

## Realisierung einer Richtfunkverbindung mit Wireless LAN

Diese Anleitung beschreibt exemplarisch die Realisierung einer Richtfunkverbindung über eine Distanz von 1,5km bei optimaler Sichtverbindung. Es wird dabei mittels WDS eine Bridge zwischen zwei bereits vorhandenen LANs erstellt.

Es wird empfohlen diese Anleitung mindestens einmal vollständig zu lesen und ggf. noch weitere Informationen einzuholen bevor mit der Umsetzung begonnen wird.

### 1 Grundvoraussetzungen

#### 1.1 WLAN

Aufgrund der verwendeten Frequenzen im 2,4 GHz Band ist eine möglichst ungehinderte, direkte Sichtverbindung zwischen den zwei verwendeten WLAN-Antennen notwendig.

Hindernisse (Vegetation, Gebäude, etc.) können die Funktionalität der Verbindung einschränken oder eine Verbindung gänzlich unmöglich machen.

Abhängig von der zu überbrückenden Distanz sowie des umgebenden Geländes und der Bebauung kann es sinnvoll oder sogar unerlässlich sein, die Richtantennen auf Gebäuden oder Masten zu montieren.

Für größere Distanzen oder bei Richtfunkstrecken in dicht besiedelten Gebieten empfiehlt sich die Nutzung von WLAN nach Standard 802.11a im 5 GHz Band. Dies wird allerdings nicht in diesem Tutorial beschrieben.

#### 1.2 Kenntnisse

Für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Anleitung sind Grundkenntnisse im Bereich PC-Netzwerke, insbesondere TCP/IP zwingend notwendig da diese nicht in dieser Anleitung vermittelt werden.

Zudem sind handwerkliche Fertigkeiten für eine optimale Montage aller Geräte sinnvoll.

## 2 Notwendige Ausrüstung

Für die hier exemplarisch aufgezeigte Realisierung wurde auf möglichst geringe Kosten Wert gelegt. Die vorgestellten Geräte stellen somit eine untere Preisgrenze für Richtfunkverbindungen dar, im Handel sind auch Geräte zu teilweise mehr als zehn mal so hohen Kosten erhältlich; ohne jedoch für die hier aufgezeigten Szenarien einen Mehrwert zu bieten.

### 2.1 Richtantennen

Während die bei den verbreiteten WLAN-Routern verbauten Dipol- oder Omni-Antennen das Signal in einem Radius von 360° abstrahlen, bündeln Richtantennen das Signal auf spezifische Weise und erzielen analog einem Brennglas in der Sonne eine Konzentration des Signals.

#### 2.1.1 Polarisation

Das von Richtantennen abgestrahlte elektromagnetische Signal ist - mit Ausnahme von Helix-Antennen - linear polarisiert<sup>1</sup>.

Dadurch ist bei der Montage der Antennen darauf zu achten dass beide Antennen jeweils entweder horizontal oder vertikal polarisiert montiert werden.

Eine Missachtung dieser Regel resultiert in einem zumindest sehr viel schwächeren Signal, meistens lässt sich das Signal gar nicht mehr nutzen.

#### 2.1.2 Yagi

Aufgrund ihrer geringen Silhouette eignen sich Yagi-Antennen besonders für Montageplätze mit hoher Windlast. Zudem ist eine grobe Ausrichtung nach Sicht leicht durchzuführen.

Da Yagi-Antennen mit steigendem Gewinn auch immer länger werden ist ihre Nutzung aus ästhetischen Gründen nicht immer angebracht.



Abbildung 1: Yagi Antenne

#### 2.1.3 Panel / Quad

Panel-Antennen zeichnen sich durch einen hohen Gewinn im Verhältnis zu ihrer Größe und der optischen Auffälligkeit aus. Die flache Bauweise prädestiniert diesen Antennentyp für Situationen bei denen die Antenne möglichst unauffällig und platzsparend untergebracht werden soll.

Da sie dem Wind bei entsprechendem Winkel hohen Widerstand leisten ist eine sehr stabile Montage nötig. Die präzise Ausrichtung über Entfernungen von mehreren Hundert Metern ist praktisch nur unter Nutzung von zusätzlichen Hilfsmitteln möglich.



