Abstrahlung abgegeben. Je näher die kräftige Linie dem Mittelpunkt der Kugel kommt, desto kleiner ist in dieser Richtung die Strahlungsleistung.



Um die Abstrahlcharakteristiken leichter lesen zu können, werden sie üblicherweise in der „Papierebene“ aufgetragen. Eine horizontale Abstrahlcharakteristik sieht dann z. B. so aus:



Man erkennt, dass die Leistung in horizontaler Ausrichtung direkt vor der Antenne (0°) am größten ist. In einem hier dargestellten Abstrahlwinkel wird nur noch die Hälfte der maximalen Leistung erreicht. Hier schneidet die Leistungslinie die -3dB -Linie, mit der eine Reduzierung der Leistung auf die Hälfte angegeben wird. Die weiteren Linien in der Abstrahlcharakteristik geben die Reduzierung der Maximalleistung um -6 dB , -10 dB und -20 dB an. Der Winkel zwischen den beiden Richtungen, in denen die abgestrahlte Leistung auf 50% der Maximalleistung sinkt, wird als 3dB -Winkel oder „Halbwertsbreite“ bezeichnet.

Dieser Winkel beschreibt in vielen Anwendungen den praktisch nutzbaren Abstrahlbereich der Antenne. Da die 3 dB -Winkel in horizontaler und vertikaler Richtung durchaus unterschiedlich groß sein können, werden sie in den

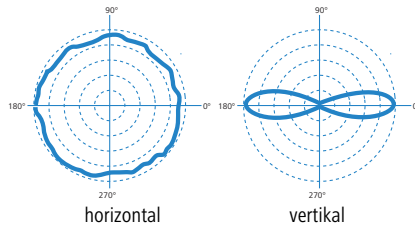
technischen Daten der Antennen auch separat angegeben. Ist nur ein Winkel angegeben, sind die beiden Winkel üblicherweise gleich groß.



Man kann aus der Abstrahlcharakteristik keine absoluten Sendeleistungen oder gar Reichweiten erkennen. Es wird lediglich dargestellt, welcher prozentuale Anteil der maximalen Sendeleistung in eine bestimmte Richtung abgegeben wird.

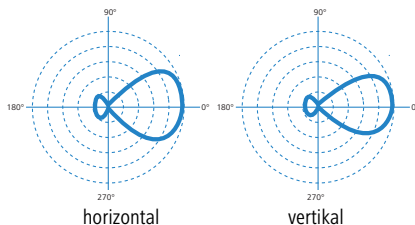
Anwendungsbeispiele verschiedener WLAN-Antennen

- Rundstrahlantennen strahlen in der horizontalen Ebene in alle Richtungen gleichmäßig ab. In der vertikalen Ebene haben sie eine sehr begrenzte Ausdehnung, die den Gewinn der Antenne bestimmt. Solche Antennen werden eingesetzt, um z. B. in einem größeren Büro von der Mitte aus Clients gleichmäßig zu versorgen. Die Client-Adapter sollten sich dabei auf der richtigen Höhe befinden, um von der zentralen Antenne gut versorgt zu werden.



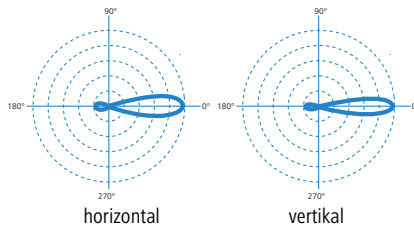
Rundstrahl- oder Omnidirectional-Antennen haben typischerweise einen kleinen Antennengewinn von z. B. 2 bis 4 dBi.

- Sektorantennen strahlen horizontal und vertikal in einem recht weiten Winkel von z. B. 60° bis 90° . Sektorantennen werden z. B. an einer Hauswand oder in der Ecke eines Raumes aufgehängt, um von dort aus eine gleichmäßige „Ausleuchtung“ zu erzielen – man spricht auch von „Campus-Ausleuchtung“.



Standard-Sektorantennen verfügen über einen mittleren Antennengewinn von z. B. 8 oder 9 dBi.

- Richtantennen strahlen horizontal und vertikal in einem eher begrenzten Winkel von z. B. 9°. Richtantennen werden üblicherweise zur Installation von Point-to-Point-Strecken auf Dächern oder Masten eingesetzt, mit denen Netzwerkabscenitte über große Distanzen verbunden werden.



Richtantennen erreichen einen sehr hohen Antennengewinn von teilweise mehr als 20 dBi. Die meisten Modelle sind entweder nur für 5 GHz- oder nur für 2,4 GHz-Betrieb geeignet.