Abbildung 2: Grid Antenne  
Werkfoto WiMo

<sup>1</sup> [de.wikipedia.org/wiki/Polarisation](http://de.wikipedia.org/wiki/Polarisation)

## 2.1.4 Parabol / Grid

Parabol- oder Grid-Antennen arbeiten nach demselben Prinzip wie die Empfangsantennen für Satelliten-TV.

Ihr hoher Gewinn macht sie für große Reichweiten oder Datenübertragungsraten interessant. Aufgrund der sehr hohen Fokussierung des Signals erfordert die präzise Ausrichtung Geduld sowie präzise Messmittel.

Grundsätzlich bietet eine solche Antenne mit steigender Spiegel-/Gitterfläche einen steigenden Antennengewinn.

Im wesentlichen gibt es zwei Bauformen:

1. Die vom Satelliten-Empfang bekannten Schüssel-Spiegel mit einer sehr hohen Windlast.
2. Gitterspiegel die aus einem als Paraboloid angeordneten Metallgitter bestehen, sie bieten einen hohen Gewinn bei geringer Windlast.



Abbildung 3:  
Grid Antenne  
Werkfoto WiMo

## 2.1.5 Helix

Helixantennen senden ein zirkular polarisiertes Signal aus. Sie werden bevorzugt dort verwendet wo aufgrund von Reflexionen oder Hindernissen das Signal eine beliebige Polarisierung annehmen kann. Bei völlig freier Sichtverbindung sind sie oftmals die einzige Möglichkeit ein verwertbares Signal zu erhalten.



Abbildung 4: Helixantenne  
Werkfoto WiMo

## 2.2 WLAN-Geräte

Generell lässt sich für die Realisierung einer Richtfunkverbindung jeder beliebige WLAN-Router oder -Accesspoint verwenden.

Für ein bestmögliches Ergebnis und eine einfache Realisierung sollten die verwendeten Geräte allerdings folgende Kriterien erfüllen:

- Die mitgelieferten Antennen lassen sich einfach durch Richtantennen ersetzen
- Für das Gerät ist eine Firmware verfügbar die alle notwendigen Einstellungen erlaubt.

In dieser Anleitung wird exemplarisch der WLAN-Router WRT54G von Linksys verwendet.

### 2.2.1 Erweiterte Firmware

Im Consumer-Bereich verkaufte WLAN Geräte besitzen eine vom Hersteller gelieferte Firmware die nur für den üblichen Einsatzzweck ausgelegt ist: Nutzung von Wireless LAN innerhalb einer Wohnung.

Da für den Betrieb einer Richtfunkstrecke noch weitere Einstellungsmöglichkeiten nötig sind, ist es notwendig die Hersteller-Firmware durch eine erweiterte Firmware zu ersetzen.

Exemplarisch wird hier die Open-Source Firmware DD-WRT<sup>2</sup> v23 SP2 verwendet.

### **2.3 Montagematerial**

Bei manchen günstigen Angeboten für Antennen wird kein besonderer Wert auf eine einfache Montage gelegt. Hier ist es nötig selbst Hand anzulegen.

Besonders bewährt hat sich die Verwendung von Halterungen für Parabolantennen aus dem Sat-TV. Mit handwerklichem Geschick kann man selbst darauf aufbauend eine Halterung herstellen, mit der sich die Antenne präzise in alle Richtungen ausrichten und anschließend arretieren läßt.

### **2.4 Hilfsmittel**

Ab Entfernungen von 500 Metern und mehr wird die präzise Ausrichtung der Antenne immer wichtiger, insbesondere bei Antennen mit sehr kleinem Öffnungswinkel.

- Laptop, möglichst mit Anschlussmöglichkeit für die verwendeten Antennen
  - Netstumbler zur Überprüfung des Signals und der genauen Ausrichtung der Antenne, [www.netstumbler.com](http://www.netstumbler.com)
- Network Stumbler für WRT54G<sup>3</sup>
- Handfunkgeräte

---

<sup>3</sup> <http://www.lecad.uni-lj.si/~leon/other/wlan/stumbler/index.html>

### 3 Vorbereitungen

Bevor es nun an die Einrichtung der Geräte an sich geht, müssen noch einige Vorarbeiten geleistet werden die unter Anderem einzelne Parameter der Gerätekonfiguration bestimmen.

#### 3.1 Endpunkte der Richtfunkstrecke bestimmen

Ausgehend von der Notwendigkeit einer direkten Sichtverbindung sind die End- bzw. Montagepunkte der Richtfunkantennen so zu bestimmen dass eine möglichst ungehinderte Sichtverbindung zwischen beiden Antennen besteht. Eine erhöhte Montage – auf Dächern oder Masten – ist oftmals die beste Lösung.

Sollte eine direkte Sichtverbindung nicht möglich sein so ist zu prüfen ob eine Verbindung über eine Relais-Station möglich ist. In diesem Fall sind zwei Richtfunkstrecken zu realisieren.

Sofern eine Sichtverbindung vorhanden ist, muss für eine freie Fresnelzone gesorgt werden. Exemplarisch ist hier die Fresnelzone innerhalb der grau schattierten Ellipse dargestellt. Für die Berechnung der Ausdehnung wird auf den Rechner von Zytrax verwiesen. Der Hintergrund zur Fresnelzone wird in der Wikipedia erläutert.

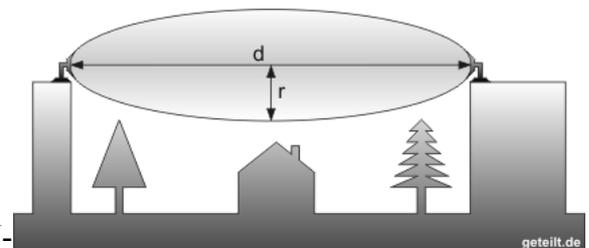


Abbildung 5: Fresnelzone

Es ist ferner zu beachten dass die Kabel zwischen WLAN-Gerät und Antenne möglichst kurz gehalten werden.

Idealerweise weniger als 2m. Zudem muss für eine 230V Stromversorgung Sorge getragen werden. Ebenso muss die Begrenzung der Kabellänge/Segmentlänge bei Ethernet (100m) bedacht werden.

#### 3.2 Distanz bestimmen

Sind die Endpunkte bestimmt, ist als nächstes die exakte Bestimmung der zu überbrückenden Entfernung wichtig. Es ist unnötig die Entfernung auf einzelne Meter genau zu bestimmen, eine Genauigkeit auf 50 oder 100 m ist völlig ausreichend.

Die Verwendung von wahlweise topographischen Karten, GPS, Google Earth, etc. ist nur von den persönlichen Vorlieben abhängig.

In alpinen Regionen kann es ggf. auch notwendig sein, den Höhenunterschied beider Standorte mit ein zurechnen, da dadurch die zu überbrückende Entfernung größer wird als die geographische Distanz auf der Erdoberfläche.

#### 3.3 Ermitteln eines freien Kanals

Unter Verwendung von Netstumbler oder eines anderen Hilfsmittels mit vergleichbarem Funktionsumfang muss entlang der gesamten Funkstrecke überprüft werden ob weitere WLAN-Netze existieren. Um unnötige Interferenzen und Störungen zu vermeiden, sollte von den verfügbaren Kanälen 1,6 und 11 nur derjenige verwendet werden, der bislang vor Ort am wenigsten genutzt wurde.

Gegebenenfalls ist es notwendig die Betreiber existierender WLAN-Netze davon zu überzeugen einen anderen Kanal zu verwenden. So kann z.B. vereinbart werden dass alle Funknetze mit kurzer Reichweite (z.B. reguläre Access-Points) den Kanal 1 verwenden und Richtfunkstrecken den Kanal 11.

Solche Vereinbarungen sind freiwilliger Natur. Aufgrund der Lizenzfreiheit des 2,4 GHz Bandes besteht kein Anspruch auf einen freien Kanal.

### **3.4 Sendeleistung und Übertragungsrate festlegen**

Da WLAN im lizenzfreien 2,4GHz ISM-Band arbeitet, darf nicht mit beliebigen Sendeleistungen und Antennen gearbeitet werden. Die Störung (geographisch) benachbarter Nutzer des ISM-Bandes wären nicht auszuschließen.

Für 802.11b/g ist die maximal erlaubte Sendeleistung auf 100 mW EIRP festgelegt. Bei dieser Sendeleistung ist der Antennengewinn mit zu berücksichtigen, so dass eine Einstellung von 100mW im WLAN-Gerät deutlich zu hoch wäre.