Aus den hier vorgestellten Beispielen kann man die Tendenz erkennen, dass kleinere Strahlungswinkel zu größerem Antennengewinn führen. Neben der Fokussierung trägt auch die Größe der Antennen zum Antennengewinn bei: Größere Antennenkörper führen i. d. R. zu besserem Antennengewinn.

- Polarisations-Diversity-Antennen (Antenna Diversity)

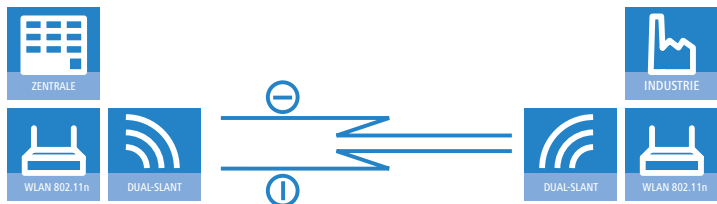
Bei der Übertragung von Funksignalen kommt es z. B. durch Reflexion und Streuung des Signals zu starken Qualitätsverlusten. Die Überlagerung der elektromagnetischen Wellen am Empfangsort können zur Reduzierung oder Auslöschung der Signale führen (Interferenz). Zur Verbesserung der Übertragungsqualität gelangen sogenannte "Diversity"-Verfahren zum Einsatz.

Das Polarisations-Diversity-Verfahren nutzt die elektromagnetische Polarisation der Funkwellen. Die WLAN-Signale werden vom Sender als linear polarisierte Wellen mit einer festen Polarisationsrichtung ausgestrahlt. Durch Reflexionen und Beugungserscheinungen kann die Polarisation auf der Funkstrecke verändert werden, sodass beim Empfänger Signale unterschiedlicher Polarisierungen ankommen. Polarisations-Diversity-Antennen nutzen zwei Signale, deren Polarisation z. B. um genau 90° gedreht ist, und erzielen durch die Kombination der beiden Signale einen höheren

Antennengewinn. Zum Empfang der beiden Signale werden zwei Antennen an die Main- und Aux-Anschlüsse der Access Points angeschlossen.

 Weitere Informationen zum Thema 'Polarisations-Diversity-Antennen (Antenna Diversity)' finden Sie im LCOS Referenzhandbuch.

- **Polarisations-Diversity bei Access Points nach IEEE 802.11n**
Access Points nach IEEE 802.11n nutzen das MIMO-Verfahren (Multiple Input, Multiple Output) zur Datenübertragung. Dabei werden mehrere Antennen parallel zum Senden und Empfangen der Daten verwendet.
Bei Point-to-Point-Verbindungen mit geeigneten Access Points und Antennen können so zwei parallele Datenverbindungen zwischen den Gegenstellen realisiert werden. An zwei Antennenanschlüssen des Access Points wird eine dual-polarisierte Antenne („Dual-Slant-Antenne“) angeschlossen. Eine Verbindung wird dann in horizontaler Polarisation übertragen, die andere in vertikaler Polarisation. Durch die Addition der beiden Verbindungen können deutlich höhere Datenraten erzielt werden als mit den bisherigen WLAN-Standards.



5.2 Troubleshooting

Falls nach der Installation einer WLAN-Strecke im Outdoor-Bereich der Datendurchsatz deutlich hinter den angestrebten Werten zurückbleibt, prüfen Sie bitte die folgenden Aspekte:

- **Polarisation der Antennen**
Die Antennen für die WLAN-Übertragung nutzen je nach Modell dedizierte Ausbreitungsrichtungen der elektromagnetischen Wellen (Polarisation). Bei Point-to-Point- oder Punkt-zu-Punkt-Verbindungen muss die Polarisation der Antennen zwischen den beiden Endpunkten der Funkstrecke genau aufeinander ausgerichtet sein. Sind die Polarisationsrichtungen der Antennen gegeneinander verdreht, kann der Datendurchsatz sinken. Prüfen Sie daher bei der Installation des WLAN-Outdoor-Systems

die korrekte Ausrichtung und Polarisation der Antennen, um den Datendurchsatz zu optimieren.

■ Witterungseinflüsse

Bei ordnungsgemäßer Montage der Access Points und Antennen sind die WLAN-Outdoor-Systeme geschützt gegen das Eindringen von Wasser und Feuchtigkeit sowie andere Umwelteinflüsse. Sind die Dichtungen am Gehäuse oder an den Kabelverschraubungen unsachgemäß montiert oder beschädigt, kann unter ungünstigen Voraussetzungen Wasser oder Wasserdampf in die Geräte eindringen und den Betrieb der elektronischen Komponenten beeinträchtigen. Prüfen Sie daher bei plötzlich auftretenden Schwankungen des Datendurchsatzes auf der WLAN-Strecke, ob die Verkabelung und Dichtungen intakt und unbeschädigt sind.