100mW entsprechen 20dB, so dass die Berechnung der Sendeleistung vereinfacht wie folgt aussieht:

Ausgangsleistung WLAN-Gerät	+	7 dB
Dämpfung des Kabels (beispielhaft)	-	1 dB
Antennengewinn (beispielhaft)	+	14 dB
<b>gesamte Sendeleistung</b>		<b>20 dB</b>

Bei einer Ausgangsleistung von 7 dB bzw. 5 mW wäre diese Konfiguration noch im Rahmen des gesetzlichen Limits. Es empfiehlt sich auf eine Sendeleistung von 19,5 dB oder 19 dB zu planen um nicht aus Versehen das Limit zu überschreiten. Die Werte für die Kabeldämpfung und den Antennengewinn erhält man beim jeweiligen Hersteller, das Einstellen der Ausgangsleistung geschieht eigenverantwortlich über die Firmware des WLAN-Geräts.

Die maximal mögliche Übertragungsrate einer WLAN Verbindung wird durch den Standard 802.11g auf brutto 54 Mbit/s begrenzt. Aufgrund des Overheads durch WLAN-, IP- und andere Protokolle gilt die Faustregel dass die Nettodatenrate die Hälfte der Bruttodatenrate beträgt.

Eine weitere Einschränkung stellt die Empfindlichkeit des Funkempfängers dar. Generell gilt: Je geringer die Bruttodatenrate desto empfindlicher der Empfänger. So ist bei einem schwachen Signal eine Verbindung mit 54Mbps oftmals nicht möglich, während eine Verbindung mit 2Mbps stabil ist. Soll z.B. eine DSL6000 Verbindung per WLAN genutzt werden, dann ist eine Bruttodatenrate von 12Mbps völlig ausreichend.

Abhängig von der gewählten Bandbreite ist die Empfindlichkeit des Funkempfängers (engl.: receiver sensitivity). Dieser Wert fließt in die Berechnung der „System Performance“ mit dem Zytrax Calculator ein. Eine resultierende „theoretical margin“ von 10dB reicht für den Betrieb aus. 15dB bringen ein sorgenfreies Leben auch bei starkem Regen oder anderer schlechter Witterung.

## 4 Einrichten der WLAN Geräte

Es empfiehlt sich die WLAN-Geräte noch vor der Montage ohne Verwendung der Richtantennen einzurichten.

### 4.1 Alternative Firmware installieren

Die vom Hersteller mitgelieferte Firmware des WRT54G ist nur sehr eingeschränkt für die Einrichtung einer Richtfunkverbindung geeignet.

Es ist notwendig eine alternative Firmware zu installieren. Empfohlen wird DD-WRT. Für die Installation dieser Firmware und ggf. die Behebung von Fehlern wird auf das Wiki und das Forum des DD-WRT Projektes verwiesen.

### 4.2 Allgemeine Einstellungen

Zuallererst sollten alle Dienste / Einstellungen deaktiviert werden, die für die Verwendung der WLAN-Geräte als Internet-Router dienen. Diese werden bei einer Richtfunkverbindung nicht benötigt.

Anschließend werden die beiden Geräte in das vorhandene LAN integriert.

### 4.3 WLAN spezifische Einstellungen

Danach können die Einstellungen für das Funknetz vorgenommen werden. Die hier verwendeten Einstellungen sind exemplarisch und können ggf. selbstverständlich an die Situation vor Ort angepasst werden.

- **Wireless**

- ◆ **Basic Settings**

- Wireless Mode: **AP**
- Wireless Network Mode: **G-only**
- Wireless Network Name (SSID) **beliebig**  
Diese Bezeichnung ist öffentlich sichtbar und sollte entsprechend eindeutig gewählt werden.  
Muss auf beiden WLAN-Geräten identisch sein!
- Wireless Channel **6**  
Da lediglich die Kanäle 1,6 und 11 trennscharf sind sollte auch nur einer dieser Kanäle gewählt sein.  
Muss auf beiden WLAN-Geräten identisch sein!
- Wireless SSID Broadcast **Enable**  
Deaktivieren dieser Einstellungen macht das Funknetz „unsichtbar“ für die meisten Anwendungen (z.B. die Netzwerkübersicht von Windows), es bietet allerdings keine zusätzliche Sicherheit und kann deshalb unterbleiben.
- Sensitivity Range **3000**  
Distanz in Metern multipliziert mit 2  
Muss auf beiden WLAN-Geräten identisch sein!

- ◆ **Radius**
  - MAC Radius Client **Disable**
  
- ◆ **Wireless Security**
  - Security Mode **WPA Pre-Shared Key only**  
Muss auf beiden WLAN-Geräten identisch sein!
  - WPA Algorithms **AES**  
Muss auf beiden WLAN-Geräten identisch sein!
  - WPA Shared Key **beliebig**  
Muss auf beiden WLAN-Geräten identisch sein!
  - Key Renewal Interval **3600**
  
- ◆ **MAC Filter**
  - Use Filter **disable**
  
- ◆ **Advanced Settings**

Alle nicht aufgeführten Einstellungen bleiben auf den Standard-/Defaultwerten

  - Transmission Rate **12 Mbps**
  - Frame Burst **Enable**
  - TX Antenna **Right**
  - RX Antenna **Right**
  - Xmit Power **5**
  
- ◆ **WDS**
  - **LAN, sowie die Wireless MAC-Adresse des gegenüberliegenden WRT54G**

#### **4.4 Backup**

Sind beide Geräte eingerichtet und eine funktionierende Verbindung aufgebaut, dann sollte jeweils eine Sicherungskopie der Gerätekonfiguration erstellt werden.

Dies erfolgt auf der Seite ADMINISTRATION -> BACKUP -> Backup

Dort kann auch ein Wiederherstellen (Restore) einer gespeicherten Konfiguration erfolgen.

Die Datei mit der Konfiguration wird von DD-WRT „nvrambak.bin“ benannt. Sinnvollerweise wird dieser Name so geändert dass ersichtlich ist zu welchem Gerät diese Konfigurationsdatei gehört, wann die letzte Änderung erfolgte usw. .

## 5 Montage

### 5.1 Montage der Antennen

Für die Montage der Antennen ist im Wesentlichen nur handwerkliches Geschick erforderlich. Sinnvollerweise montiert man zuerst eine stabile Halterung für die Antenne, das kann z.B. ein üblicher Mast für SAT-Antennen aus dem Baumarkt sein.

### 5.2 Anschließen der Antennen

Entsprechend der oben aufgeführten Einstellungen muss die Richtantenne am – von hinten betrachtet – rechten Anschluss angeschraubt werden.

### 5.3 Exaktes Ausrichten der Antennen

Sofern alles montiert ist bleibt nur noch das Ausrichten der Antennen auf die jeweilige Gegenstelle.

#### 5.3.1 Pi mal Daumen

Sind die Antennen so angebracht dass man z.B. mit dem Auge über eine Yagi Antenne peilen kann, reicht das oftmals bereits aus. Durch den Öffnungswinkel der Antenne erreicht man dann schon mit einer groben Ausrichtung ein akzeptables Signal.

#### 5.3.2 Mit Hilfsmitteln

Alternativ und mit größerer Präzision geht das auch mit der passenden Software. Es ist zu beachten dass in jedem Fall die gegenüberliegende Station betrieben wird und mit montierter Antenne ein Signal liefert. Es wird jeweils nur die Antennenausrichtung einer Station geändert. Empfängt diese die maximale Signalstärke, so wird danach die Antenne der anderen Station ausgerichtet.

Dazu gibt es z.B. den Network Stumbler<sup>4</sup> für den WRT54G und kompatible Geräte. Dieser liefert keine besonders präzisen Angaben, reicht aber für den Hausgebrauch gewöhnlich aus.

Deutlich besser, allerdings auch mit größerem Aufwand verbunden ist es, die betreffende Antenne per Pigtail an ein Notebook anzuschließen und dann mit der Windows Software Netstumbler<sup>5</sup> die Antenne präzise auszurichten.

Der Netstumbler liefert bereits recht präzise Angaben über die Signalstärke der gegenüberliegenden Station es ist zu beachten dass nur jene Messungen relevant sind, bei denen die Antenne weder berührt wird, noch Gegenstände oder Personen die Sichtverbindung zwischen den Antennen beeinträchtigen.