■ Freie Sichtverbindung und freie Fresnel-Zone

Für eine maximale Performance ist neben einer freien Sichtverbindung ("Line of Sight") auch ein gewisser vertikaler Abstand notwendig. Der LANCOM Antennen-Kalkulator enthält eine Masthöhenberechnung für eine ungestörte Fresnel-Zone.

■ Antennenkabel

Für optimale Performance sollten möglichst kurze Antennenkabel mit geringer Signaldämpfung verwendet werden.

■ DFS-Kanalwahl

Prüfen Sie, ob freie WLAN-Kanäle vom Access-Point erkannt wurden (LCOS-Menübaum unter Status/WLAN/Channel-Scan-Results).

■ 40 MHz-Modus

Für optimale Performance bei 802.11n Access Points muss ein freier benachbarter Kanal für die Kanalbündelung verfügbar sein. Unter "Status/WLAN/Radios" wird im LCOS-Menübaum angezeigt, ob ein "Extension Channel" dafür zur Verfügung steht.

■ Entfernungseinstellungen

Für ein einwandreies Funktionieren längerer Funkstrecken muss die Entfernung zwischen den beiden Antennen angegeben sein (gerundet auf den nächsten vollen Kilometer), damit interne Timing-Werte entsprechend angepasst werden können.

■ Diagnose allgemein

Unter Status/WLAN/Packets und Status/WLAN/Errors finden Sie Paketübertragungsstatistiken. Ein gewisses Maß an Übertragungsfehlern (insbesondere Paketwiederholungen) ist bei WLANs normal.

Sehr hohe Werte können auf eine gestörte Funkumgebung hindeuten.

Zur Kontrolle des Rauschpegels und zur Erkennung von Fremd-APs prüfen Sie die Werte unter Status/WLAN/Channel-Scan-Results, Status/WLAN/WLAN-Parameter und Status/WLAN/Competing-Networks.

Bei 100% Fehlerrate liegt in der Regel eine zu kurz konfigurierte Entfernung vor (siehe Abschnitt oben)

Index

Numerics

2,4 GHz-Band	
Nachteile	15
Vorteile	15
5 GHz-Band	18, 19
Nachteile	16
Vorteile	15

A

Abstrahlcharakteristik	53
Access Point	11
Antenna Diversity	14, 57
Antennengewinn	53
Antennen-Kalkulator	22, 23, 26, 27, 59
Antennen-Leistungen	27

B

Benutzergruppe	8
BFWA	17
Blitzschutz	
Auslegung des Blitzschutzsystems	36
äußerer Blitzschutz	34
Blitzfangstangen	34
Fangeinrichtungen	34
innerer Blitzschutz	34
Überspannungsschutzadapter SA-5L	
38,	40, 41, 42

C

Campus-Ausleuchtung	7
---------------------	---

D

Datenübertragung zu bewegten Objekten	8
DFS	16, 19
Download	4
Dynamic Frequency Selection	16

E

effektive isotrope Strahlungsleistung	53
EIRP	53

F

Firmware	4
Fresnel-Zone	26
Funkkanäle	
Indoor- und Outdoor-Verwendung	19
Funkkanäle ETSI (EU)	18
Funkkanäle FCC (US)	18

G

Gewinn	53
--------	----

H

Hinweis-Symbole	4
Hotspot	8

I

IEEE 802.11a	12
IEEE 802.11b	12
IEEE 802.11g	12
IEEE 802.11n	12
Industrieanwendungen	8

K

Kugelstrahler	53
---------------	----

L

Lower Band	20
------------	----

M

Middle Band	20
Montage der Access Points	
Hutschienenmontage	48
Pfostenmontage	47
Wandmontage	46
Montage der Antennen	
Mastmontage	49
Wandmontage	49

O

Öffnungswinkel	53
----------------	----

■ *Index***P**

PoE	12
PoE-Injektor	12
Point-to-Multipoint	9
Point-to-Point	9
Polarisations-Diversity	14, 57
Power over Ethernet	12
Powerhub	12
Powerswitch	12
Punkt-zu-Punkt	21

R

Relais-Modus	11
Richtantenne	13, 57
Rundstrahlantenne	13, 56

S

Sektorantenne	13, 56
Sicherheitshinweise	44
Stromversorgung	12
Support	4

T

TPC	16, 17, 19
Transmission Power Control	17

U

Upper Band	20
------------	----

W

Wireless Router	11
-----------------	----