---

4 <http://www.lecad.uni-lj.si/~leon/other/wlan/stumbler/index.html>

5 <http://www.netstumbler.com/>

## 6 Fehlerbeseitigung

- DD-WRT liefert Angaben über nicht oder fehlerhaft zugestellte Datenpakete (Wireless Packet Info). Generell sollte die Fehlerrate geringer als 1% aller transportierten Pakete sein. Insbesondere direkt nach dem Einschalten der Geräte ist die Fehlerrate oftmals höher, bis eine Verbindung aufgebaut wurde.

Liegt nach mehreren Tagen mit Aktivität auf der Richtfunkstrecke die Fehlerrate immer noch über 1%, dann liegt ein Problem vor.

Ursachen hoher Paketfehlerraten können sein: Interferenzen mit anderen Sendern im 2,4GHz Band (nicht auf WLAN beschränkt), Signalreflexionen.

## 7 FAQ

- **Wie sieht es mit dem Ping solch einer WLAN Richtfunkstrecke aus?**  
Bei korrekter Konfiguration und fehlerfreiem Betrieb sollte die zusätzliche Latenz einer WLAN-Richtfunkverbindung unter 3ms liegen.  
Hinsichtlich VoIP und Online-Spielen ist also immer noch die Latenz der Internet-Verbindung ausschlaggebend.
- **Manchmal bricht der Datentransfer über die Richtfunkstrecke fast komplett zusammen. Das ping-Kommando liefert packet loss von mehr als 25% obwohl die Statusanzeigen von DD-WRT keine Probleme verzeichnen. Was geht hier vor?**  
Möglicherweise liegt eine Interferenz mit einem anderen Sender im 2,4GHz Bereich vor. Dies muss nicht notwendigerweise auch ein WLAN sein, alle anderen Geräte die im 2,4 GHz ISM Band arbeiten oder Störstrahlung in diesem Frequenzbereich abgeben können in Frage kommen.  
Ein erster Versuch wäre, auf einen freien Kanal zu wechseln.  
Hilft das nicht, bleibt noch das Abschalten der Störquelle, soweit diese ausfindig gemacht werden kann. Oder der Wechsel auf die 802.11a WLAN Technik im 5GHz Bereich.

## 8 Tipps& Tricks

- Eine freie Sichtverbindung zwischen den Antennen ist das A und O jeder zuverlässigen WLAN Verbindung!
- Das Kabel zwischen WRT54G und der Antenne kann nie kurz genug sein!  
Die Faustregel für Kabelverluste ist: 1dB Verlust pro 3m Kabellänge.  
Deshalb sollten Antenne und Gerät so nah wie möglich beieinander montiert werden. Und wenn das Kabel schon lang sein muss, dann sollte man das Kabel mit der geringsten Dämpfung verwenden, für gewöhnlich ist das auch das teuerste Kabel das man findet.
- Wenn die zulässige Sendeleistung nicht ausreicht um eine konventionelle Richtfunkstrecke zu betreiben, kann bei Verwendung des WRT54G eine Trennung zwischen Sende- und Empfangsantenne sinnvoll sein.  
Dazu wird z.B. eine Yagi-Antenne am linken Anschluss und eine Parabol-/Grid-Antenne am rechten Anschluss genutzt.  
Die Yagi-Antenne dient nun als Sendeantenne, die Parabol-/Grid-Antenne als Empfangsantenne. Durch den – im Vergleich zur Yagi – höheren Antennengewinn kann mit dieser noch ein nutzbares Signal empfangen werden.  
In diesem Fall muss natürlich auch die Konfiguration des RX und TX Antennenanschlusses angepasst werden!
- Die einheitliche Konfiguration mehrerer WLAN-Geräte lässt sich durch Übertragen einer vollständigen und funktionsfähigen Konfiguration auf andere Geräte mit der Backup/Restore Funktion erleichtern.

## 9 Weiterführende Literatur

- Wikipedia: [de.wikipedia.org/wiki/Kategorie:WLAN](http://de.wikipedia.org/wiki/Kategorie:WLAN)
- Wikipedia: [de.wikipedia.org/wiki/Antennentechnik](http://de.wikipedia.org/wiki/Antennentechnik)
- DD-WRT Wiki: [www.dd-wrt.com/wiki](http://www.dd-wrt.com/wiki)
- DD-WRT Forum: [www.dd-wrt.com/phpBB2](http://www.dd-wrt.com/phpBB2)
- SKYNET - Das Funkprojekt: <http://www.wlan-skynet.de/>
- Anzeigepflicht der Anbieter von Telekommunikationsdienstleistungen:  
[http://www.bundesnetzagentur.de/enid/Regulierung\\_Telekommunikation/Meldepflicht\\_9i.html](http://www.bundesnetzagentur.de/enid/Regulierung_Telekommunikation/Meldepflicht_9i.html)
- Zytrax Berechnungsprogramme: <http://www.zytrax.com/tech/wireless/calc.htm>
- Schätzwerte zur Empfangsempfindlichkeit:  
<http://www.wifi-forum.com/wf/showthread.php?t=29591>

## 10 Über diese Anleitung

### 10.1 Autor

- Gerold Strobel  
[gerryst@gmail.com](mailto:gerryst@gmail.com)

### 10.2 Dank

- essig aus dem geteilt.de Forum für die Grafiken

### 10.3 Versionshistorie

- 1.0 – veröffentlicht am 13.02.2007 auf [www.geteilt.de](http://www.geteilt.de)

## 11 Bezugsquellen

### 11.1 Antennen

- [www.wimo.com](http://www.wimo.com)
- [www.brennpunkt-srl.de](http://www.brennpunkt-srl.de)
- eBay und andere Online Shops

### 11.2 WLAN-Router

- DD-WRT Shop: [www.dd-wrt.com/shop/catalog/](http://www.dd-wrt.com/shop/catalog/)
- praktisch jeder Online-Shop im Bereich PC/Elektronik
- lokale Händler und Handelsketten

## **12 Bildquellen**

1. **Autor**
2. **Werkfoto WiMo** (www.wimo.com), Herxheim
3. **Werkfoto WiMo** (www.wimo.com), Herxheim
4. **Werkfoto WiMo** (www.wimo.com), Herxheim
5. **essig** aus dem geteilt.de Forum

## **13 Gesundheitliches zum Einsatz von WLAN**

Speziell von so genannten Mobilfunkkritikern werden Einwände gegen die Nutzung von Funktechniken aufgrund befürchteter Gesundheitsrisiken vorgebracht.

Die Sendeleistung insbesondere von WLAN Geräten ist so gering dass die schädlichen Wirkung eines WLAN Senders absolut vernachlässigbar ist im Vergleich zum Rauchen oder unangepasster Geschwindigkeit auf vereisten Straßen.

Es liegen bislang auch keine zuverlässigen Berichte über Gesundheitsschäden oder -beeinträchtigungen durch WLAN vor.

## 14 Rechtliches beim Einsatz von WLAN

- Das Anbringen von Antennen, etc. an fremden Gebäuden ist offensichtlich nur nach Genehmigung durch den/die Eigentümer des Gebäudes erlaubt.
- Bei der Montage von WLAN Antennen direkt unter oder auf Dächern sind die betreffenden Blitzschutzrichtlinien einzuhalten.
- Private Funkstrecken auf Basis von IEEE 802.11 (WLAN) müssen auch bei Überschreiten von Grundstücksgrenzen nicht mehr der Bundesnetzagentur gemeldet werden. Eine Meldepflicht besteht dann wenn man über diese Verbindung Dritten (Freunde, Bekannte,...) z.B. einen Zugang zum Internet anbietet. Weitere Informationen erhält man von der Bundesnetzagentur.
- Die maximal erlaubte Sendeleistung von 100mW EIRP ist einzuhalten. Verstöße gegen die entsprechenden Regelungen können seitens der Bundesnetzagentur durch Bußgelder geahndet werden.
- Die Nutzung von WLAN Geräten hat so zu erfolgen dass andere Nutzer im selben oder benachbarten Frequenzbändern nicht gestört werden (z.B. durch Abstrahlung übermäßig starker Oberwellen).
- Bei der Aufstellung von Masten sind die örtlichen Genehmigungspflichten einzuhalten. Auskünfte hierzu erteilt die Kommunalverwaltung vor Ort.

## 15 Lizenz und Weiterverbreitung

Dieses Werk ist unter der Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 Lizenz lizenziert. Diese Lizenz können Sie auf der Webseite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/de/> einsehen oder Sie senden einen Brief an

Creative Commons  
543 Howard Street  
5th Floor  
San Francisco  
California, 94105  
USA.